



BİLGİ
TEKNOLOJİLERİ
VE İLETİŞİM
KURUMU

5G VE ÖTESİ



FORUMU

BEYAZ KİTAP

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	7
TABLolar LİSTESİ.....	9
TEŞEKKÜR.....	11
KISALTMALAR LİSTESİ	12
1. GİRİŞ.....	23
1.1. 5GTR Forum.....	25
1.2. 5G Vadisi Açık Test Sahası.....	31
1.3. 5G Spektrum Planı	35
1.4. Beyaz Kitap Çalışmasının Kapsamı.....	37
2. 5G ÇEKİRDEK ŞEBEKESİ	40
2.1. İhtiyaçlar ve Eğilimler	41
2.2. 5G ve Ötesi Mimarisi	43
2.3. Çekirdek Şebeke Elemanları.....	45
2.3.1. Üst seviye çözümler	46
2.3.2. Önceliklendirme ve yol haritası	56
2.3.3. Çekirdek şebeke elemanları için zaman planı	57
2.4. Yönetim ve Orkestrasyon	58
2.4.1. Üst seviye çözümler	60
2.4.2. Önceliklendirme ve yol haritası	64
2.5. Yazılım Tanımlı Şebeke	64
2.5.1. Üst seviye çözümler	66
2.5.2. Önceliklendirme ve yol haritası	72
2.6. 5G'yi Destekleyen Sistemler	72
2.6.1. Üst seviye çözümler	73
2.6.2. Önceliklendirme ve yol haritası	74
2.7. Güvenlik	74
2.7.1. 5G güvenlik mimarisi.....	74
2.7.2. Güvenliğe mobil işletmecilerin yaklaşımı.....	77
2.7.3. 5G mobil şebeke güvenliği	78
2.7.4. Risk ve tehditler.....	80
2.7.5. Güvenlik çözümleri	82
2.7.6. Önceliklendirme ve yol haritası	85
2.8. Çekirdek Şebekeye Yönelik Sonuç ve Öneriler	86

3. 5G VE ÖTESİ FİZİKSEL AĞ YAPISI	89
3.1. Dünyada ve Türkiye’de Gerçekleştirilen Çalışmalar	90
3.1.1. 5G gereksinimleri ve fiziksel ağ	90
3.1.2 Fiziksel ağ standardizasyon çalışmaları ve 3GPP	93
3.1.3. 3GPP “New Radio” yol haritası	98
3.1.4. İşletmecilerin çalışmaları.....	100
3.1.5. Akademik çalışmalar	103
3.1.6. Üreticilerin çalışmaları	106
3.2. Sistem Mimarisi	111
3.2.1. 5G Sistem mimarisi	111
3.2.2. İşletmecilerin mimari değerlendirmeleri	119
3.3. Fiziksel Katman Yol Haritası	124
3.3.1. Temel araştırmalar yol haritası	127
3.3.2. Ara-alt ürün yol haritası.....	131
3.3.3. Son ürün yol haritası.....	136
3.3.4. 5G Test yol haritası	138
3.3.5. Fiziksel katman projelerinin zamana bağlı planı	145
3.4 Fiziksel Katmana İlişkin Sonuç ve Öneriler	148
4. HİZMET VE UYGULAMA	155
4.1. Otomotiv	156
4.1.1. Mevcut durum ve pazar	156
4.1.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	161
4.1.3. Teknolojiler.....	164
4.1.4. Örnek uygulamalar	169
4.1.5. Öneriler	172
4.2. Ulaşım ve Lojistik	173
4.2.1. Mevcut durum ve pazar.....	173
4.2.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	175
4.2.3. Teknolojiler.....	176
4.2.4. Örnek uygulamalar	181
4.2.5. Öneriler	181
4.3. Sanayi	181
4.3.1. Mevcut durum ve pazar.....	181
4.3.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	183
4.3.3. Teknolojiler.....	184
4.3.4. Örnek uygulamalar	186

4.3.5. Öneriler	187
4.4. Enerji	191
4.4.1. Mevcut durum ve Pazar	191
4.4.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	194
4.4.3. Teknolojiler.....	197
4.4.4. Örnek uygulamalar	198
4.4.5. Öneriler	199
4.5. Sağlık	201
4.5.1. Mevcut durum ve pazar.....	201
4.5.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	202
4.5.3. Teknolojiler.....	203
4.5.4. Örnek uygulamalar	205
4.6. Çevre ve Tarım	207
4.6.1. Mevcut durum ve pazar.....	207
4.6.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	211
4.6.3. Teknolojiler.....	215
4.6.4. Örnek uygulamalar	219
4.6.5. Öneriler	222
4.7. Medya ve Eğlence	225
4.7.1. Mevcut durum ve pazar.....	225
4.7.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	228
4.7.3. Teknolojiler.....	232
4.7.4. Örnek uygulamalar	234
4.7.5. Öneriler	237
4.8. Eğitim	238
4.8.1. Mevcut durum ve Pazar	238
4.8.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	238
4.8.3. Teknolojiler.....	239
4.8.4. Örnek uygulamalar	239
4.8.5. Öneriler	242
4.9. Güvenlik	242
4.9.1. Mevcut durum ve pazar.....	242
4.9.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	243
4.9.3. Teknolojiler.....	247
4.9.4. Örnek uygulamalar	250
4.9.5. Öneriler	251

4.10. Finans	252
4.10.1. Mevcut durum ve pazar	252
4.10.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar	252
4.10.3. Teknolojiler	257
4.10.4. Örnek uygulamalar	258
4.10.5. Öneriler	260
4.11. Sonuç ve Öneriler	261
5. STANDARDİZASYON.....	265
5.1. 5G Standardizasyonu ve Dünyadaki Genel Durum	267
5.1.1. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği – Telekomünikasyon Sektörü	271
5.1.2. Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi	273
5.1.3. Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü	278
5.1.4. Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü	279
5.1.5. Açık Ağ Oluşturma Vakfı	281
5.1.6. Gelecek Nesil Mobil Ağları.....	292
5.1.7. GSM Birliği (GSMA).....	293
5.1.8. 5G Kamu-Özel Ortaklığı.....	293
5.2. Ülkemizdeki 5G Standardizasyon Çalışmaları.....	294
5.3. Patent ve Fikri Mülkiyet Hakları.....	300
5.3.1. Patent ile ilgili temel kavramlar	300
5.3.2. Patent süreçleri	302
5.3.3. Patentin ticarileştirilmesi.....	308
5.4. Standart ve patent ilişkisi	314
5.4.1. Standart için zorunlu patent	314
5.4.2. FRAND lisanslama şartları	315
5.4.3. Patent havuzları	316
5.5. Türkiye'de ve Dünyada Fikri Mülkiyet Hakları İle İlgili Durum.....	317
5.5.1. Patent sayıları	317
5.5.2. Telif haklarından elde edilen gelirler	319
5.5.3. Fikri mülkiyet hakları ile ilgili istatistikî bilgiler	322
5.5.4. Telekom sektöründe ilerleme stratejileri	325
5.5.5. Telif hakları üzerine açılan uluslararası davalara örnekler.....	326
5.5.6. Fikri mülkiyet geliştirme stratejileri	326
5.6. Sonuç ve Öneriler	327
6. FON VE TEŞVİK MEKANİZMALARI.....	329
6.1. İhtiyaç.....	329

6.2. Mevcut durumda kullanılabilir destekler	329
6.2.1 Prototip fazı	330
6.2.2. Satış öncesi	332
6.2.3. Satış sonrası	335
6.3. 5G Projelerinin Finansmanı İçin Öneriler	335
6.3.1. Mevcut bir desteğin uygulanması	335
6.3.2. Bir destek paketi oluşturulması	337
6.3.3. Kamu alım garantisi	338
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	339
EKLER	353
EK-1	353
KAYNAKÇALAR	358

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1 5GTR Forum Organizasyon Yapısı	27
Şekil 1-2 Artan Trafığı Karşılama İçin Çözüm Yolları.....	36
Şekil 2-1 5G Sistem Mimarisi	47
Şekil 2-2 2G'den 5G'ye Ses Servisi Mimarisi	56
Şekil 2-3 Çekirdek Şebeke Elemanları Zaman Planı	58
Şekil 2-4 ETSI NFV Mimarisi	61
Şekil 2-5 5G Çekirdek Ağ Mimarisi	65
Şekil 2-6 SDN Çözüm Aile Mimarisi	66
Şekil 2-7 Yazılım Tanımlı Aktarım Şebekesi Topolojisi.....	71
Şekil 2-8 SDN/NFV Güvenlik Yaklaşımı	75
Şekil 2-9 5G Güvenlik Modeli	76
Şekil 2-10 5GTR Forum Çekirdek Ağ Grubu Yol Haritası	88
Şekil 3-1 5G Şebeke Dilimleri	91
Şekil 3-2 3GPP 5G NR Zaman Çizelgesi, Release 15	98
Şekil 3-3 3GPP 5G NR Zaman Çizelgesi, Release 16	99
Şekil 3-4 Standartlaşma Zaman Çizelgesi.....	112
Şekil 3-5 Taslak 5G Genel Şebeke Mimarisi	113
Şekil 3-6 Alternatif Uzak Radyo/Merkezi Ünite Katman Ayrımı ve Mimarileri	113
Şekil 3-7 Çekirdek Şebeke ve Yeni Radyo Geçiş Mimarileri.....	114
Şekil 3-8 Sanallaştırılmış Şebeke Dilimleme Mimarisi	116
Şekil 3-9 Heterojen Şebeke	118
Şekil 3-10 5G Güvenlik Mimarisi	119
Şekil 3-11 CU/DU Ayırma.....	123
Şekil 3-12 Cloud RAN ve Yeni Nesil Mobil Ağ Mimarisi	123
Şekil 3-13 Tasarım Simülasyonu ve Doğrulama Yazılımı.....	141
Şekil 3-14 Sinyal Üretme ve Analizi Test Altyapısı	142
Şekil 3-15 Milimetre Dalga Komponent Karakterizasyonu Test Altyapısı	143
Şekil 3-16 Huzme Şekillendirme Test Altyapısı	144
Şekil 3-17 Kanal Sondajlama Test Altyapısı	145
Şekil 3-19 5G ve Ötesi Fiziksel Katman Zaman Çizelgesi	149
Şekil 4-1 Elektrikli Araçların Büyümesi ve Yaygınlaşması	160

Şekil 4-2 5G Ağ Dilimleme	168
Şekil 4-3 Güvenli Seyir	171
Şekil 4-4 Trafik Etkinliği	172
Şekil 4-5 Sunuş Konforu	172
Şekil 4-6 C-V2X Teknolojisine Ait Dört Farklı Haberleşme Yöntemi	177
Şekil 4-7 V2X Haberleşmesi İçin Temel Kripto Altyapısı	178
Şekil 4-8 C-ITS Kripto Altyapısı Mimarisi.....	179
Şekil 4-9 C-ITS Tip Onayı Altyapısı	180
Şekil 4-10 Güneş Enerji ile Elektrik Tüketimi Karşılama	193
Şekil 4-11 Sağlıkta Büyük Veri Kaynakları.....	203
Şekil 4-12 5G'den Beklentiler.....	227
Şekil 4-13 5G'nin Yaygınlaşması ile İlgili Beklentiler.....	228
Şekil 4-14 Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	245
Şekil 4-15 Koordinasyon Merkezi Uygulamaları	247
Şekil 4-16 eLTE	248
Şekil 5-1 Açık Ağ Oluşturma Vakfı Projeleri	283
Şekil 5-2 ONOS Mimarisi.....	288
Şekil 5-3 Açık Ağ İletişim Sistemi Sürüm Tarihçesi	289
Şekil 5-4 CORD Mimarisi.....	291
Şekil 5-5 Patent Başvurusu	305
Şekil 5-6 Avrupa Patent Başvurusu	307
Şekil 5-7 Uluslararası Patent Başvurusu	308

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1-1 5GTR Forum Alt Çalışma Grupları.....	28
Tablo 1-2 Çalışma Grupları ve Çalışma Grubunda Yer Alan Organizasyonlar	29
Tablo 2-1 Çekirdek Şebeke Elemanları Zaman Planı	57
Tablo 2-2 Yönetim ve Orkestrasyon Katmanı İçin Planlanan Ürünlere İlişkin Yol Haritası Zaman Planı.....	64
Tablo 2-3 SDN/NFV Çözümleri İçin Yerli ve Milli Ürünler İçin Zaman Planı	72
Tablo 2-4 MCPTT Ürününe Yönelik Zaman Planı.....	74
Tablo 2-5 Güvenlik Alanında Yapılabilecek Çalışmalar ve Geliştirilme Süresi	86
Tablo 3-1 3GPP TSG RAN Çalışma Grupları	94
Tablo 3-2 Spektruma Göre NR Tipleri ve Özellikleri.....	121
Tablo 3-3 5G Çalışmalarının Kullanım Alanı Temel Gruplaması	125
Tablo 3-4 5G Çalışmalarının Ürün-Araştırma Bazlı Gruplaması	126
Tablo 3-5 5G Fiziksel Katmanla İlgili Olabilecek Çalışmalar.....	127
Tablo 3-6 5G Yolunda Anten Teknolojileri Yol Haritası	132
Tablo 3-7 5G Yolunda RFIC Tasarım ve Üretimi Yol Haritası.....	133
Tablo 3-8 5G Tasarım Teknolojilerine İlişkin Karşılaşılan Zorluklar	140
Tablo 3-9 Fiziksel Katmanda Mevcut Ürün ve Çalışmalar.....	145
Tablo 3-10 Fiziksel Katmanda İki-Üç Yıl İçerisinde Ürünleşip Kullanılabilecek Çalışmalar	146
Tablo 3-11 Fiziksel Katmanda Beş Yıl İçerisinde Ürünleştirilebilecek Çalışmalar	148
Tablo 4-1 Türkiye Otomotiv Sektörü İç Pazar, İhracat ve Üretim Tahmin Analizleri	158
Tablo 4-2 DSRC-Tabanlı ve Hücreli Ağ Tabanlı İletişim Kanalı Tanımlamaları.....	166
Tablo 4-3 Tarımsal Üretimde Yaşanan Sorunlardan Bazılarının Tarım ve Çevre Açısından Etkileri ile Hangi Teknolojilerin Kullanımı ile Bu Kayıpların Önleneceğini Gösteren Liste	216
Tablo 5-1 Teknik Özellik, Standart ve Düzenlemeler.....	268
Tablo 5-2 ITU-T Çalışma Grupları	272
Tablo 5-3 Teknik Spesifikasyon ve Bunların Altındaki Çalışma Grupları	274
Tablo 5-4 IEEE 5G Girişimi Çalışma Grupları.....	279
Tablo 5-5 ETSI Çalışma Grupları	280
Tablo 5-6 ONF Çalışma Grupları.....	282
Tablo 5-7 ONF OpenFlow Standartları.....	287
Tablo 5-8 NGMN Çalışma Grupları	292

Tablo 5-9 GSMA Çalışma Gruplarına	293
Tablo 5-10 5G ve Ötesi Konusunda Ülkemizde Uluslararası Standardizasyon Organizasyonları İle Muadili Organizasyonlara Katılım Sağlayan veya Takip Eden Kurum/Kuruluş/Üniversite/Şirketler ve Katılım Sağladıkları Alanlar Listesi	295
Tablo 5-11 Lisans ve Devir Sözleşmesi Avantaj ve Dezavantajları	310
Tablo 5-12 Samsung ve Qualcomm Tarafından Yapılan Patent Başvurularının ve Alınan Patentlerin Sayısı	318
Tablo 5-13 Türk Telekom, Turkcell ve Vodafone Türkiye (Oksijen) Tarafından Alınan Patentlerin Sayısı	319
Tablo 5-14 Telif Haklarından Elde Edilen Gelirler.....	319
Tablo 5-15 Telif Haklarından Elde Edilen Gelirlerin Yıllara ve Ülkelere Göre Dağılımı....	320
Tablo 5-16 Interdigital Firmasının Yıllara Göre Elde Ettiği Gelir.....	321
Tablo 5-17 Interdigital Firmasının Sahip Olduğu Patent Sayıları.....	321
Tablo 5-18 Patent Lisans Anlaşması (PLA) Üzerinden Elde Edilen Gelir Bilgileri.....	322
Tablo 5-19 Interdigital Firmasının Yıllara Göre Elde Ettiği Toplam Gelir Dağılımı	322
Tablo 5-20 2015 Yılında Elde Edilen Gelişim Yüzdeleri	323
Tablo 5-21 Ülkelere Göre Patent/Marka ve Tasarım Konularında Başarı Sıralamaları	323
Tablo 5-22 Patent Başvurularında Erkek/Kadın Yüzdeleri.....	325
Tablo 6-1 Prototip Fazında Desteklenebilecek Faaliyetler	331
Tablo 6-2 Satış Öncesi Dönemde Desteklenebilecek Faaliyetler	333

TEŞEKKÜR

Beyaz Kitap, 5GTR Forum Üyeleri Çalışma Grupları çalışmalarının katkılarıyla 5G stratejisi ve 5G çözümlerine yol haritası oluşturmak amacıyla bir kılavuz olarak hazırlanmıştır. Kitabın oluşturulması sürecinde toplantı ve çalıştay benzeri etkinlikler, video konferans ve telekonferans yöntemleri kullanılmıştır. Beyaz Kitabın oluşturulması ve geliştirilmesine doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunan herkesi takdirle karşıyor ve teşekkürlerimizi sunuyoruz. Aynı zamanda, Beyaz Kitabın hazırlanması için ekibimize gerekli rehberliği sağlayarak çalışmanın genel hedeflerine ulaşmasında katkıda bulunan tüm emeği geçenlere teşekkür ediyoruz.

KISALTMALAR LİSTESİ

3GPP	3. Nesil Ortaklık Projesi (3rd Generation Partnership Project)
3GPP TSG	3GPP Teknik Tanımlama Grubu (3GPP Technical Specification Groups)
3GPP WG	3GPP Çalışma Grubu (3GPP Working Groups)
5G EIR	Ekipman Kimlik Kaydı (Equipment Identity Register)
5G PPP	5G Kamu-Özel Ortaklığı (5G Public-Private Partnership)
5G VATS	5G Vadisi Açık Test Sahası
AAS	Aktif Anten Sistemi (Active Antenna System)
ADAS	Gelişmiş Sürücü Yardım Sistemleri (Advanced Driver Assistance Systems)
AF	Uygulama Fonksiyonu (Application Function)
AIR	Anten Entegre Radyo (Antenna Integrated Radio)
AMF	Erişim ve Mobilite Yönetim Fonksiyonu (Access and Mobility Management Function)
ASIC	Uygulamaya Özel Tümüleşik Devre (Application-Specific Integrated Circuit)
AUSF	Kimlik Doğrulama Sunucu Fonksiyonu (Authentication Server Function)
BBU	Temel Bant Birimi (Baseband Unit)
BSS	İş Destek Sistemleri (Business Support Systems)
CAB	Çip Üreticileri Danışma Kurulu (Chip Advisory Board)
CAPEX	Sermaye Giderleri (Capital Expenditures)

CCN	İçerik Yanıt Merkezli Ağlar (Content Centric Networking)
CDMA	Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Code Division Multiple Access)
CDR	Çağrı Detay Kaydı (Call Detail Record)
CoMP	Koordineli Çok Noktadan Erişim (Coordinated Multipoint)
CP	Kontrol Düzlemi (Control Plane)
CS	Devre Anahtarlama (Circuit Switched)
CU	Merkezi Birim (Central Unit)
CMOS	Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
CEN	Avrupa Standardizasyon Komitesi (European Committee for Standardization)
CENELEC	Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (European Committee for Electrotechnical Standardization)
CM	Bağlantı Yönetimi (Connection Manager)
C-ITS	Ortak Akıllı Ulaşım Sistemleri (Cooperative Intelligent Transport System)
CT	Çekirdek Ağ ve Terminaller (Core Network & Terminals)
CUPS	Sinyalleşme ve Veri Katmanlarının Ayrıştırılması (Control User Plane Separation)
D2D	Cihazdan Cihaza (Device to Device)
DU	Dağıtılmış Birim (Distributed Unit)

DN	Veri Şebekesi (Data Network)
eCPRI	Geliştirilmiş Genel Radyo Ara Yüzü (Enhanced Common Public Radio Interface)
EDGE	GSM Evrimi İçin Geliştirilmiş Veri Hızları (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)
eMBB	Geliştirilmiş Mobil Geniş Bant (Enhanced Mobile Broad Band)
EMC	Elektromanyetik Uyumluluk (Electromagnetic Compatibility)
EMS	Element Yönetim Sistemi (Element Management System)
EPC	Avrupa Patent Sözleşmesi (European Patent Convention)
EPO	Avrupa Patent Ofisi (European Patent Office)
ETSI	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Komitesi (European Telecommunications Standards Institute)
eV2X	Geliştirilmiş Araçtan Herşeye (Enhanced Vehicle to Everything)
FCAPS	Hata, Konfigürasyon, Hesaplama, Performans, Güvenlik (Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security)
FDD	Frekans Bölmeli Çoklama (Frequency Division Duplexing)
FEC	İleri Hata Düzeltme (Forward Error Correction)
FMC	Sabit ve Mobil Yakınsaması (Fixed and Mobile Convergence)
FRAND	Adil, Makul ve Ayrımcı Olmayan (Fair Reasonable Non Discriminatory)
FSO	Serbest Uzay Optik (Free Space Optical)
GERAN	GSM/EDGE Radyo Erişim Ağı (GSM/EDGE Radio Access Network)

GMSC	Anahtarlama Merkezi Ağ Geçidi Mobil Hizmetleri (Gateway Mobile Services Switching Center)
GSM	Mobil İletişim İçin Küresel Sistem (Global System for Mobile Communications)
GSMA	GSM Birliği (Groupe Speciale Mobile Association)
HetNet	Heterojen Ağlar (Heterogeneous Network)
HSS	Ana Abone Sunucusu (Home Subscriber Server)
IC	Tümleşik Devre (Integrated Circuit)
ICN	Bilgi Merkezli Şebekeler (Information Centric Networking)
ICT	Bilgi ve İletişim Teknolojisi (Information and Communication Technology)
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission)
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (The Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IETF	İnternet Mühendisliği Görev Grubu (Internet Engineering Task Force)
IM	İndis modülasyonu (Index Modulation)
IMS	IP Multimedya Alt Sistemi (IP Multimedia Subsystem)
IoIT	Akıllı Nesnelerin İnterneti (Internet of Intelligent Things)
IoH	İnternet üzerinden Sağlık (Internet of Health)
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

IP	İnternet Protokolleri (Internet Protocols)
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütüdür (International Standard Organization)
ITU	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union)
IWMSC	Anahtarlama Merkezi Mobil Hizmetler Arayüzü (Interworking Mobile Services Switching Center)
JPO	Japonya Patent Ofisi (Japan Patent Office)
LNA	Alçak Gürültülü Yükselteç (Low Noise Amplifier)
LMF	Konum Yönetim Fonksiyonu (Location Management Function)
LPWA	Düşük Güçlü Geniş Alan (Low Power Wide Area)
LTE	Uzun Süreli Gelişim (Long Term Evolution)
M2M	Makineler Arası İletişim (Machine to Machine)
MANO	Yönetim ve Orkestrasyon (Management and Orchestration)
MCPTT	Görev Kritik Bas Konuş (Mission Critical Push-to-Talk)
MEC	Mobil Uç Nokta Bilişimi (Mobile Edge Computing)
MEMS/NEMS	Mikro ve Nano Elektromekanik Sistemler (Micro and Nano Electromechanical Systems)
MIMO	Çoklu Giriş-Çoklu Çıkış (Multiple-Input and Multiple-Output)
MME	Mobility Yönetim Elemanı (Mobility Management Entity)

MMIC	Monolitik Mikrodalga Tümüleşik Devre (Monolithic Microwave Integrated Circuit)
mMTC	Yoğun Makine Tipi İletişim (Massive Machine Type Communications)
MTC	Makine Tipi İletişimi (Machine Type Communication)
mmWave	Milimetre Dalga
MPLS	Çok Protokollü Etiket Değişirme (Multiprotocol Label Switching)
MQTT	Mesaj Kuyruğu Telemetri Taşıma (Message Queuing Telemetry Transport)
Multi-RAT	Çoklu Radyo Erişim Teknolojisi (Multi Radio Access Technology)
N3IWF	3GPP Olmayan Arayüz Fonksiyonu (Non 3GPP InterWorking Function)
NAS	Erişim Dışı Katman (Non-access Stratum)
NB-IoT	Dar Bant Nesnelerin İnterneti (Narrowband-IoT)
NBI	Kuzey Arayüzü (Northbound Interface)
NEF	Şebeke Pozisyon Fonksiyonu (Network Exposure Function)
NGFI	Yeni Nesil Ön Plan Ara Yüzü (Next Generation Fronthaul Interface)
NFV	Şebeke Fonksiyonu Sanallaştırma (Network Functions Virtualization)
NFVI	Şebeke Fonksiyonlarını Sanallaştırma Altyapısı (Network Functions Virtualization Infrastructure - NFVI)
NFVO	Şebeke Fonksiyonu Sanallaştırma Orkestratörü (NFV Orchestrator)
NGC	Gelecek Nesil Çekirdek (Next Generation Core)
NGMN	Yeni Nesil Mobil Ağlar (Next Generation Mobile Networks)

NOMA	Dikgen Olmayan Çoklu Erişim (Non-Orthogonal Multiple Access)
NR	Yeni Radyo (New Radio)
NRF	şebeke Havuzu Fonksiyonu (Network Repository Function)
NSA	Bağımsız Olmayan (Non-Standalone)
NS	şebeke Dilimleri (Network Slices)
NSSF	şebeke Dilimleri Seçme Fonksiyonu (Network Slice Selection Function)
OBU	Araç Üzeri Birimi (On Board Unit)
ONF	Açık Ağ Oluşturma Vakfı (Open Networking Foundation)
ONOS	Açık Ağ İletişim Sistemi (Open Network Operating System)
OPEX	İşletme Giderleri (Operating Expenses)
OSS	Operasyonel Destek Sistemleri (Operational Support Systems)
PA	Güç Yükselteci (Power Amplifier)
PCF	İlke Kontrolü Fonksiyonu (Policy Control Functionality)
PCG	Proje Koordinasyon Grubu (Project Co-ordination Group)
PDN	Paket Veri Ağı (Packet Data Network)
PGW	Paket Veri Geçişi (Packet Data Gateways)
PLA	Patent Lisans Antlaşması (Patent Licence Agreement)
PNF	Fiziksel şebeke Fonksiyonu (Physical Network Function)
PS	Paket Anahtarlmalı (Packet Switched)
QoS	Hizmet Kalitesi (Quality of Service)

RAN	Radyo Erişim Ağı (Radio Access Networks)
RCS	Zengin İletişim Sistemi (RCS - Rich Communication System)
RF	Radyo Frekans (Radio Frequency)
RM	Kayıt Yönetimi (Records management)
RRU	Uzak Radyo Birimi (Remote Radio Unit)
RSU	Yol Kenarı Birimi (Road Side Unit)
SBA	Servis Tabanlı Mimari (Service Based Architecture)
SA	Bağımsız (Standalone)
SBA	Servis Tabanlı Mimari (Service Based Architecture)
SBI	Güney Arayüzü (Southbound Interface)
SD-LAN	Yazılım Tanımlı Yerel Alan Ağı (Software Defined Local Area Network)
SDN	Yazılım Tanımlı Şebeke (Software Defined Networking)
SD-WAN	Yazılım Tanımlı Geniş Alan Ağı (Software Defined Wide Area Network)
SEP	Standart için Temel Patentler (Standard Essential Patents)
SEPP	Uç Güvenlik Koruma Vekil Fonksiyonu (Security Edge Protection Proxy)
SFC	Servis Fonksiyon Zinciri (Service Function Chaining)
SMF	Oturum Yönetim Fonksiyonu (Session Management Function)
SM	Oturum Yönetimi (Session Management)
SMS	Kısa Mesaj Servisi (Short Message Service)

SMSF	Kısa Mesaj Servis Fonksiyonu (Short Message Service Function)
SON	Kendi Kendine Organize Ağlar (Self Organizing Network)
SSC	Oturum Servis Devamlılığı (Session and Service Continuity)
SSO	Standart Belirleme Organizasyonları (Standard Setting Organizations)
TAG	Teknik Danışma Grubu (Technical Advisory Group)
TDD	Zaman Bölmeli Çoklama (Time Division Duplexing)
TRIPS	Fikri Mülkiyet Hakları Antlaşması (The Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights)
TSG	Teknik Spifikasyon Grubu (Technical Specification Groups)
TTM	Piyasaya Sürülme Süresi (Time to Market)
UCST	Kullanım Durumu Yönlendirme (Use Case Steering Team)
UDM	Birleşik Veri Yönetimi (Unified Data Management)
UDR	Birleşik Veri Deposu (Unified Data Repository)
UE	Kullanıcı Cihazı (User Equipment)
UMTS	Evrensel Mobil İletişim Sistemi (Universal Mobile Telecommunications System)
uMTC	Ultra Güvenilir Makine Tipi İletişim (Ultra-Reliable Machine-Type Communications)
UPF	Kullanıcı Düzlemi Fonksiyonu (User Plane Function)
uRLLC	Ultra Güvenilir ve Düşük Gecikmeli İletişim (Ultra-Reliable Low Latency Communication)

USIM	Evrensel Abone Kimlik Modülü (Universal Subscriber Identity Module)
USPTO	Amerika Birleşik Devletler Patent ve Marka Ofisi (United States Patent and Trademark Office)
USRP	Evrensel Yazılımla Tanımlanabilir Radyo Uç Birimi (Universal Software Radio Peripheral)
UTM	Birleşik Tehdit Yönetimi (Unified Threat Management)
UTRA	Evrensel Karasal Radyo Erişimi (Universal Terrestrial Radio Access)
xMBB	Mobil Çok Geniş Bant (Extreme Mobile Broadband)
V2X	Araçtan Herşeye (Vehicle to Everything)
VIM	Sanallaştırılmış Altyapı Yöneticisi (Virtualized Infrastructure Manager)
VLC	Görünür Işıkla Haberleşme (Visible Light Communication)
VNF	Sanal Şebeke Fonksiyonu (Virtualised Network Function)
VNF-FG	Sanal Şebeke Fonksiyonu Yönlendirme Grafiği (Virtualised Network Function - Forwarding Graph)
VNFM	Sanal Şebeke Fonksiyon Yöneticisi (NFV Manager)
VoLTE	Uzun Süreli Gelişim Üzerinden Ses (Voice over Long-Term Evolution)
VPLMN	Ziyaret Edilen Kamu Alanı Mobil Ağı (Visited-Public Land Mobile Network)
WCDMA	Geniş Bantlı Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Wideband Code Division Multiple Access)
WG	Çalışma Grubu (Working Group)

WIPO	Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (World Intellectual Property Organization)
WTO	Dünya Ticaret Örgütü (World Trade Organization)

1. GİRİŞ

1982'de geliştirilen analog kablosuz ses haberleşme teknolojisi olan 1G sistemleri, sesli iletişim ile sınırlı kalmıştır. Sayısal temelli 2G sistemleri, 1992'de ticari olarak yer almış ve yine ses haberleşmesine yönelik geliştirilmiştir. 2001'de ortaya çıkan 3G sistemleri ile sesin yanında veri ve görüntü iletimine de imkân sağlanmıştır. 2012'de standartlaştırılmış olan 4G sistemleri ise uçtan uca IP olması nedeniyle mobil internet erişim teknolojisi olarak isimlendirilmiştir. 4G, 3G'ye göre teknolojik ilerlemeden daha çok bir teknolojik evrim niteliği taşımaktadır. 2007 ve 2010 yıllarında akıllı mobil cihazların ve tabletlerin kullanıma başlanmasıyla bu mobil cihazlar, sesli aramaların yanında internette gezinebilmeyi, fotoğraf ve video çekebilmeyi, filmleri indirilebilmeyi ve yayınlatabilmeyi sağlayan ekipmanlara dönüşmüştür. Uzun dönemli gelişim (Long Term Evoluatin-LTE) olarak adlandırılıyor olması IP haberleşmesine olanak sağlaması sayesinde gelecek nesil mobil teknolojiler (5G) için de bir altyapı oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

Mobil ağlar, analog 1G ses sistemi tarafından yapılandırılmış bir teknolojiden uçtan uca dijital 4G sisteminden oluşan tam teşekküllü bir internete dönüşmüştür. 5G ekosistemi, dünya çapında birçok Ar-Ge, standardizasyon, akademi, forum vb. ile birlikte, geniş bir yelpazede yeni teknolojiler ve yetenekler geliştirilmek üzere talepleri yerine getirmeyi hedeflemektedir. 5G planlaması, mevcut 4G'den daha yüksek kapasiteye sahip olmaya, daha yüksek mobil genişbant kullanıcısı yoğunluğuna, ultra-güvenilir ve masif makine haberleşmesine destek sağlamaktadır. 5G, 4G teknolojisinden daha düşük bir gecikmeyi ve daha düşük pil tüketimini, nesnelere internetinin daha iyi uygulanmasını hedeflemektedir.

M2M ve IoT cihazlarını yönetecek akıllı bir iletişim ağı haline gelecektir. 5G, uygulamada olan teknolojilerin bir arada, verimli ve uyumlu bir şekilde tüm nesil bantları tamamlayıcı olarak kullanabilecek teknolojik ilerlemeyi ifade edecektir. Çok yüksek frekanstan düşük frekansa, çok büyük hücreden (macro cell) çok küçük hücrelere (pico cell, body cell vb.) pek çok farklı yapıların bir arada kullanılacağı Heterojen Ağlar (Heterogeneous Network - HetNet) ile mevcut (3G, 4G, WiFi) altyapıların tamamlayıcısı niteliğinde olacaktır.

Nesnelerin interneti olarak adlandırılan uygulamaların yaygınlık kazanmasıyla birlikte birbirine bağlı cihazların yanında günlük hayatta da kullanılan şebeke içindeki cihazların sayısı düzenli bir şekilde artış göstermektedir. Mobil cihazların ve tabletlerin yanı sıra ev eşyaları, sını

makinalar ve araçların da internete bağlanmasıyla veri alışverişinin sağlandığı bir dünya mümkün hale gelmiştir. Gelecekte milyarlarca nesne, algılayıcı ve makine şebekeye dâhil olacaktır. Böylece bu zamana kadar daha çok bireylerin interneti olarak kabul edilen internetin sınırlarına doğru evrilmesi beklenmektedir. Ancak endüstriyel ve akıllı şebekeleşme henüz tam anlamıyla gerçekleşmiş değildir. Bağlanabilirlik, kapasite, güvenlik ve hizmet kalitesi bu yoldaki bir şebekeleşmenin en önemli unsurları olarak karşımıza çıkmaktadır. Mezkûr gereksinimler özellikle mobil iletişim alanında öne çıkmaktadır. Gelecekteki sayısal uygulamalar, radyo temelli mobil Gigabit seviyesinde bağlantıları mümkün kılacak seviyede olacaktır. Bu kapsamda 5G, sayısal dönüşümü gerçekleştirmede önemli bir rol alacaktır. 5G, gelecekteki Gigabit şebekelerin en önemli bileşeni olacak ve tamamen yeni bir iletişim altyapısını zorunlu kılacaktır.

Son otuz yılda mobil iletişim, basit ses sistemlerinden mobil geniş bantlı multimedya sistemlerine kadar evrimleşerek gelişim göstermiş günlük yaşam tarzını derinden değiştiren ayrıca toplumun ilerlemesine ve ekonomisine büyük ölçüde katkı sağlayan bir konuma gelmiştir. Mobil internet ve nesnelerin interneti gelecekteki iletişimin iki önemli itici gücünü oluşturmaktadır. 5G'nin tamamen mobil ve bağlantılı bir topluma olanak sağlaması ve sosyo-ekonomik dönüşümleri desteklemesi beklenmektedir. 2020'lerde konuşlandırılması planlanan 5G ve Ötesi teknolojiler, mevcut 4G teknolojilerinden daha yüksek bant genişliği ve daha düşük gecikme süresi sağlayarak 1 milisaniyeden (ms) daha az gecikme ve aynı zamanda milyarlarca cihaza bağlantı sağlayan bant genişliğine imkân tanıyacaktır. İletişimde öngörülen bu büyümeyi desteklemek için 2020 yılına kadar tüm iletişim altyapısının önemli ölçüde yükseltilmesi, dönüştürülmesi gerekmekte olduğu değerlendirilmektedir.

5G, çok çeşitli erişim teknolojilerinin, çok katmanlı ağların, birden fazla cihaz türünün, birden çok kullanıcı etkileşim çeşitliliğinin varlığı ile karakterize edilen oldukça heterojen bir ortamda çalışacaktır. Böyle bir ortamda, zaman ve mekândan bağımsız ve tutarlı bir kullanıcı deneyimi elde etmek için temel bir gereksinime ihtiyaç vardır. Dünyada 5G ile ilgili strateji ve yol haritalarının geliştirilmesinin amacı, elektronik haberleşme sektörünün yanı sıra çok daha geniş sektör paydaş sisteminde etkili olacak bu teknolojilerin uzun vadeli toplumsal ve ekonomik etkileri ile yarattığı yeni fırsatlar göz önünde bulundurularak tutarlı, sürdürülebilir ve yenilikçi bir vizyon ortaya koymaktır.

Dünyada 5G ve ötesi teknolojiler üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Ülkemizde de 5G ve ötesi yeni nesil mobil haberleşme teknolojilerinde yerli ve milli, dünya pazarında yer alacak katma değeri yüksek ürün, hizmet ve teknolojiler geliştirmek amacıyla ulusal ve uluslararası seviyede kamu-sanayi ve akademinin işbirliği ile ekosistemdeki paydaşlarla çalışmalar yapılması amaçlanmış ülkemizdeki çalışmaların koordinasyonunun sağlanması için 29 Nisan 2016 tarihinde BTK koordinasyonunda, “Yeni Nesil Mobil Haberleşme Teknolojileri Türkiye Forumu (5GTR Forum)” kurulmuştur.

5GTR Forum çalışmalarının kısa süre içerisinde verimli yol alabilmesini sağlamak üzere, 5GTR Forum organizasyon yapısı altında Çekirdek Ağ, Fiziksel Ağ, Hizmet ve Uygulama ile Standardizasyon çalışma grupları kurulmuş ve 14 Kasım 2017 tarihinde BTK koordinasyonunda gerçekleştirilen 5GTR Forum Buluşması ve Çalışma Grupları Çalıştayı ile çalışmalarına başlamıştır. Çalışma gruplarında, öncelikli olarak ülkemiz için 5G ve ötesindeki öncelikler, strateji ve yol haritalarını içeren bir Beyaz Kitap hazırlanması amaçlanmış, sonrasında da bu öncelikler ve yol haritasına göre projeler üretilmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla bu çalışma, söz konusu hedefler doğrultusunda 5GTR Forum Çalışma Gruplarında yer alan kamu kuruluşları, işletmeciler, üreticiler, STK’lar, özel sektör temsilcileri ve akademisyenlerimizin katkıları ile hazırlanmıştır.

BTK tarafından yeni nesil mobil haberleşme teknolojilerine yönelik olarak pek çok çalışma yürütülmekle birlikte, 5G ve ötesi haberleşme teknolojilerine ilişkin spesifik olarak yürütülen çalışmalardan 5GTR Forum, 5G Vadisi Açık Test Sahası ve 5G spektrum planına ilişkin gerçekleştirilen çalışmalar ve hedefleri aşağıda detaylı olarak aktarılmıştır:

1.1. 5GTR Forum

Dünyada mobil haberleşme standartları konusunda çalışan standart kuruluşları, araştırma kurumları, ekipman üreticileri ve işletmeciler tarafından 2020 yılına kadar 5G standardizasyon çalışmalarının bitirilip ürünleştirme aşamasına gelinmesi amaçlanmakta olup 5G mobil teknolojilerinin birkaç yıl içinde kullanılmaya başlanması beklenmektedir. Bu anlamda, Ülkemizin de dünyada 5G ile ilk tanışan ülkelerden biri olması ve bunu yaparken de tüketici olmanın ötesinde üretici konumuna geçebilme hususunda işbirliği önem arz etmektedir.

Bu öneme binaen, 5G ve Ötesi yeni nesil mobil haberleşme sistemlerinde yerli ve milli, dünya pazarında yer alacak katma değeri yüksek ürün, hizmet ve teknolojiler geliştirmek amacıyla ulusal ve uluslararası seviyede kamu-sanayi ve akademinin işbirliği ile ekosistemdeki paydaşlarla çalışmalar yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, ülkemizde kamu, üniversite, üreticiler, işletmeciler ve ilgili sivil toplum kuruluşlarının işbirliğinin ve tüm çalışmaların koordinasyonunun sağlanması için 29 Nisan 2016 tarihinde “Yeni Nesil Mobil Haberleşme Teknolojileri Türkiye Forumu (5GTR Forum)” kurulmuştur. 5GTR Forumun amacı aşağıda özetlenmiştir:

- 5G ve ötesinde rekabetçi, katma değeri yüksek ürün ve servisleri tasarlayıp üreterek küresel pazarda yer alabilecek bir ekosistemi oluşturmak ve yönlendirmek,
- Uluslararası platformlara katılarak ya da üyelerinin katılımı ile ilgili koordinasyonu ve bilgi paylaşımını sağlayarak hem teknolojiyi takip etmek hem de uluslararası işbirliklerine yönelik ilişki geliştirme faaliyetlerini yürütmek,
- Uluslararası pazarda ticari başarı getirebilecek, nitelikli patent sayısını arttırmaya yönelik teşvik yöntemlerinin, proje fonlama mekanizmalarının oluşturulması yönünde faaliyetlerde bulunmak, milli 5G ve Ötesi patentleri veri tabanı oluşturmak, standardizasyon toplantılarına katılımı organize ederek hem teknolojinin yönünü takip etmek hem de patentlerin standartlara girmesi ile ilgili çalışmaları yönlendirmek,
- Bu alanda nitelikli insan kaynağı oluşturulmasına katkı sağlamak için üniversiteleri yönlendirmek, yeni uzmanlık alanları oluşturulmasını sağlamak,
- İşletmecilerin 5G ve Ötesi teknolojileri ile ilgili gereksinimlerinin paylaşılacağı bir zemin oluşturulmasını sağlamak,
- Dikey sektörler ile teknoloji üreticilerini bir araya getirip ihtiyaçları karşılayacak ürünler çıkmasına ön ayak olmak ve gerekli işbirliği ortamlarını sağlamak,
- Kamuda karar vericilere başlatılması ve desteklenmesi gerekli olan projeler konusunda yol gösterici olmak.

5GTR Forum Organizasyon Yapısına, Şekil 1-1’de yer verilmektedir.

Şekil 1-1 5GTR Forum Organizasyon Yapısı



5GTR Forum Organizasyon Yapısı altında, Çekirdek Ağ, Fiziksel Ağ, Hizmet ve Uygulama ile Standardizasyon Çalışma Grupları ve bu dört çalışma grubunun altında da 14 Alt Çalışma Grubu bulunmaktadır.

5GTR Forum çalışmalarının yerli ve milli, katma değeri yüksek yeni nesil mobil haberleşme ürün hizmet ve teknolojilerini üretme hedefi doğrultusunda oluşturulan;

- 5G ve ötesinin temelini oluşturacak yazılım tabanlı şebekelere olanak sağlayarak yeni teknolojilere odaklanan Çekirdek Ağ Çalışma Grubu,
- 5G ve ötesi haberleşme sistemlerinin fiziksel ağ katmanına ilişkin bileşenlerin geliştirilmesi, RF ile ilgili alanlar ve donanım boyutuna odaklanan Fiziksel Ağ Çalışma Grubu,
- Özellikle son kullanıcılara yönelik akıllı ulaşım sistemleri, akıllı şehirler, sağlık, enerji ve tarım gibi dikey sektör uygulamalarına yönelik Hizmet ve Uygulama Çalışma Grubu,
- 5G teknolojilerinin uluslararası standartlarının belirlenmesine yönelik Standardizasyon Çalışma Grubu

kurularak 14 Kasım 2017 tarihinde faaliyetlerine başlamıştır. İlk safhada, Çalışma Gruplarının çalışma konuları belirlenerek önceliklendirilmiş ve çalışma konularına yönelik spesifik alt

Çalışma gruplarının oluşturulmasına karar verilmiştir. 5GTR Forum Alt alışma Grupları, Tablo 1-1’de yer almaktadır.

Tablo 1-1 5GTR Forum Alt alışma Grupları

Çalışma Grupları	Alt alışma Grupları
Çekirdek Ağ	<ul style="list-style-type: none">• MANO• ekirdek Şebeke Elemanları• Siber Güvenlik
Fiziksel Ağ	<ul style="list-style-type: none">• 5G Fiziksel Ağ Yol Haritası
Hizmet ve Uygulama	<ul style="list-style-type: none">• Otomotiv• Ulaşım ve Lojistik• Sanayi• Enerji• Sağlık• evre/Tarım• Medya ve Eğlence• Eğitim• Güvenlik• Finans
Standardizasyon	

Çekirdek Ağ alışma Grubu; Yönetim ve Orkestrasyon, ekirdek Şebeke Elemanları ve Siber Güvenlik olmak üzere üç alt çalışma grubuna, Fiziksel Ağ alışma Grubu; 5G Fiziksel Ağ Yol Haritası olmak üzere bir alt çalışma grubuna, Hizmet ve Uygulama alışma Grubu; Otomotiv, Ulaştırma ve Lojistik, Sanayi, Enerji, Sağlık, evre ve Tarım, Medya ve Eğlence, Eğitim, Güvenlik ve Finans olmak üzere on alt çalışma grubuna ayrılarak faaliyetlerini diğer çalışma gruplarıyla işbirliği içerisinde yürütmektedir.

Çalışma gruplarında yer alan organizasyonlar ve her çalışma grubuna ait Koordinatör Organizasyon Tablo 1-2’de yer almaktadır.

Tablo 1-2 Çalışma Grupları ve Çalışma Grubunda Yer Alan Organizasyonlar

Çalışma Grupları	Çalışma Grubunda Yer Alan Organizasyonlar	Koordinatör Organizasyon
Çekirdek Ağ Grubu	ASELSAN, HAVELSAN, TTAŞ, TURKCELL, VODAFONE, ERICSSON, NOKIA, ZTE, AIRSPAN, ARGELA, CTECH, EKSTUNDA, İŞNET, PAVO, TELENITY, TÜBİTAK, AMBEENT, KAREL, TURKNET	NETAŞ
Fiziksel Ağ Grubu	NETAŞ, TTAŞ, TURKCELL, VODAFONE, ERICSSON, NOKIA, ZTE, AIRSPAN, CTECH, EKSTUNDA, PAVO, POLARAN, SPARK, TÜBİTAK	ASELSAN
Hizmet ve Uygulama Grubu	TÜBİTAK, TTGV, ASELSAN, NETAŞ, TTAŞ, TURKCELL, VODAFONE, ERICSSON, NOKIA, ZTE, AIRSPAN, ARGELA, CTECH, EKSTUNDA, İŞNET, PAVO, POLARAN, SPARK, TELENITY, KAREL, TURKNET, SAVRONİK	HAVELSAN
Standardizasyon Grubu	TSE ve TÜBİTAK gibi ilgili kamu kuruluşları ile 5GTR Forumda yer alan 3GPP, ETSI, ITU, NGMN üyesi kuruluşlardan oluşur: TSE, TÜBİTAK, HAVELSAN, AIRSPAN, ARGELA, TTAŞ, ZTE, NOKIA, ASELSAN, TURKCELL, ERICSSON TÜRKİYE, NETAŞ, KAREL	BTK

Çalışma gruplarında yer alan üniversiteler, işletmeciler, tedarikçiler ve teknoloji firmalarının birlikte çalışmaları sonucunda bu çalışmada, 5G ile ilgili öncelikli olarak geliştirilmesi hedeflenen teknolojiler belirlenmiş ve ülkemiz için yol haritaları önerilmiştir.

5GTR Forum bünyesinde bugüne kadar gerçekleştirilen önemli çalışma ve faaliyetler aşağıda yer almaktadır:

- 5GTR Forumunu kurulması, 29 Nisan 2016
- Kore Haberleşme Komisyonu (KCC)'nin ülkemize gerçekleştirdiği çalışma ziyareti, 9 Mayıs 2016
- Havelsan, Netaş ve Aselsan'ın katkılarıyla, 5G Çekirdek Ağ Zirvesi, 15 Haziran 2016
- Japonya İçişleri ve İletişim Bakanlığı'nın ülkemize gerçekleştirdiği çalışma ziyareti ve 5GForum Japonya ile ortak 5G Çalıştayı, 10 Ocak 2017
- Uluslararası Elektronik Haberleşme Düzenleyiciler Konferansı, 5G ve Ötesi, 3-4 Mayıs 2017
- 5G'ye Giden Yolda Otomotiv Sektörü Çalıştayı, 11 Mayıs 2017
- IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, Yeni Nesil Haberleşme Teknolojileri ve 5G Çalıştayı, 15-18 Mayıs 2017
- Medipol Üniversitesi 6G Çalıştayı, Temmuz 2017
- IEEE 5G Summit & IEEE BlackSeaCom, 5-8 Haziran 2017
- 5G Vadisi Açık Test Sahası Protokolü'nün imzalanması, 15 Ağustos 2017
- Türkiye-Japonya iş birliği ile TeraHertz Haberleşme Teknolojileri Çalıştayı, 13 Ekim 2017
- 5GTR Forum Buluşması ve Çalışma Grupları Çalıştayı, 14 Kasım 2017
- Bölgesel Forumlar Çalıştayı, 5G Küresel Etkinliği-IV, Seul Güney Kore, 21-24 Kasım 2017
- 5GTR Forum-Japonya Beşinci Nesil Mobil İletişim Promosyon Forumu (5GMF) Mutabakat Zaptı'nın imzalanması, 23 Kasım 2017
- 5GTR Forum-5G Forum Kore Mutabakat Zaptı'nın imzalanması, 23 Kasım 2017
- BTK Heyeti İngiltere Çalışma Ziyareti (Surrey Üniversitesi, 5G İnovasyon Merkezi (5GIC); Surrey Üniversitesi-Bristol Üniversitesi -King's College London, 5GUK), 15-17 Ocak 2018
- 5GTR Forum Çalışma Grupları Toplantıları, 39 Çalışma ve Alt Çalışma Grubu Toplantısı, Kasım 2017-Şubat2018
- 5GTR Forum 5G ve Dikey Sektörler Çalıştayı, 14 Şubat 2018
- 5G Çalışmaları Kapsamında İstanbul'da Üniversite Ziyaretleri (Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Medipol Üniversitesi), 23 Mart 2018

- Wireless Summit 2018, 06 Nisan 2018
- 5G ve Ötesi Ortak Lisansüstü Destekleme Programı Mutabakat Zaptı'nın imzalanması, 24 Mayıs 2018

Ayrıca, 5G konusunda ülkemizde yapılan çalışmalar değerlendirilerek gerekli aksiyonların belirlenmesi ve somut adımların atılması ile ilerlemenin olabilmesine yönelik öneriler sunulması amacıyla "5G Raporu", 5G teknolojisinin sağladığı imkânlarla, 5G ile dikey sektörlerde yaşanacak dönüşüme ve dikey sektörlerdeki çeşitli kullanım durumlarına yönelik genel bir bakış açısı sağlamak, söz konusu değişimlerle ilgili farkındalığı artırmak ve böylece 5G teknolojilerine ilişkin başta kamu kurum/kuruluşları olmak üzere ilgili tüm tarafların ekonomik, sosyal, hukuki ve teknik açıdan gerekli hazırlık ve planlamalarına katkı sağlamak amacıyla da "5G ve Dikey Sektörler Raporu" hazırlanmış ve yayımlanmıştır.

5GTR Forum'un önemli ortak çıktılarından biri olan bu çalışma ile 2020 yılına kadar 5G'nin geliştirilmesi ve konuşlandırılması ile ilgili tüm yönler ele alınarak 5G ve Ötesindeki öncelikler, strateji ve yol haritasının belirlenmesi hedeflenmiş ve bu doğrultuda Beyaz Kitap hazırlanmıştır. Beyaz Kitabın, ülkemizin bu teknolojileri üreten ülkelerden biri olma hedefi doğrultusunda 5G ve ötesi strateji ve yol haritaları için bir kılavuz olarak hizmet etmesi amaçlanmakta, bu öncelikler ve yol haritalarına göre 5GTR Forum çatısı altında katma değeri yüksek çok sayıda proje üretilmesi hedeflenmektedir.

1.2. 5G Vadisi Açık Test Sahası

Ülkemizde 5G ve Ötesi ekosistemi oluşturulması amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında, 5G ve Ötesine ilişkin Ar-Ge, Ür-Ge ve denemelerin yapılabileceği bir açık test sahasının oluşturulmasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, BTK koordinasyonunda gerçekleştirilen bir dizi toplantı sonucunda hazırlanan "5G Açık Test Sahası İşbirliği Protokolü" BTK, Hacettepe Üniversitesi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Avea İletişim Hizmetleri A.Ş., Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş. ve Vodafone Telekomünikasyon A.Ş. tarafından 15 Ağustos 2017 tarihinde BTK 17. Kuruluş Yılı Etkinlikleri kapsamında gerçekleştirilen bir törenle imzalanmıştır.



5G Vadisi Açık Test Sahası (5G VATS) olarak anılan bölge, Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi yerleşkeleri, teknoparklar, BTK merkez ve laboratuvar binası başta olmak üzere, 5G ve ötesi teknolojilerle birlikte haberleşme teknolojilerinin daha fazla kullanılacağı dikey endüstriler olarak adlandırılan bilgi ve eğlence, sağlık, enerji, ulaşım ve tarım gibi sektörlerin kamu temsilcilerini de bünyesinde barındırmakta, şehir hastaneleri, alışveriş merkezleri ve büyük kamu binaları gibi yerleşimleri kapsamakta, aynı zamanda yüz bine yakın üniversite öğrencisine ev sahipliği yapmaktadır.



5G Vadisi Açık Test Sahası ile:

- 5G ve Ötesi teknolojilerin AR-GE, ÜR-GE ve testlerinin yapılabileceği test ve test şebeke altyapılarının kurulması,
- Böylece, donanım, yazılım, uygulama ve güvenlik seviyelerinde 5G altyapısında çalışacak ürün ve hizmetlerin 5G test platformları üzerinde denemeler yapılarak geliştirilebilmesi,
- Akademisyenler, araştırmacılar, doktora öğrencileri ve start-up'lar gibi 5G konusunda teknoloji üreten herkesin bu açık test sahasından faydalanması,
- Elektronik haberleşme sektörünün tüm paydaşları için yeni ARGE fırsatlarına olanak sağlanması, kamu-üniversite-işletmeci-sanayi işbirlikleri bağlamında etkili araştırmalar ve projeler yürütülmesine imkân sağlanması,
- 5G ve Ötesi iletişim teknolojileri üzerine sürdürülebilir yetkinlik oluşturmak üzere nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesine katkı sağlanması,

amaçlanmaktadır.




Bu kapsamda protokol taraflarının temsilcilerinden oluşan 5G Vadisi Açık Test Sahası Yürütme Kurulu çalışmalarına başlamış olup test ve test şebeke altyapılarının kurulmasına ilişkin olarak şebekenin fiziksel ağ, çekirdek ağ ile hizmet ve uygulama alanındaki alt bileşenleri ile çeşitli test sistemlerine yönelik alınabilecek aksiyonlar konusunda protokol taraflarının yanı sıra konuyla ilgili çalışmaları bulunan kurum ve kuruluşlar ile çeşitli toplantılar gerçekleştirilmiştir.


Bu çerçevede uçtan uca sistem alternatifleri, SDN/NFV altyapısı, IoT platformu, test altyapısı kurulumlarına dair girişimler sürmektedir.


5G Vadisi'nde gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında ayrıca 5G Açık Test Sahası İşbirliği Protokolü tarafları olan BTK, Hacettepe, Bilkent, ODTÜ, Turkcell, Türk Telekom ve Vodafone arasında 24.05.2018 tarihinde, BTK ev sahipliğinde gerçekleştirilen törende 5G ve Ötesi Ortak Lisansüstü Destekleme Programı Mutabakat Zaptı imzalanmıştır. Program ile 5G ve Ötesi yeni nesil haberleşme teknolojileri ve dijital dönüşüm konularında çalışacak nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmekte, program kapsamında eğitim desteği alacak nitelikli insan kaynağının, Ülkemiz ile dünya pazarlarında yer alacak yerli ve milli katma değeri yüksek ürün ve teknolojilerin geliştirilmesinde kritik rol oynayacağı öngörülmekte, desteklenecek öğrencilerin, ileri iletişim teknolojileri üzerine sürdürülebilir yetkinlik oluşturması ve yapacakları tez çalışmalarıyla patentler, projeler ve makaleler gibi çok çeşitli formlarda çıktılar üretmesi beklenmektedir.

5G VADİSİ AÇIK TEST SAHASI TEST ALTYAPISI KURULUM ÇALIŞMALARI VE ORTAK LİSANSÜSTÜ PROGRAMI

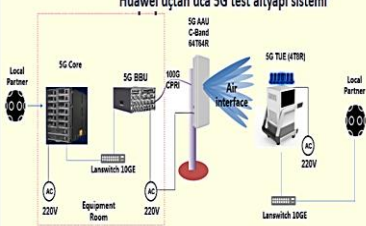
 * Kurumumuz Merkez Binası'nda Netaş firması tarafından IoT Platformu kurulumu için çalışmalar yürütülmektedir.
* IoT Platformu sensörlerden gelen verilerin işleneceği ara katmandır.

* 5G Vadisi bünyesinde Ericsson firması ile akademisyenler arasında ortak araştırmaların yapılabilmesi amacıyla görüşmeler yürütülmektedir

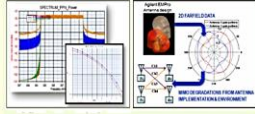
 * 4,5G ULAK test şebekesi
* SDN/NFV mimarisini içerir.
* Açık bir altyapı ile üniversiteler ve taraflar ile ortak çalışmalar hedeflenmektedir.

 * Beytepe yerleşkesinde bulunan Kurumumuz PGM'nde Huawei firması tarafından uçtan uca test 5G altyapısı oluşturulması,
* Keysight firması tarafından fiziksel ağ kapsamında ürünlerin testlerinin yapılabilceği bir test sistemi kurulması

Huawei uçtan uca 5G test altyapı sistemi




Keysight test laboratuvarı



* Çekirdek, radyo ve taşıma katmanlarını içerir.
* Gerek ULAK gerekse diğer tedarikçiler ile entegre çalışabilir bir altyapı.
* Kapalı sistem olmasından dolayı hizmet ve uygulamalar kapsamında fayda sağlanması beklenmekte.

* Firma tarafından fiziksel ağ test laboratuvarı ortamı sağlanacaktır.
* Ortam içeriği:
- Tasarım ve Simülasyon yazılımı,
- Signal Analyzer,
- Signal Generator

 * İlerleyen süreçte tedarikçiler (vendor) tarafından baz istasyonlarının kurulumu planlanmaktadır.

* Ortak Lisansüstü Programı ile telekom sektörüne yönelik nitelikli personel yetiştirilmesi hedeflenmektedir. 5G Vadisi tarafları arasında mutabakat zaptı imzalanacak olup proje taraflarca yürütülecektir.

5G VADİSİ AÇIK TEST SAHASI ALTYAPI KURULUMU



- Test şebeke altyapısının kurulması sürecine ve sürdürülebilirliğine katkıda bulunmak üzere ULAK tarafından 4,5G baz istasyonu, 4G çekirdek şebeke fonksiyonları ve SDN/NFV fonksiyonlarını yerine getiren altyapı sağlanacaktır.



- Huawei tarafından çekirdek ve radyo katmanları ile kullanıcı test ekipmanları dahil olmak üzere prototip 5G ekipman seti sağlanacaktır.



- Spark Ölçüm tarafından radyo katmanında testlerin yapılabilmesi amacıyla Tasarım ve Simülasyon yazılımı, Sinyal Analiz Cihazı ve Sinyal Üretici yazılımları ve donanım cihazları sağlanacaktır.



- Sensörler aracılığıyla edinilen verilerin işlenmesine yönelik bir test IoT platformu sağlanacaktır.



- izi tarafından 4G çekirdek şebekesi ile IMS şebeke modüllerine ilişkin gerekli altyapı sağlanacaktır.



- 5G Vadisi çalışmaları kapsamında akademi ile endüstrinin yakınsaması yönünde firma ile görüşmeler sürdürülmektedir.



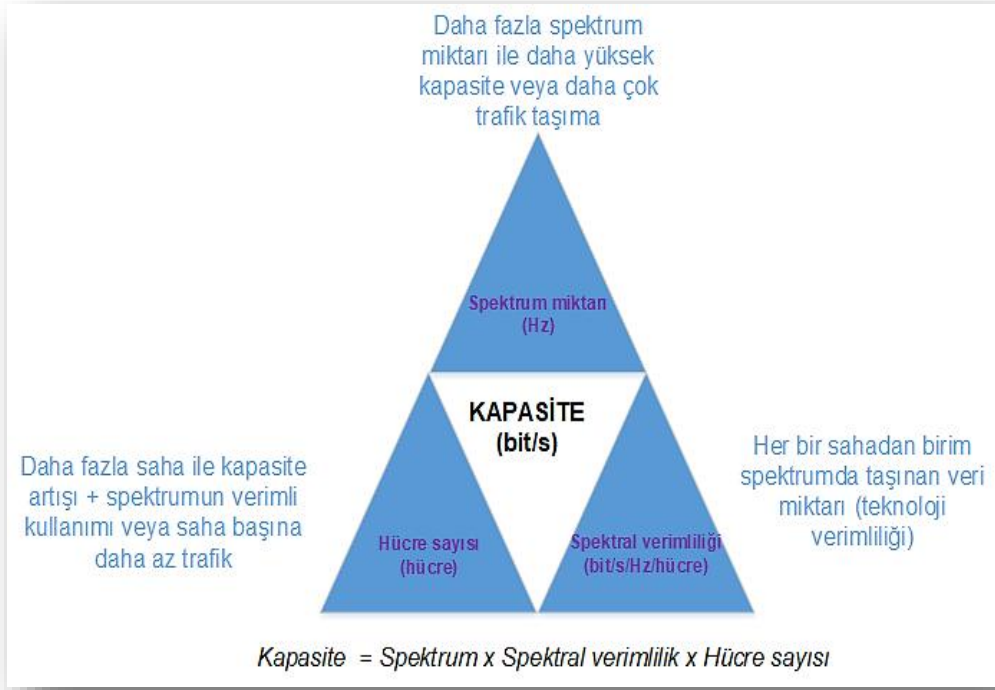
- Samsung tarafından 5G FWA konuşlandırılmasına yönelik görüşmeler sürdürülmektedir.

1.3. 5G Spektrum Planı

Mobil teknolojilerin gelişimi gelişmiş cihazların ortaya çıkmasını sağlamış, gelişmiş cihazların kullanılması da mobil uygulamaların zenginleşmesini beraberinde getirmiştir. Bugün akıllı telefon, tablet gibi gelişmiş cihazların kullanımı hızla yaygınlaşmakta, mobil uygulamaların artan kullanımları mobil veri tüketimini hızla arttırmaktadır. Artan veri tüketimi, mobil genişbant şebekelerin teknolojik olarak daha üst seviyeye çıkmalarını, daha fazla altyapı yatırımını veya ilave spektrum tahsisini zaruri kılmaktadır.

Mobil genişbant şebekelerin artan veri kullanımını desteklemek amacıyla spektral verimliliğinin artırılması, hücre sayısının artırılması ve ilave spektrum tahsisi yöntemleri ayrı ayrı uygulanabileceği gibi etkin çözüm olarak her üç yöntemin birlikte uygulanması gerekmektedir. Bununla birlikte ilave spektrum tahsisi mobil genişbant şebekelerin kapasitelerini doğrusal olarak arttırmakta ve şebekelerin kapasitelerini arttırmak için en hızlı çözümü sağlamaktadır. Spektrumun idareler tarafından ihaleler ile tahsis edildiği, ihale hazırlıklarının uzun sürmesi gibi durumlar dikkate alındığında, artan mobil veri tüketimine karşılık spektrum ihtiyacının izlenmesi olası problemlerin (örneğin, spektrum eksikliğine bağlı olarak hizmet kalitesinde azalma, yeni teknolojileri destekleyecek spektrumun geç sunulması) önüne geçilmesi açısından önem arz etmektedir. Artan trafiği karşılamak için çözüm yolları Şekil 1-2’de gösterilmektedir.

Şekil 1-2 Artan Trafığı Karşılama İçin Çözüm Yolları



BTK 2018 İş Planı ve Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2020)'nda yer alan "Spektrumun Etkin ve Verimli Kullanılması" eylemi kapsamında ülkemizdeki mobil veri trafik artışı, ülkemizin içinde yer aldığı ITU Bölge-1'de IMT için belirlenmiş spektrum, CEPT planlamaları ve ülkemiz genişbant hedefleri dikkate alınarak ülkemizde tahsisli olmayan IMT bandlarının (694-790 MHz, 1427-1518 MHz, 2300-2400 MHz, 2600 MHz frekans bandında tahsisli olmayan spektrum, 3400-3800 MHz ve WRC-19'da IMT-2020 için belirlenecek ilave bandlar) tahsis edilme zamanlamasına yönelik olarak BTK tarafından çalışılmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, mobil veri trafik artışına bağlı olarak işletmecilerin spektrum ihtiyacını ortaya koymaktır. Bununla birlikte, spektrum ihtiyacı temelinde IMT için belirlenmiş spektrumun tahsisine ilişkin bir yol haritası sunulmasıdır. Spektrum ihtiyacı ve sonrasında ortaya konulacak spektrum planı çerçevesinde;

- İşletmecilerin, gelecekte uygulanacak spektrum planlarını dikkate alarak şebeke planlamalarını daha etkin ve verimli yapmalarının sağlanması,
- Olası spektrum kıtlığının ve buna bağlı olarak oluşabilecek hizmet kalitesinde azalma vb. problemlerin önüne geçilmesi,
- Başta yerli üreticiler olmak üzere üreticilerin bilgilendirilmesi,

- Yeni teknolojilerin sunumunun zamanında gerçekleştirilmesi,
- Uluslararası çalışmalarda (ITU (International Telecommunication Union), CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations), RSPG vb.) yol gösterici olması,
- Mobil genişband hizmetlere tahsisi düşünülen frekans bandlarındaki mevcut kullanıcıların bilgilendirilmesi ve olası elektromanyetik girişim problemlerinin önüne geçilmesi

amaçlanmaktadır.

Çalışmanın sonucunda, 470-694 MHz, 694-790 MHz, 1427-1518 MHz, 2300-2400 MHz, 2500-2690 MHz¹, 3400-3800 MHz, 24.25-27.5 GHz, 40-43.5 GHz ve 66-71 GHz frekans bandlarının kısa (2018-2023), orta (2023-2028) ve uzun vadede (2028 sonrası) tahsisine yönelik planlama oluşturulması hedeflenmektedir.

1.4. Beyaz Kitap Çalışmasının Kapsamı

Daha önce belirtildiği üzere 5GTR Forum çatısı altında, ülkemizin 5G ve ötesindeki önceliklerini, strateji ve yol haritalarını içeren bir Beyaz Kitap hazırlanması amacı doğrultusunda çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve 5GTR Forum Çalışma Grupları tarafından 5G vizyonu formüle edilmiştir. 5GTR Forumun önemli çıktılarından biri olan bu çalışma, dünyada ve ülkemizde 5G teknolojileri ve çalışmalarında gelinen durum, 5G mimarisi öngörülerini ile 5G gereksinimlerinin potansiyel teknoloji yapı taşlarına ilişkin bir bakış açısı sunmaktadır. Beyaz Kitap, ülkemizin bu teknolojileri üreten ülkelerden biri olma hedefi doğrultusunda 5G ve ötesi strateji ve yol haritaları için bir kılavuz olarak hizmet etmeyi amaçlamaktadır.

Beyaz Kitapta, 5G haberleşme şebekesini oluşturan çekirdek ağ katmanı ve fiziksel ağ katmanı ile bu katmanlar üzerinde çalışacak hizmet ve uygulamalara dair Türkiye’de yapılabilecek ve yapılması gerekli çalışmalar ele alınmıştır. 5G’ye geçiş için gereken teknik düzenlemeler ve 5G gereksinimlerine ilave olarak Türkiye’nin bu alandaki teknolojik yetenekleri de göz önünde bulundurularak geliştirilebilecek yazılım, donanım, hizmet ve uygulamalar konularında ülkemiz 5G ekosisteminin nasıl büyütülebileceğine verimli hale getirilebileceğine ilişkin

¹ İşletmecilere tahsisli olmayan kısımları için.

öneriler ile 5G yol haritalarını içermektedir. Beyaz Kitap içeriği, 5GTR Forum Çekirdek Ağ, Fiziksel Ağ, Hizmet ve Uygulama ile Standardizasyon Çalışma Gruplarında yer alan kamu kuruluşları, işletmeciler, üreticiler, STK'lar, özel sektör temsilcileri ve akademisyenlerimizin katkıları ile oluşturulmuştur.

Beyaz Kitabın birinci bölümü olan “Giriş” bölümünde, mobil haberleşme teknolojilerinin gelişimi ve bu gelişimde yer alacak olan 5G teknolojisinin önemine kısaca değinilerek 5GTR Forumu, 5G Vadisi Açık Test Sahasına, 5GTR Forum kapsamında bugüne kadar yapılan çalışmalara, 5G spektrum planına ve beyaz kitap çalışmasının kapsamına yer verilmiştir.

İkinci bölümü olan “5G Çekirdek Şebekesi” bölümünde; ihtiyaçlar ve eğilimlere, 5G ve Ötesi mimarisine, çekirdek şebeke elemanlarına, yönetim ve orkestrasyona, yazılım tanımlı şebekeye, 5G’yi destekleyen sistemlere, güvenliğe yer verilmekte ve ayrıca bu hususlarla ilgili üst seviye çözümlere, önceliklendirme ve yol haritalarına değinilmiştir.

Üçüncü bölüm olan “5G ve Ötesi Fiziksel Ağ Yapısı” bölümünde öncelikle, dünyada ve Türkiye’de 5G mimarisi ve standartları konularında fiziksel ağa ilişkin yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Dünyada bu alanda gerçekleştirilen standardizasyon çalışmaları incelenmiş, işletmeciler, akademi, araştırma kurumları, kamu ve endüstri kuruluşları tarafından Türkiye’de 5G alanında fiziksel ağa yönelik yürütülen çalışmaların bir özeti yapılmaya çalışılmıştır. Ardından, fiziksel ağ katmanında 5G ve ötesi teknolojiler için mimari öngörüler ve önerileri sunulmuştur. Son olarak, yine ülkemizdeki işletmeciler, kamu kurumları ve özel kuruluşlar ile üniversitelerin konu ile ilgili ihtiyaçları, önerileri ve sahip oldukları yetenekler de değerlendirilerek 5G ve ötesi fiziksel ağ katmanı yol haritaları ile öncelikli proje önerileri dile getirilmiş, 5G ve ötesi fiziksel katman zaman çizelgesi önerisi sunulmuştur.

“5G ve Ötesinde Hizmet ve Uygulamalar” başlıklı dördüncü bölümde otomotiv, sanayi, enerji, sağlık, çevre ve tarım, medya ve eğlence, eğitim, güvenlik ve finans gibi dikey sektörlerdeki 5G teknolojisinin durumu ve önemi; mevcut durum ve pazar, ihtiyaç ve fırsatlar, teknolojiler, örnek uygulamalar ve öneriler değerlendirilerek yer verilmektedir.

“Standardizasyon” başlıklı beşinci bölümde, 5G standardizasyonu ve dünyadaki genel duruma, Ülkemizdeki 5G standardizasyon çalışmalarına, patent ve fikri mülkiyet haklarına, standart ve

patent ilişkisine, Türkiye'de ve dünyada fikri mülkiyet hakları ile ilgili durum ile birlikte standardizasyon ile ilgili sonuç ve önerilere değinilmiştir.

“Fon ve Teşvik Mekanizmaları” başlıklı altıncı bölümde ise ihtiyaçlara, mevcut durumda kullanılacak desteklere, 5G finansmanı için önerilere yer verilmiştir.

Ayrıca, 5GTR Forum Çalışma Grupları tarafından oluşturulan her bölümün sonunda, ilgili alana ilişkin sonuç ve önerilere yer verilmiş olup Beyaz Kitabın son bölümünde genel sonuç ve önerilere ilişkin değerlendirmeler ifade edilmiştir.

2. 5G ÇEKİRDEK ŞEBEKESİ

5G ile birlikte gelecek nesil çekirdek şebeke mimarisinde günümüze kıyasla çok daha esnek, sürdürülebilir ve programlanabilir bir yapının hâkimiyeti söz konusu olacaktır. 5G ile daha yüksek bant genişliği, daha düşük gecikme süresi ve yüksek miktarda verinin desteklenmesi hedeflenmektedir. Donanım bağımlı mimariden, yazılım tabanlı mimariye geçişle birlikte mobil işletmecilerin tedarikçi bağımlılıklarının minimize edilmesi ve şebeke yönetiminin optimizasyonu ile son kullanıcıya sunulacak hizmet kalitesinde artış yaşanacaktır. Hâlihazırda kullanılmakta olan çekirdek şebeke altyapısının geliştirilmesi ve yeni teknolojilerin kullanılmaya başlaması amacıyla ülkemizde mobil iletişim hizmeti sunan işletmecilerin, tedarikçi şirketlerin, üniversitelerin ve teknoloji firmalarının katkıları ile çalışmaların yapılabileceği temel konu başlıkları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- Yönetim ve Orkestrasyon (Management and Orchestration - MANO),
- 5G Çekirdek Şebeke Elemanları,
- Siber Güvenlik,
- IP Multimedya Alt Sistemi Servisleri Şebeke Uygulamaları Görev Kritik Servisler (IMS Services Network Applications Mission Critical Services),
- Cihaz Yönetimi – Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT) Platform
- Şebeke Fonksiyonlarını Sanallaştırma (Network Functions Virtualization - NFV)
- Yazılım Tanımlı Ağ (Software Defined Networking - SDN)
- Ağ Dilimleme (Network Slicing - NS)
- Kendi Kendine Organize Ağlar (Self Organizing Network - SON)
- Şebeke Yeterlilik Maruziyeti Fonksiyonları (Network Capability Exposition Function) - Uygulama Programlama Arayüzü (Application Programming Interface - API) tanımlamaları
- Doğrulama, Yetkilendirme, Hesaplama (Authentication, Authorization, Accounting - AAA)
- Merkezi ve Dağınık Topolojiler
- Senkron ve Senkron Olmayan Ağ Fonksiyonları
- Heterojen Ağlar (HetNet)

5GTR Forum kapsamında yer alan Çekirdek Ağ Çalışma Grubu üyeleri tarafından Türkiye'nin yeni nesil çekirdek şebekesine ilişkin toplantılarda ülkemiz kaynaklarını verimli kullanabilmek ve tüm dünyaya satılabilecek katma değerli teknolojik yerli ürünler sahibi olma hedefi ile teknolojiler önem derecesine göre sınıflandırılarak;

- MANO,
- 5G Çekirdek Şebeke Elemanları,
- Siber Güvenlik

konularına yönelik çalışmaların yapılması kararlaştırılmış ve belirlenen üç konu başlığı üzerine alt çalışma grupları kurulmuştur.

2.1. İhtiyaçlar ve Eğilimler

Kullanıcıya sunulan uygulamaların ve kullanıcı ihtiyaçların değişmesiyle birlikte bu uygulamaların çalışacağı altyapıların da beraberinde desteklenmesi ihtiyacı doğrultusunda, mobil dünyada yeni nesil teknolojiler üzerinde yoğun olarak çalışılmakta, hayata geçirilmekte ve gerek ITU gerekse 3GPP kapsamında tanımlama çalışmaları yapılmaktadır. Teknolojik eğilimlerin ana sebebi uygulamaların artan kullanımı ile yüksek veri transferi ihtiyacının karşılanmasıdır. Bu bağlamda; birinci nesil mobil haberleşme şebekelerinde (1G) analog ses hizmetleri, 2G'de sayısal ses ve SMS hizmetlerine ilave olarak GPRS ve EDGE ile birlikte dar bant mobil internet hizmetleri, 3G'de ise özellikle HSPA ile birlikte genişbant veri iletimi olanaklı hale gelmiştir. Ülkemizde kullanımına geçilmiş olan 4.5G ile daha genişbant olanakları ile video iletimi (streaming) ön plana çıkarılmıştır. Esasında her birerinde daha fazla hız kazanmak yerine, yenilikçi hizmet ve uygulamaların kazanılması ile spektral etkinliğe yönelik geliştirmeler yapılmıştır. Zira son kullanıcı tarafında ses, veri ve görüntü hizmetlerine olan temel ihtiyaç değişmeyip, bu hizmetlerin kazandırdığı yeni olanaklar, bahse konu hizmet ve uygulamaların taşındığı platform ve protokoller görünüm değiştirmiştir.

Günümüzde ise gerek mobil teknolojinin gelmiş olduğu düzey gerekse teknolojinin elverdiği uygulama ve servis çeşitliliği incelendiğinde, beşinci nesil mobil haberleşme (5G) şebeke, altyapı, teknoloji, mimari ve sistemleri ile beklentinin üç ana ihtiyacın karşılanması olduğu görülmektedir. Bu ihtiyaçlar temelde yüksek veri miktarı (eMBB), servis hızı (URLLC) ve bağlantı sayısı (mMTC) olarak sınıflandırılabilir.

5G ağlarında karşılanması beklenen üç temel uygulama çeşidi vardır. Her bir uygulama farklı bir gereksinimi karşılamakta olup 5G ağlarında desteklenmesi beklenen hizmetler ve uygulamalar temelde bu üç uygulama çeşidinin farklı uzantıları olarak konumlandırılmaktadır;

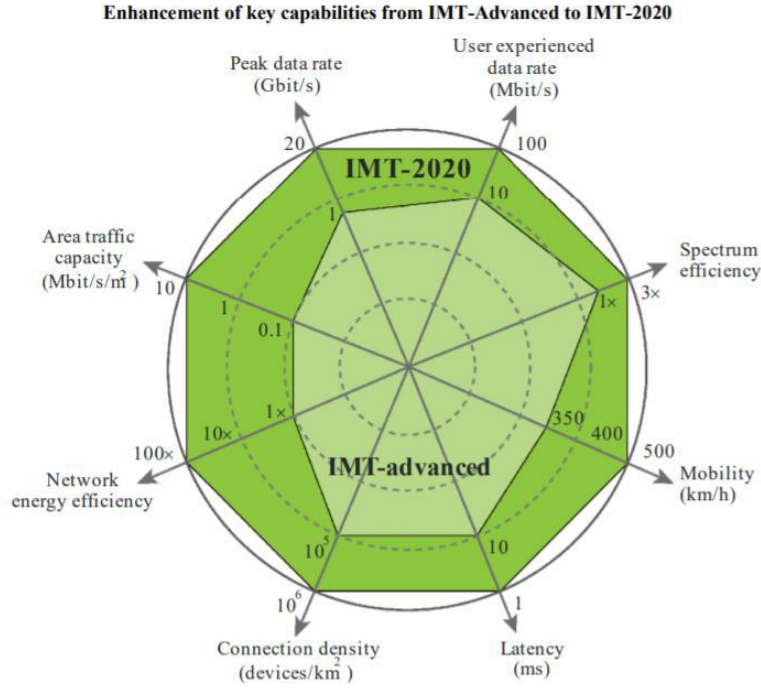
- **Geliştirilmiş Mobil Geniş Bant (enhanced Mobile Broadband-eMBB):** Daha yüksek bant genişliği ile daha yüksek hızda çoğul ortam verisi iletimi.
- **Kitlesel Makine Tipi Haberleşme (massive Machine Type Communications-mMTC):** Makineler arası iletişim ve nesnelerin interneti uygulamalarının desteklenmesi için yüksek miktarda veri bağlantısının eş zamanlı olarak ağ tarafından desteklenebilmesi.
- **Ultra Güvenilir ve Düşük Gecikmeli Haberleşme (ultra-Reliable and Low Latency Communications-uRLLC):** Verilen hizmetin veri iletiminde yüksek garantili olarak gereksinim olan düşük gecikme aralığının sağlanması.

Bu uygulama çeşitleri temelde birbirlerinden ayrı ve bağımsız olup her üç uygulama çeşidinin de aynı anda desteklenebilmesi 5G'nin getirdiği servis sürekliliğinin sağlanması açısından önemlidir.

Günümüz mobil işletmeci altyapıları genellikle sanallaştırma ve yazılım tanımlı ağlar gibi teknolojileri, IoT ve 4G tabanlı sistemleri içermektedir. Bu altyapılar farklı uygulama çeşitlerini desteklemelerine rağmen tamamını tek çatı altında toplayamamaktadır. Bu uygulama tiplerinin kendi özel gereksinimleri olduğu gibi servis sürekliliğinin sağlanması, bütün kullanıcılara tek sistem üzerinden servis verilebilmesi, yüksek sayıda kullanıcı ve bağlantı sayılarının desteklenerek hizmetin aksatılmaması gibi genel 5G ihtiyaçlarına yönelik gereksinimleri de bulunmaktadır. Bu gereksinimler, mobil işletmecilerin altyapılarını 5G teknolojisine geçirmeleri için önemli birer etkidir.

ITU'nun ITU-R M.2083-0 numaralı raporu olan "IMT Vision-Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond" adlı dokümana göre IMT-2020, yüksek veri hızı, kullanıcı deneyimli veri hızı, gecikme, mobilite, bağlantı yoğunluğu, enerji verimliliği, spektrum verimliliği ve bölge trafik kapasitesi olmak üzere sekiz temel yetenekten oluşmaktadır. IMT-2020 sekiz temel yeteneği, Şekil 2-1'de yer almaktadır (ITU, 2015).

Şekil 2-1 IMT 2020 Sekiz Temel Yeteneği



5G ağ gereksinimleri ve sistem özelliklerine yönelik olarak 5G PPP tarafından listelenen başarımlar ölçütleri aşağıda yer almaktadır (5G PPP, 2013):

- Coğrafi alan başına 1000 kat yüksek mobil veri hacmi,
- 10 ila 100 kat fazla bağlı cihaz,
- 10 ila 100 kat daha yüksek tipik kullanıcı veri hızı,
- 10 kat düşük enerji sarfıyatı,
- 1 ms altında uçtan uca gecikme,
- Düşük yoğunluklu bölgeler de dâhil sürekli 5G erişimi,
- Sensör tabanlı uygulamalar da dâhil olmak üzere özgün servislerin ve uygulamaların ağda %20 daha hızlı dağıtımını sağlayan ölçeklenebilir yönetim altyapısı,
- Bu yönetim altyapısı ile ağ yönetim maliyetlerinin bugüne kıyasla en az %20 azalması.

2.2. 5G ve Ötesi Mimarisi

5G sistem mimarisi, ağ işlevlerinin sanallaştırılması ve yazılım tanımlı ağ oluşturma kavramlarına dayanmaktadır (3GPP, 2017). Kontrol düzleminde de servis tabanlı etkileşim öngörülmektedir. Ölçeklenebilir ve esnek bir mimari elde etmek için kontrol ve kullanıcı

(veri) düzlemlerinin ayrılmasının yanı sıra esnek ve etkin ağ dilimleme için modüler ağ fonksiyonları tasarlanmaktadır. Tekrar kullanımın artırılması için ağ fonksiyonları arasındaki ilişkilerin servis tabanlı olarak tanımlanmasının yanı sıra ağ fonksiyonları arasında doğrudan ilişki tanımlanabilmektedir. Erişim ve çekirdek şebekeler arasında bağılılıkların azaltılmasıyla birlikte farklı erişim şebekelerinin uyumunu kolaylaştırmak için ortak bir erişim-çekirdek şebeke ara yüzü tanımlanacak ve birleşik kimlik doğrulama mekanizması desteklenecektir. Ayrıca şebeke fonksiyonlarının “stateless-durum bilgisiz” olarak geliştirilmesi ve hesaplama kaynaklarının depolama kaynaklarından ayrıştırılması hedeflenmektedir. Yerel ve merkezi servislere eş-zamanlı erişilebilmesi ve kullanıcı düzlemi servislerinin son kullanıcılara yakın erişim şebekesinde konuşlandırılacak olması ise bir diğer hedefi oluşturmaktadır. 5G çekirdek ağ mimarisinde altyapının elverişliliğini arttırıcı farklı konu başlıkları olmakla birlikte bazılarına ilişkin tanımlamalara aşağıda yer verilmiştir.

- **Ağ Dilimleme (Network Slicing - NS):** Uygulamaların öncelikleri ve kaynak ihtiyaçları farklılık göstermekte ve günümüz şebekeleri bu ihtiyacı karşılayamamaktadır. Artan veri transferi ihtiyacını karşılayabilmek için kaynakların önceliklere göre kontrol edilmesi gereklidir. Ağ dilimleme özelliği aynı fiziksel altyapı üzerinde birden fazla mantıksal ağın tanımlanmasına olanak sağlar. Fiziksel altyapıdaki kaynaklar bir veya birden fazla dilimler arasında paylaşılabilir. Bu teknoloji sayesinde bir servis için uçtan uca kaynakların doğru şekilde tahsis edilmesi ve servis kalitesinin garanti altına alınması sağlanabilmektedir.
- **Servis Tabanlı Mimari (Service Based Architecture - SBA):** Şebeke fonksiyonlarının birbiriyle entegrasyonu için önerilen yeni mimari olmakla birlikte bu mimari ile bir servis için ihtiyaç duyulan bileşenler hızlı ve esnek bir şekilde entegre edilebilmektedir.
- **Sabit ve Mobil Yakınsaması (Fixed and Mobile Convergence - FMC) :** Abonenin erişim tipinden bağımsız olarak kusursuz bir deneyim yaşayabilmesi amacıyla sabit ve mobil şebekeler arasında en uygun (maliyet etkin, kaynak verimli, sağlıklı vb.) olanına otomatik olarak geçiş yapabilmelerini sağlamaktadır. Bu geçişlerde abonenin servis kalitesi garanti altına alınırken aynı zamanda kimlik doğrulama ve ücretlendirme işlemlerinin yapılması da sağlanmaktadır.
- **Sinyalleşme ve Veri Katmanlarının Ayrıştırılması (Control User Plane Separation - CUPS):** Uçtan uca gecikmenin düşürülmesi ve trafik yükünün koşullara göre dinamik olarak ayarlanması ancak veri ve sinyalleşme katmanlarının

ayrıştırılması ile mümkün olmaktadır. Bu yöntemle, trafik tipi ve durumundan bağımsız şekilde şebeke elemanların genişletilmesi ve esnek kaynak kullanımı mümkün hale gelecektir.

- **Sanallaştırma (Virtualization):** Şebeke fonksiyonlarının donanımdan ve altyapıdan bağımsız hale getirilmesidir. Uygulamalar şebeke içinde müsait olan herhangi bir kaynaktan hizmet alabilecek ve bu sayede kaynakların verimli ve esnek kullanılması sağlanacaktır.
- **Servis İşlev Zinciri (Service Function Chaining - SFC):** Bir servise ilişkin kullanıcı verisi için fiziksel ağ üzerinde dinamik bir yol yapılandırması sağlayan teknolojidir. Bu teknoloji ile kullanıcı verisi sadece ihtiyaç duyulan servislere iletilerek işlenir.
- **Mobil Uç Nokta Bilişimi ve Yeni Veri Merkezi Yapısı (Multi-access Edge Computing - MEC, Data Center- DC):** Ultra-düşük gecikme süreleri, çok yüksek bant genişliği ve gerçek zamanlı şebeke verilerine (abone konumu, hücre yükü vb.) erişim sağlanarak katma değerli servislerin aboneye en yakın noktada üretilmesi ile şebeke yükünün uç birimlere aktarılmasını hedefleyen teknolojidir. Bu teknoloji ile veri katmanı da mobil şebekede uçta aboneye en yakın noktada yer alır. Bu yapı yardımı ile katmanlı veri merkezleri gerçekleştirilebilir. Yeni veri merkezi yapısında ihtiyaca göre esnek ve dinamik bir şekilde ihtiyaç duyulan noktalarda şebeke fonksiyonu konumlandırılabilir. Böylece uç birimler servisleri kendi üzerlerinde sağlayarak şebeke trafiğinin optimize edilmesine yardımcı olurlar.
- **Yazılım Tanımlı Şebeke (Software Defined Networking - SDN):** Bu teknoloji ile geniş/yerel ağların yazılım tabanlı yönetimi sağlanır ve ağın durumu gözlemlenerek şebeke trafiği en uygun şekilde yönetilir. Böylece kullanıcı trafiğinin ihtiyaç duyduğu hız, düşük gecikme gibi gereksinimler gerçek zamanlı olarak karşılanır.
- **Yönetim ve Orkestrasyon (Management and Orchestration-MANO):** Sanallaştırılmış şebeke altyapısının yönetildiği, yaşam döngüsü, konfigürasyon, hata ve performans yönetiminin yapılarak gerekli aksiyonların gerçek zamanlı alınmasını sağlama fonksiyonudur.

2.3. Çekirdek Şebeke Elemanları

5G mimarisi, heterojen erişim teknolojileri ve değişkenlik gösteren servis bileşenlerinin yönetimi için mevcut teknolojilerden daha esnek bir çekirdek şebeke ihtiyacını karşılamak

zorundadır. Bu mimari aynı zamanda farklı uygulama ve trafik tipleri için ortaya çıkan ihtiyaçları karşılayabilecek dinamik bir yapıya sahip olmalıdır.

5G ile ortaya konulan bu yenilikçi yaklaşım geniş bir perspektiften farklı sektörlerin yakınsaması ve daha fazla yenilikçi değerin ortaya çıkmasına altyapı oluşturmaktadır.

5G mimarisinin gereksinimlerini karşılayacak teknolojiler; SBA, şebeke dilimleme, CUPS, FMC, NFV, SDN, servis orkestrasyonu/otomasyonu teknolojileri ile hayata geçecektir. NFV, SDN, CUPS, servis orkestrasyonu/otomasyonu gibi birçok 5G gereklilikleri hâlihazırda hayata geçirilmeye başlanmıştır.

5G Çekirdek Şebeke açısından ortaya konulan yeni yaklaşım ile çekirdek şebeke elemanları şebeke fonksiyonları olarak konumlandırılmış, böylece sadece ihtiyaç duyulan fonksiyonların kullanıldığı farklı servis dilimleri oluşturulması amaçlanmıştır.

4G çekirdek şebekeden 5G çekirdek şebekeye geçişin en önemli adımlarından biri olarak CUPS mimarisi tanımı, 3GPP Release 14'de tamamlanmıştır. Kontrol ve kullanıcı düzlemlerini birbirinden ayırıştırılarak gecikmeyi düşürmek, trafik tipi ve durumuna göre bağımsız şekilde uygulama işlevlerinin elemanların boyutlandırılması ve kaynak kullanımının verimli hale getirilmesi, yazılım-tanımlı bir mimari ile kullanıcıların veri trafiğinin verimli şekilde taşınması amaçlanmıştır.

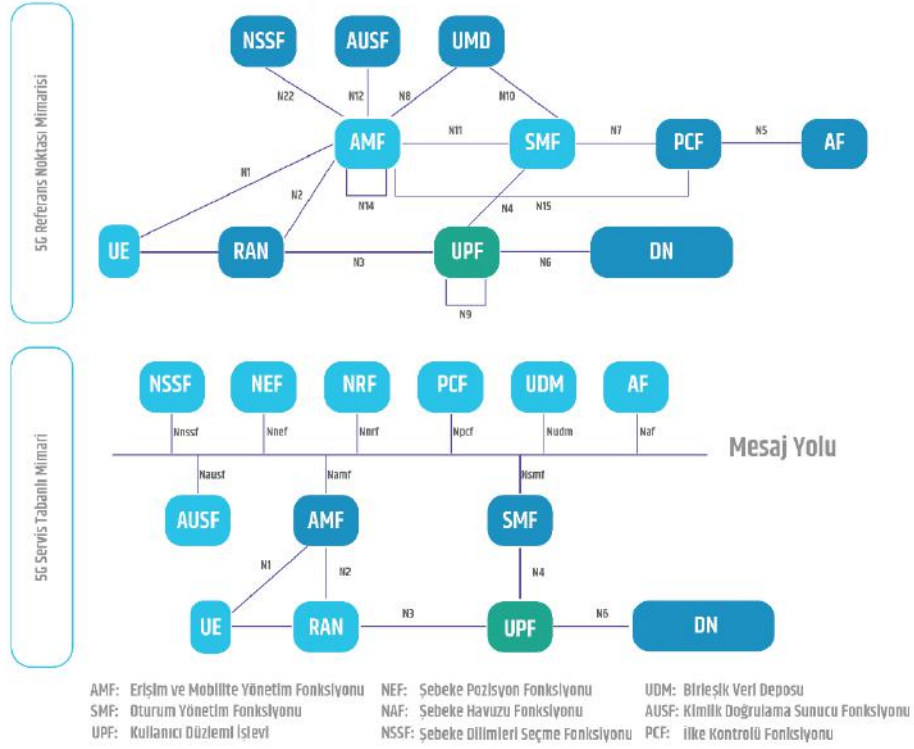
2.3.1. Üst seviye çözümler

2.3.1.1. Gelecek nesil çekirdek

5G çalışmaları, 3GPP tarafından Release 15 çalışmalarıyla başlamıştır. Bu çalışmalar bünyesinde üst seviye 5G mimarisi 3GPP TS 23.501: “System Architecture for the 5G System” tanımlama dokümanı ile tanımlanmış ve bu mimari içerisinde tanımlanan bileşenler tarafından çalıştırılması beklenen yöntemler de 3GPP TS 23.502: “Procedures for the 5G System” dokümanında tanımlanmıştır. Her iki doküman da 5G ağında bulunması gerekli olan bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkisi anlatılmaktadır. Bölüm 2.3.1.'de bahsi geçen fonksiyonlar, 3GPP TS 23.501, 3GPP TS 23.502, 3GPP TS 23.214, 3GPP TS 29.244 ve 3GPP TS 29.500 dokümanlarında tanımlanmış olup fonksiyonlara ilişkin detaylar söz konusu

dokümanlarda yer almaktadır. Bu dokümanlarda tanımlanan ağın yapısı Şekil 2-2’de gösterilmektedir.

Şekil 2-2 5G Sistem Mimarisi



Bu mimaride dikkati çeken öğeler aşağıda listelenmiştir:

- Kontrol ve veri düzlemlerinin ayrıştırılarak birbirinden bağımsız olarak ölçeklendirilmesi,
- Modüler, servis tabanlı mimari,
- Metot ve yöntemlerin servis olarak sunulmasıyla tekrar kullanımın sağlandığı yapı,
- Bütün ağ fonksiyonlarının birbirleriyle doğrudan iletişim kurabileceği mesajlaşma alt yapısı
- Fiziksel ağ ile çekirdek ağ arasındaki bağımlılıkların en aza indirilmesi ve 3GPP olmayan bağlantıların da çekirdek ağ tarafından doğrudan desteklenebilir hale getirilmesi,
- Kimlik doğrulama altyapısının birleştirilmesi,
- Depolama ve hesaplama bileşenlerinin ayrıştırıldığı durum bilgisi taşımayan ağ fonksiyonları,

- Ağ yeteneklerinin ağ dışına bildirilmesi ve ağ dışından kullanılabilmesi için gerekli olan “yeterlilik maruziyeti - capability exposure” yeteneğinin desteklenmesi,
- Lokal ve merkezi servislerin eş zamanlı desteklenmesi ve bu amaçla veri düzleminin fiziksel ağa yaklaştırılması.

5G ağ mimarisi, servis tabanlı olarak tanımlanmıştır. Bunun sonucunda mimaride yer alan bileşenler ağ fonksiyonları olarak tanımlanmakta, ortak olarak tanımlanan bir arayüz altyapısı üzerinden herhangi bir ağ bileşeniyle doğrudan haberleşme kurulmasına ve bu bileşenden talep edilen servislerin kullanımına imkân sağlamaktadır. Farklı servislerin sunulduğu ve farklı bileşenlerin birbirine erişim ihtiyacı olduğu bu mimaride, kontrol düzlemi bileşenleri arasında da bir servis veri yolu tanımlanmıştır.

Şekil 2-1’de yer alan çizim 5G mimarisindeki bileşenler arasında tanımlanan referans noktalarını gösteren bir mimari şemadır. Bu referans noktaları, HTTP REST tabanlı ve JSON formatında verilerin taşındığı arayüzleri tanımlamaktadır.

Şekil 2-1’de alt kısımda yer alan çizimde ise 5G servis tabanlı mimari yapısında yer alması öngörülen veri yolu ve bu veri yolu üzerinden iletişim kuran diğer kontrol düzlemi bileşenleri yer almaktadır. Veri yoluna erişim için kullanılan servis tabanlı arayüzler ayrıca şekilde yer almaktadır. Bu çizimde kullanıcı verisinin hızlı iletimi ve kapasite ihtiyacının karşılanması için veri düzlemi bileşenleri arasında daha hızlı doğrudan iletişime dayalı arayüzler (referans noktaları) tanımlanmıştır. Kullanıcı verisinin tanımlanması ve iletimi için gerekli olan Radyo Erişim Ağı (Radio Access Networks - RAN), Kullanıcı Cihazı (User Equipment - UE), Erişim ve Mobilite Yönetim Fonksiyonu (Access and Mobility Management Function - AMF), Kullanıcı Düzlemi Fonksiyonu (User Plane Function - UPF), Oturum Yönetim Fonksiyonu (Session Management Function - SMF) ve Veri Şebekesi (Data Network - DN), ana mimari bileşenleri arasında tanımlanan referans noktaları (N1, N2, N3, N4 ve N6), doğrudan ağın performansını etkileyeceğinden referans noktalarının hızlı çalışan arayüzlere sahip olması gerekmektedir.

2.3.1.2. Erişim ve mobilite yönetim fonksiyonu (Access and mobility management function - AMF)

5G'nin en önemli fonksiyonlarından birine sahip olan ağ elemanları arasında yer almaktadır. 4G şebekesindeki Mobility Yönetim Komponenti (Mobility Management Entity - MME) bileşenine benzer fonksiyonları yerine getirmektedir. Temel olarak abonenin hareketliliğini, şebekeye erişimi ve bağlantısını kontrol etmektedir.

Aşağıda temel fonksiyonları listelenmiştir:

- RAN üzerinden kontrol mesajlarının (Kontrol Düzlemi (Control Plane - CP)-N2) işlenmesini sağlar.
- Erişim Dışı Katman (Non-access Stratum – NAS) -N1 mesajlarının sonlandırılmasını ve işlenmesini sağlar.
- Mobil cihazın ağa kaydını (registiration) yönetir.
- Bağlantı Yönetimini (Connection Manager-CM) yapar.
- Ulaşılabilirlik yönetimini yapar.
- Mobilite yönetimini yapar.
- Yasal dinleme yönetimini yapar.
- UE ile SMF arasında mesaj ulaşımını sağlar.
- Oturum Yönetimi (Session Management - SM) mesajlarının saydam şekilde iletilmesini sağlar.
- Erişim kimlik doğrulaması yapar.
- Erişim yetki doğrulaması yapar.
- Kullanıcı cihazı ile Kısa Mesaj Servis Fonksiyonu (Short Message Service Function – SMSF)
- Kimlik Doğrulama Sunucu Fonksiyonu (Authentication Server Function – AUSF) ile Evrensel Abone Kimlik Modülü (Universal Subscriber Identity Module - USIM) bazlı Güvenli içerik yönetimini yapar.
- 3GPP dışındaki erişim için 3GPP Olmayan Arayüz Fonksiyonu (Non 3GPP InterWorking Function - N3IWF) için N2 mesajlarını işlenmesi sağlar.
- N3IWF üzerinden bağlanan kullanıcı cihazların kimlik doğrulamasını yönetir.
- 3GPP dışındaki erişim için Kayıt Yönetimi (Registration Management - RM) ve CM yardımcı olur.

2.3.1.3. Oturum yönetim fonksiyonu (Session management function - SMF)

Oturum Yönetim Fonksiyonunu yerine getiren modüldür. 4G LTE şebekelerde Paket Veri Geçişi (Packet Data Gateways - PGW) kontrol mesajlarını yöneten fonksiyonlara benzer işlemleri yerine getirmektedir. SMF temel olarak oturumları yönetir. UPF ile AN arasındaki kullanıcı cihazın oturumlarının kurulması, değışikliğı ve sonlandırılması işlemini yönetir. Bu kapsamda aşağıdaki işleri yapmaktadır:

- Kullanıcı cihaza, İnternet Protokolü (Internet Protocol - IP) adresi atanması yönetimini yapar.
- DHCP4 ve DHCP6 fonksiyonlarını yerine getirir.
- ARP proxy görevini yapar.
- Trafiğın doğru bir şekilde yönlendirilmesini sağlar.
- İlke Kontrolü Fonksiyonu (Policy Control Functionality - PCF) ile mesajlaşma işlemleri yapar.
- Oturumların yasal dinleme yönetimini yapar.
- Ücretlendirme verilerini toplar ve ücretlendirme sistemi ile haberleşir.
- UPF ile ücretlendirme verilerinin toplanmasını koordine eder.
- NAS mesajlarını SM kısımlarını sonlandırır.
- Download yönünden veri bildirimini yönetir.
- Oturumun servis devamlılığını (Session and Service Continuity - SSC) belirler ve yönetir.
- Aşağıdaki dolaşım (roaming) işlevini yönetir;
 - Ziyaret Edilen Kamu Alanı Mobil Ağı (Visited-Public Land Mobile Network - VPLMN)'deki servis kalitesi parametrelerin yönetir.
 - VPLM'deki ücretlendirme verilerini toplar ve ücretlendirme sistemi ile haberleşir.
 - VPLMN'de Yasal Dinleme arayüzü ile haberleşir.

2.3.1.4. Kullanıcı düzlemi fonksiyonu (User plane function - UPF)

Kullanıcı cihazı (User Equipment - UE) ile veri ağı (Data Network - DN) arasında çift veya tek yönlü veri iletişimini sağlar. 4G LTE şebekelerindeki PGW modülünün kullanıcı düzlemi (User Plane - UP) işlevlerini yerine getirir:

- Veri şebekesine bağlanan harici PDU oturum noktasıdır.
- Paket gönderme yönlendirme işlemlerini yapar.
- Veri haberleşmesindeki Kalite Servis yönetimini yapar.
- Paket tip belirlemesi yapar ve paket tipine göre yönetim kurallarını belirler.
- Kullanıcı verileri için Yasal Dinleme arayüzü sağlar.
- Trafik ve veri kullanım raporlaması yapar.
- Kullanıcı cihazdan veri şebekesine gidecek trafiğin sınıflandırılmasını sağlar.
- Sınıflandırılmış kullanıcı verilerini farklı kollara ayrılarak farklı UPF'ler üzerinden farklı şebekelere yönlendirir.
- Yukarı yönlü (uplink) veya aşağı yönlü (downlink) paket işaretlemesi yapar.
- Aşağı yönlü paket biriktirme yapar ve uç birime aşağı yönlü veri olduğu bilgisini iletir.

2.3.1.5. İlke kontrolü fonksiyonu (Policy control function - PCF)

Veri paketlerinin kullanımı sırasındaki politikaların (ilkelerin) yönetilmesini sağlar. 4G LTE şebekelerindeki PCRF modülüne benzer fonksiyonlara sahiptir.

Temel olarak aşağıdaki işlemleri yerine getirir;

- Ağ davranışını yönetmek üzere politikaların yönetimini sağlar.
- Kontrol düzlemi işlevlerine uygulaması gereken politika ve kuralları sağlar.

2.3.1.6. Şebeke pozisyon fonksiyonu (Network exposure function - NEF)

3GPP ağ işlevlerinin kabiliyet ve servislerini gösterme ve kullandırma işlevlerini yerine getirir. Harici Uygulama Fonksiyonları (Application Function - AF) ile iç Ağ Fonksiyonları (Network Function - NF) arasında bilgi değişimi görevini görür. Bu servis ve kabiliyetler, Şebeke Pozisyon Fonksiyonu (Network Exposure Function - NEF) tarafından Birleşik Veri Deposu (Unified Data Repository - UDR)'na kayıt yapılır ve talep eden NF'e iletilir.

2.3.1.7. Şebeke havuzu fonksiyonu (NF repository function - NRF)

NF'nin servis arama fonksiyonlarını yerine getirir. Arama yapmak isteyen NF'nin istemiş olduğu NF'leri bulur ve arayan ile paylaşır. Arama bilgisi için aşağıdaki bilgiler ile Şebeke Havuzu Fonksiyonu (Network Repository Function - NRF)'na kayıt yapılır.

- Ağ fonksiyon numarası
- Ağ tipi
- PLMN (mobil şebeke) numarası
- Ağ dilim türü ve numarası (Network Slice Instance Identifier - NSI ID)
- Kapasite
- Sağlanan işlevler

2.3.1.8. Birleşik veri yönetimi (Unified data management - UDM)

Bu Ağ Fonksiyon 4G LTE ağlarındaki Ana Abone Sunucusu (Home Subscriber Server-HSS) fonksiyonlarına karşılık gelmektedir.

Temel olarak aşağıdaki işlemleri yerine getirir:

- Kullanıcı kimlik doğrulama
- Servis abonelik yönetimi
- Kullanıcı servis aboneliklerine göre erişim haklarının yönetimi
- Hizmet verecek Ağ Fonksiyonlarının belirlenmesi
- Servis/oturum yönetimi desteği
- MT/ Kısa Mesaj Servisi (Short Message Service – SMS) dağıtım yönetimi
- Yasal Dinleme desteği
- SMS yönetimi

2.3.1.9. Şebeke dilimleri seçme fonksiyonu (Network slice selection function - NSSF)

Hizmet verilecek UE'ye, NS seçimini yapar. İzin verilen ağ dilimleri ile abone olunan ağ üyeliklerin eşleştirilmesini ve yönetimini yapar. Yapılandırma bilgilerini ve NRF'den sorgulana AMF kümelerine göre hizmet verecek AMF kümesinin belirlenmesini yapar.

Şebeke dilimi seçme fonksiyonu aşağıdaki fonksiyonları destekler:

- UE'ye hizmet verecek NS kümesini seçme,
- Gerek duyulduğunda abone olunan NS'nin izin verilen NS'ye eşleştirilmesi,
- NRF'in sorgulanarak UE'ye hizmet verecek AMF kümesini belirleme.

2.3.1.10. Uygulama fonksiyonu (Application function - AF)

Uygulama fonksiyonları 3GPP ağ elemanları ile etkileşime girerek bir takım servislerin kullanıcılara verilmesini sağlar.

2.3.1.11. Kimlik doğrulama sunucu fonksiyonu (Authentication server function - AUSF)

Kullanıcı cihazının 5G çekirdek şebekeye bağlanması sırasında kimlik doğrulama fonksiyonunu yerine getirir.

2.3.1.12. 3GPP Olmayan arayüz fonksiyonu

UE'nin 5G çekirdek şebekeye 3GPP olmayan (WLAN gibi) erişimlerden bağlanmasını sağlayan fonksiyondur. Mevcut standart sürümde sadece güvenli (trusted) ve 3GPP olmayan erişimlere izin verilecektir.

- UE ile IPSec arasında tünel kurulmasını sağlar. Kullanıcı cihazdan IPSec protokolü ile gelen mesajlar N3IWF'de sonlanır ve N2 protokol mesajlarına çevrilerek 5G Çekirdek Şebekeye kimlik doğrulama vb. mesaj olarak iletilir.
- N2 ve N3 kontrol ve kullanıcı düzlemi mesajlarını sonlandırır.
- UE ile AMF arasındaki N1 (NAS) mesajları için röle görevi görür.
- SMF tarafından gelen ve AMF tarafından rölenen N2 sinyalleşmesini yürütür.
- UE ile UPF arasındaki kullanıcı düzlemi paketleri için röle görevi yapar.
- N3 Paket işaretlemesine karşılık gelen Hizmet Kalitesi (Quality of Service - QoS) ayarlaması görevini yerine getirir.
- Şebekeye doğru giden trafik için kullanıcı düzlemi paketlerini işaretler.

2.3.1.13. Birleşik veri deposu (Unified data repository - UDR)

Yapısal olmayan (unstructured) verilerin saklanması ve okunması gibi opsiyonel fonksiyonları yerine getirir.

Aşağıdaki fonksiyonları yürütmektedir:

- Birleşik Veri Yönetimi (Unified Data Management - UDM) tarafından talep edilen abonelik verilerinin saklanması ve okunması işlevi,
- PCF tarafından talep edilen politika/kural verilerinin saklanması ve okunması işlevi.

2.3.1.14. Kısa mesaj servis fonksiyonu (SMS function – SMSF)

NAS üzerinden SMS fonksiyonunu desteklemek üzere aşağıdaki işlevleri yerine getirmektedir:

- SMS abonelik kontrolü yapar.
- UE'den gönderilen SMS için SMS- Anahtarlama Merkezi Ağ Geçidi Mobil Hizmetleri (Gateway Mobile Services Switching Center - GMSC) / Anahtarlama Merkezi Mobil Hizmetler Arayüzü (Interworking Mobile Services Switching Center–IWMSC) SMS-Router doğru röle görevi yapar.
- SMS-GMSC/IWMSC/SMS-Router dan gelen SMS'leri UE'ye gönderir.
- SMS Çağrı Detay Kaydı (Call Detail Record - CDR) kayıtlarını oluşturur
- Yasal Dinleme arayüzüne sahiptir.
- AMF ile SMS-GMSC etkileşimi sırasında UE'ye mesaj gönderimi sırasında erişimde sorun çıkarsa UDM'e bilgilendirme yapar.

2.3.1.15. Şebeke dilimleri seçme fonksiyonu

Şebeke Dilimi Seçme Fonksiyonu aşağıdaki fonksiyonları destekler:

- UE'ye hizmet verecek NS kümesini seçme,
- Gerek duyulduğunda abone olunan NS'nin izin verilen NS'ye eşleştirilmesi,
- NRF'in sorgulanarak UE'ye hizmet verecek AMF kümesini belirleme.

2.3.1.16. Ekipman kimlik kaydı (Equipment identification registration – 5G EIR)

Kullanıcı cihazının kayıtlı cihaz mı yoksa kara listede olan cihaz mı olduğunun kontrolünü sağlar.

2.3.1.17. Konum yönetim fonksiyonu (Location management function - LMF)

Kullanıcı Cihaz konu ile ilgili aşağıdaki fonksiyonları içermektedir:

- UE'nin konumunun belirlenmesi destekleme
- UE'ya doğru trafik (downlink) ölçümü ile konum belirleme
- UE'den şebekeye doğru trafik (uplink) ölçümü ile konum belirleme
- NG RAN yardımıyla konum belirleme

2.3.1.18. Uç güvenlik koruma vekil fonksiyonu (Security edge protection proxy - SEPP)

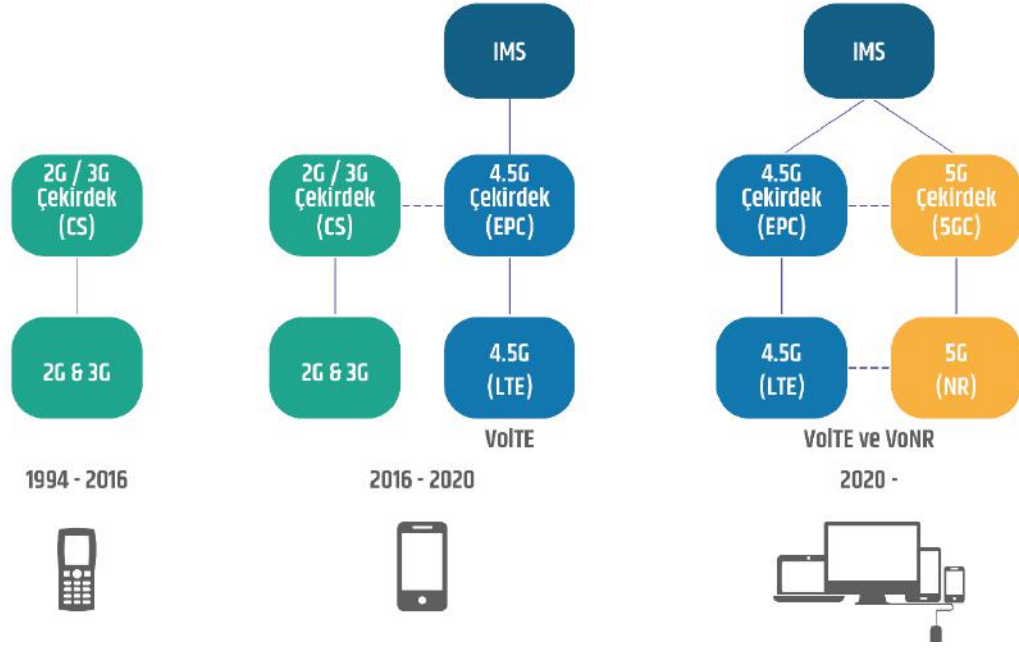
Uç Güvenlik Koruma Vekil fonksiyonu aşağıdaki görevleri yerine getirmektedir:

- PLMN'ler arası kontrol ara yüzlerinden gelen mesajların politika ve kurallara göre filtrelenmesi
- Ağ topolojisinin gizlenmesi

2.3.1.19. 5G Üzerinden ses servisi

5G üzerinden ses servisi için 3GPP tarafından tanımlanan mimari gereği IMS şebekesi kullanılacaktır. 5G ses servisi için mevcut IMS şebekelerine yeni bir erişim tipi tanımlanması haricinde ciddi bir etki beklenmemektedir. 2G'den 5G'ye ses servisi mimarisi Şekil 2-3'de yer almaktadır.

Şekil 2-3 2G'den 5G'ye Ses Servisi Mimarisi



2.3.2. Önceliklendirme ve yol haritası

5G Çekirdek Şebeke elemanlarının geliştirilmesi süresi aşağıdaki gibi fazlara bölünmüştür.

2.3.2.1. Faz-1 kapsamı

Faz-1, 2018 Yılı'nın üçüncü çeyreği ve 2019 Yılı'nın dördüncü çeyreğini içermektedir.

- AMF
- SMF
- UPF
- AUSF
- PCF
- UDR
- NEF
- NRF
- Şebeke Dilimleri Seçme Fonksiyonu (Network Slice Selection Function - NSSF)

- Ekipman Kimlik Kaydı (Equipment Identity Register - 5G-EIR): Yasal gerekliliklerin yerine getirilmesinin yanı sıra ağda yetkisiz cihazların kullanımına karşı koruma sağlayan bu fonksiyon opsiyonel olarak Faz-1 kapsamında geliştirilebilir.

2.3.2.2. Faz-2 kapsamı

Faz-2, 2020 Yılı'nın birinci çeyreği ve 2021 Yılı'nın ikinci çeyreğini içermektedir.

- UDM
- UDSF
- SMSF
- 5G-EIR
- LMF
- SEPP
- AF: Bu fonksiyon ilgili uygulamayla beraber geliştirilmelidir.

2.3.2.3. Faz-3 kapsamı

Faz-3, 2021 Yılı'nın üçüncü çeyreği ve 2023 Yılı'nın birinci çeyreğini içermektedir.

- N3IWF

2.3.3. Çekirdek şebeke elemanları için zaman planı

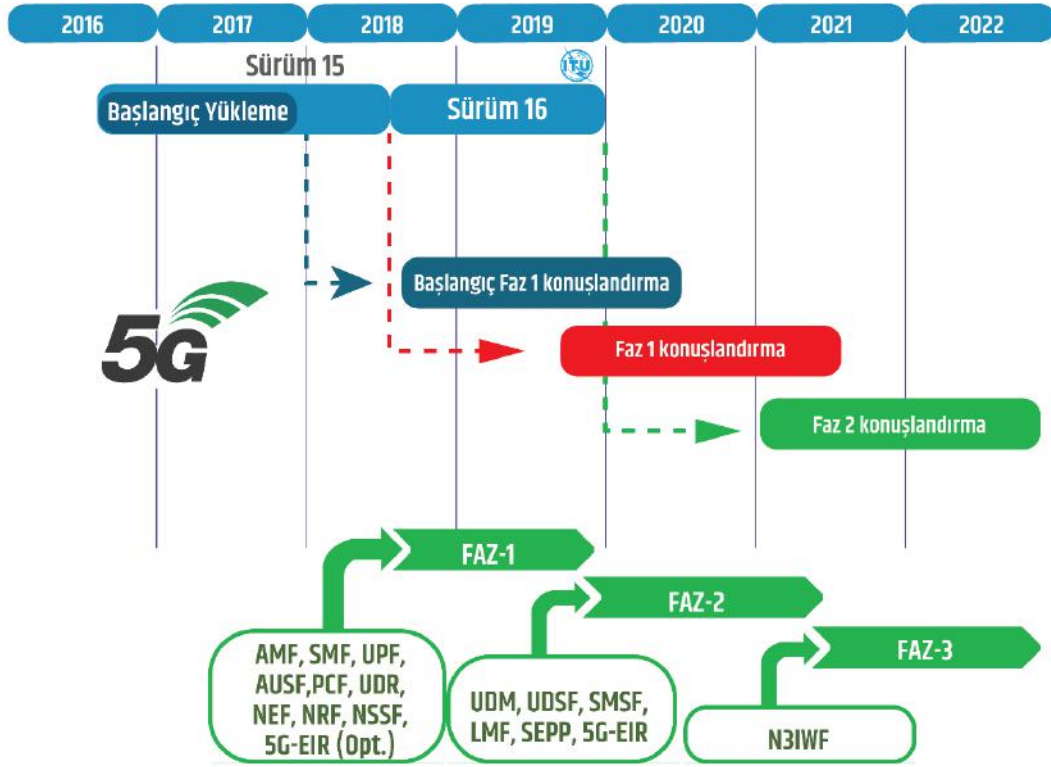
Yerli ve milli olarak geliştirilecek çekirdek şebeke elemanları için zaman planı, 3GPP 5G yol haritası ile uyumlu olacak şekilde Tablo 2-1 ve Şekil 2-4'de belirtilmiştir.

Tablo 2-1 Çekirdek Şebeke Elemanları Zaman Planı

Faz Kapsamı	YILLAR					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Faz-1	Q3 (Üçüncü Çeyreği)	Q4 (Dördüncü Çeyreği)				

Faz-2			Q1(Birinci Çeyreği)	Q2 (İkinci Çeyreği)		
Faz-3				Q3(Üçüncü Çeyreği)		Q1(Birinci Çeyreği)

Şekil 2-4 Çekirdek Şebeke Elemanları Zaman Planı



2.4. Yönetim ve Orkestrasyon

4.5G ile birlikte hayatımıza girmeye başlayan yazılım tabanlı şebeke yaklaşımı sektörde yaygın bir şekilde kabul görmüştür. Bu mimari ile şebeke ekipmanları üreticisi ya da şebeke elemanları tabanlı özel donanım ihtiyacı ortadan kalkmış olup tüm şebeke elemanları için standart tip donanım (örneğin Intel X86 Mimarisi) kullanılabileceği için işletmecilere yatırım ve işletme maliyetleri anlamında ciddi avantajlar sağlanmaktadır.

Ayrıca şebekelerde kullanılacak standart donanım bileşenlerinin üretim ve tedarik süreçleri çok daha hızlı olabileceği için işletmeciler, kapasite artışı, yeni ürün veya servis geliştirme işlemlerini çok daha kısa sürelerde sağlayabileceklerdir.

Yukarıda anlatılan yazılım tabanlı şebeke mimarisinin tüm teknik standartları, ETSI bünyesindeki NFV ISG (Endüstri Spesifikasyon Grubu) tarafından belirlenmiştir. Bu standartlarda yazılım tabanlı şebekelerde çalışan servislerin, şebeke elemanlarının yönetimi ve birbirleri ile entegre bir şekilde otomatik olarak çalışabilmeleri için MANO katmanına ihtiyacı bulunmaktadır.

5G ve ötesi teknolojilerde tüm şebeke elemanları yüksek oranda yazılım tabanlı olacaktır. Yazılım tabanlı şebeke bileşenlerinin ve servislerinin ihtiyacı olan Yönetim ve Orkestrasyon Katmanı hem teknik hem stratejik olarak çok kritik bir konumda bulunmaktadır.

MANO, ETSI'nin mimarisini tanımladığı NFV yapısı içindeki yönetim ve orkestrasyon görevlerinin yerine getirildiği katmandır. Temel olarak Sanal Şebeke Fonksiyonu (Virtualised Network Function - VNF)'nin yaşam döngülerinin yönetildiği VNF Yöneticisi (VNF Manager - VNFM) ve şebeke servislerinin yaşam döngülerinin yönetildiği, diğer bir deyişle Servis Orkestrasyonunun sağlandığı Şebeke Fonksiyonu Sanallaştırma Orkestratörü (NFV Orchestrator - NFVO) rollerini içermektedir.

Endüstride yaygın olarak kullanılan bazı VNF üreticilerinin VNFM ürünleri bulunmamaktadır. Gerek bu durumun getireceği ürünü ticarileştirme fırsatları gerekse VNF'lerin yaşam döngülerinin sağlıklı bir şekilde yönetilebilmesi için VNFM ürününün yerli ve milli olarak geliştirilmesi sonucunda katma değeri yüksek getiriler sağlanacaktır.

VNFM ürününün, standartlara ve ETSI NFV arayüzleri tanımına uygun olması gerekmektedir. Söz konusu VNFM ürününün geliştirilmesi esnasında dikkat edilmesi gereken hususlardan bazıları aşağıda yer almaktadır:

- ETSI NFV Mimarisinde tanımlı olan Sanallaştırılmış Altyapı Yöneticisi (Virtualized Infrastructure Manager - VIM) katmanında açık kaynak kodlu OpenStack dağıtımları ve ilgili arayüzler desteklenmelidir.
- Türkiye ve bölgedeki temel düzenleyici (regülatif) ihtiyaçlar desteklenmelidir. Örneğin, operasyonel loglama, izleme, kullanıcı doğrulama, yetki kontrolü, güvenlik, vb.

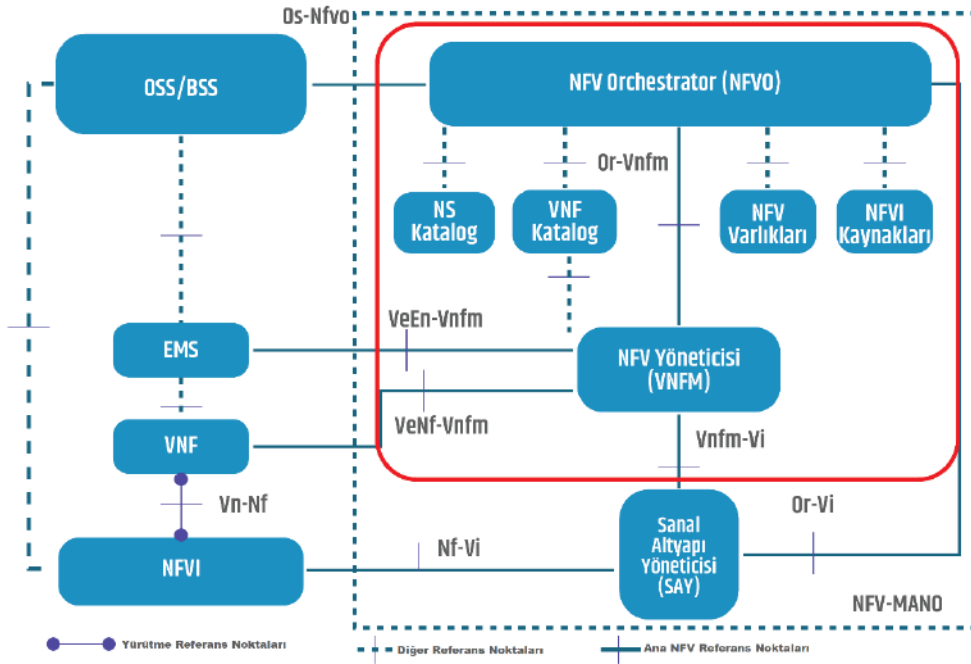
- ETSI NFVO’da tanımlı olmayan Fiziksel Ağ İşlevi (Physical Network Function - PNF) orkestrasyon akışlarında desteklenmelidir. Ayrıca 5G ile ilgili orkestrasyon ihtiyaçları belirlenerek geliştirmeler yapılmalıdır. Örneğin ETSI’de tanımlı olmayan ancak 5G ile ilgili gereksinimlerden olan Servis ve Kaynak Orkestrasyon Katmanları desteklenmelidir.

Türkiye’de geliştirilecek olan şebeke fonksiyonlarının temel Alarm, Konfigürasyon, Performans ve Güvenlik Yönetimi (Fault Configuration Accounting Performance Security-FCAPS) ihtiyaçları için Şebeke Bileşenleri Yönetim Sistemi diğer bir deyişle Element Yönetim Sistemi (Element Management System – EMS) katmanına ihtiyaç duyulmaktadır. 5G kapsamında geliştirilecek yerli şebeke fonksiyonlarının tamamına hepsine hizmet edebilecek bir EMS katmanı beklentisi bulunmaktadır.

2.4.1. Üst seviye çözümler

ETSI tarafından tanımlanmış olan “Ağ Fonksiyonları Sanallaştırması Mimari Yapısı - Network Functions Virtualisation Architectural Framework GS NFV 02 V1.2.1” altyapısına uygun olarak VNF Yöneticisi ve NFV Orkestratör işlevleri ile bu işlevlerin çevre birimler ile standart arayüzleri sağlaması gerekmektedir. ETSI NFV mimari yapısı, Şekil 2-5’de yer almaktadır (ETSI, 2014).

Şekil 2 5 ETSI NFV Mimarisi



2.4.1.1. Şebeke fonksiyonu sanallaştırma orkestratörü

Şebeke altyapısının entegre biçimde yönetiminin sağlanması amacıyla geliştirilmesi hedeflenen NFVO ürününün aşağıda yer alan özellikleri gerçekleştirmesi önem arz etmektedir:

- Şekil 2-4’de gösterildiği üzere ETSI mimarisinde yer alan Operasyonel Destek Sistemleri (Operational Support Systems - OSS)/İş Destek Sistemleri (Business Support Systems – BSS) ile arasında bulunan Os-Nfvo, VNFM’ler ile arasında bulunan Or-Vnfm ve VIM ile arasında yer alan Or-Vi arayüzlerini desteklemelidir.
- VIM desteği olarak ilk hedeflenen Openstack olmalıdır.
- Çok kiracılı (multi-tenant) bir yapıyı desteklemesi ayrıca servis yöneticisi ve sistem yöneticisi gibi farklı kullanıcı rollerini desteklemelidir.
- Şebeke servisleri (Network Services), VNF ve VNF Yönlendirme Grafiği (VNF Forwarding Graph - VNF-FG) konuşlandırma işlemleri yapılabilir. Şebeke servislerinin ilk yükleme, ölçeklendirme, performans ölçümü ve sistemden kaldırma gibi yaşam döngü kontrolleri yapılabilir.

2.4.1.2. VNF yöneticisi

2.4.1.2.1. Sanal şebeke fonksiyonu

5G haberleşme teknolojisi ile donanım ve sanallaştırma alanında hızla gelişen yeni teknolojiler artık birçok hizmetin donanımdan bağımsız, kolayca taşınabilir ve tamamen yazılım olarak verilmesi olanağını sağlamıştır. Bu durum altyapının daha verimli ve esnek kullanılmasını sağlayarak, işletme, bakım ve yatırım maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olduğu için ulusal ve uluslararası birçok ağ işletmecisinin bu yönde altyapı değişim projeleri başlatmasına neden olmuştur. 5G mimarisinde tüm altyapının NFV tabanlı olması hedeflenmektedir. NFV altyapılarını ve bu altyapılara uygun VNF servislerini kullanan ulusal ve uluslararası şebeke işletmecileri mevcut donanım bağımlı, statik konfigüre edilen altyapılardan kurtularak yeni nesil paket işleme, trafik optimizasyonu, dinamik ölçeklenebilirlik gibi yeni nesil iletişim uygulamalarının gerek duyduğu çeviklik ve esnekliği sağlayabileceklerdir.

Haberleşme ağları için tasarlanan uygulamaların ve çözümlerin bulut bilişim uygulama çözümlerine göre karşılaması gereken ek özellikleri bulunmaktadır. Haberleşme sistemleri için geliştirilen VNF uygulamaları iletişim kalitesini ve gerçek zamanlı davranışı garanti edebilmek için çeşitli servis kalitesi ve parametrelerini desteklemeli, yüksek erişilebilirlik ve yedek ihtiyaçlarını yerine getirebilmelidir. Bu uygulamalar, aynı zamanda otomatik olarak kurulabilmeli, dinamik olarak ölçeklenebilmeli ve yaşam döngüsünü otomatik olarak sağlayabilmelidir.

2.4.1.2.2. VNF yöneticisi

Şebeke işletmecileri, alt yapılarını NFV/SDN destekler hale getirirken, bu değişimin doğal bir sonucu olarak kullanıcılarına sunmakta oldukları servis ve ürünlerinin de oluşturdukları bu yeni ortama uyumlu ve NFV alt yapısı ve yönetim birimleri (MANO) ile çalışabilir olmasını bekleyecektir. Dolayısıyla konuşlandırılan VNF'lerin çeşitli üst ve alt yönetim birimleri ile birlikte çalışabilmesi amacıyla VNF Yöneticisi ihtiyacı bulunmaktadır.

VNF Yöneticisi, NFV yönetimi mimarisinde oldukça kilit bir konuma sahiptir ve her NFV altyapısında hem verimlilik hem de güvenlik açısından önemlidir.

Mesajlaşma, hem çağrı tabanlı katma değerli hizmetler ve diğer tüm şebeke elemanları için dünyada ticari olarak canlı sistemler üzerinde çalışan VNF ve VNF Yöneticisi 5G teknolojisinin olmazsa olmazları arasında ilk sıralarda yerlerini almaktadır. Yerli olarak üretilecek VNF Yöneticisinin en önemli katkılarından biri, mobil işletici şebekesinde hem uygulamaların hem de çekirdek şebeke elemanlarını yerli bir merkez üzerinden yönetilebilir hale getirmesidir. Yerli ve milli olarak geliştirilmesi planlanan ürünlerin, iç pazara sunulmasının yanı sıra yurt dışında da pazarlanabilecek şekilde üretilmesi gerekmekte olup çalışmalar bu hassasiyetle sürdürülmelidir.

VNF Yöneticisi ürününün aşağıda yer alan teknik özellikleri ve gereksinimleri karşılması beklenmektedir:

- VNF ve altyapı üreticilerinden bağımsız olarak, standart ya da açık arayüzleri desteklemelidir.
- VNF'lerin yaşam döngüsü yönetimini ve otomatik büyüme/küçülme (auto-scale in/out) işlemlerini yönetmelidir.
- VNF'lerin kurulumu, sistemden kaldırılması, yaşam döngüsü kontrolü ve performans takibi yapılabilirdir.
- Söz konusu VNF Yöneticisi ürününün geliştirilecek olan adaptör vasıtasıyla mimari olarak yeni ve birden fazla VNF'leri desteklemesi sistemde avantaj sağlayacaktır.
- Ayrıca VNF Yöneticisi ürününün ETSI mimarisinde yer alan aşağıdaki VNF Yöneticisi arayüzlerini desteklemesi gerekmektedir:
 - EMS ile VeEn-Vnfm arayüzü
 - VNF ile VeNf-Vnfm arayüzü
 - VIM ile Vnfm-Vi arayüzü
 - NFVO ile Or-Vnfm

2.4.1.2.3. Servis orkestrasyonu

Uçtan uca servislerin orkestrasyonu, sağlayacağı otomasyon ve verimlilik sebebiyle 5G şebekeleri için vazgeçilmez bir unsur olarak görülmektedir.

Geliştirilecek orkestratör, şebeke elemanlarını desteklemeli, rekabetçi olması açısından, tercihen, tüm 5G şebeke fonksiyonlarını yönetebilecek şekilde, farklı VNF Yöneticisi ve VIM ile entegre olmasına uyum sağlayacak standart ya da açık arayüzlere sahip olmalıdır.

2.4.2. Önceliklendirme ve yol haritası

Yönetim ve Orkestrasyon katmanı içerisinde yer alması planlanan ürünlere ilişkin yol haritası aşağıda yer almaktadır:

- **Faz-1:** VNFM ve EMS ürünlerinin ilk sürümlerinin hazır edilmesi
- **Faz-2:** SO (Servis Orkestrasyonu) ürününün ilk sürümlerinin hazır edilmesi
- **Faz-3:** Faz-1 ve Faz-2 deki ürünlerin ticari sürümlerinin tamamlanması

Yönetim ve orkestrasyon katmanı için planlanan ürünlere ilişkin yol haritası zaman planı Tablo 2-2’de yer almaktadır.

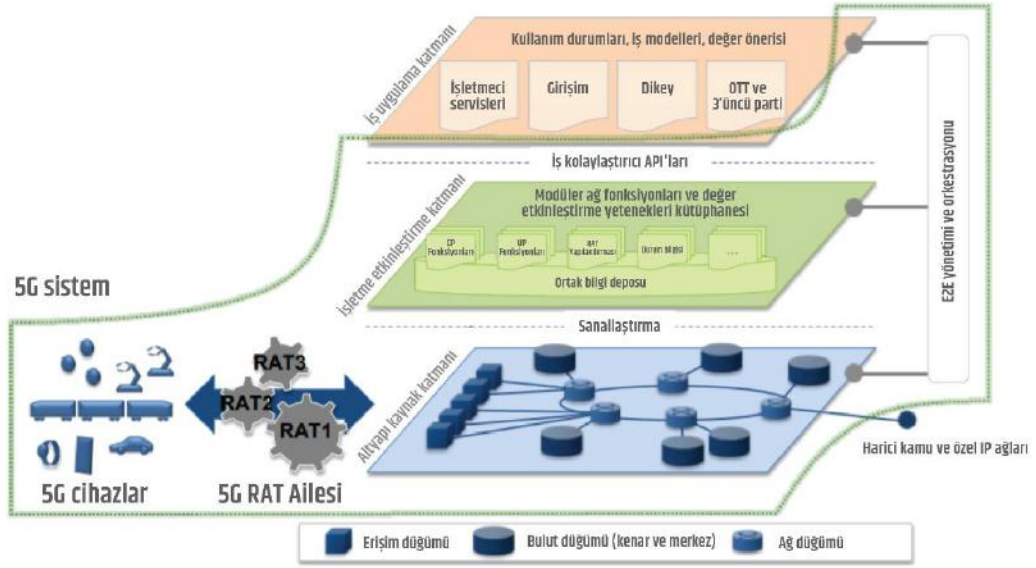
Tablo 2-2 Yönetim ve Orkestrasyon Katmanı İçin Planlanan Ürünlere İlişkin Yol Haritası Zaman Planı

FAZ KAPSAMI	YILLAR	
	2019	2020
Faz-1	İlk Yarısı	
Faz-2	İkinci Yarısı	
Faz-3		İkinci Yarısı

2.5. Yazılım Tanımlı Şebeke

SDN teknolojisi, gelişen ağ teknolojileri yapısında gittikçe önem kazanan bir teknolojidir. 5G teknolojisinin temel yapı taşlarından olan SDN teknolojisinin temel kullanım alanı, geniş/yerel ağların yazılım tabanlı yönetimini sağlamak ve ağın trafik durumunu gözlemleyerek trafiği en uygun şekilde yönetmektir. Bu kullanım amacı ile SDN, 5G konseptinin ihtiyaç duyduğu düşük gecikme, yüksek hız ve esneklik gibi birçok isteri karşılamaktadır. 5G çekirdek ağ mimari yapısına, Şekil 2-6’da yer verilmektedir (NGMN, 2015).

Şekil 2-6 5G Çekirdek Ağ Mimarisi



Günümüzde yer alan ağların üzerinden geçen veri trafiği ve protokol karmaşası göz önüne alındığında, özellikle büyük ağları yöneten kurum ve kuruluşlarda; ağ yönetimi, ağlarda ortaya çıkan problemler ve performans kaygıları ön plana çıkmaktadır. Yazılım tanımlı ağlar, kontrol ve veri düzlemini ayırarak, gerek performans kaygılarını, gerekse yapı ve protokol karmaşıklığını olabildiğince azaltmayı amaçlamaktadır. SDN teknolojisi, ağ yöneticilerine yönetim ve işletme kolaylığı getirirken, maliyet anlamında da İşletme Giderleri (Operating Expenses - OPEX) ve Sermaye Giderleri (Capital Expenditures - CAPEX) avantajı getirmektedir. Bu avantaj ise ağı yönetecek olan kurum ve kuruluşların satıcıya bağımlılık (vendor lock-in) problemini ortadan kaldırarak ortaya çıkmaktadır. Marka bağımsız protokol havuzu ve marka bağımsız cihazlarla servis veren bir ağ, açık kaynak yazılım ve donanımlar ile birlikte çalışarak, ağı işletecek kurum ve kuruluşlara esneklik, güçlü altyapı ve teknolojiye tümüyle hâkim olma avantajı sağlamaktadır.

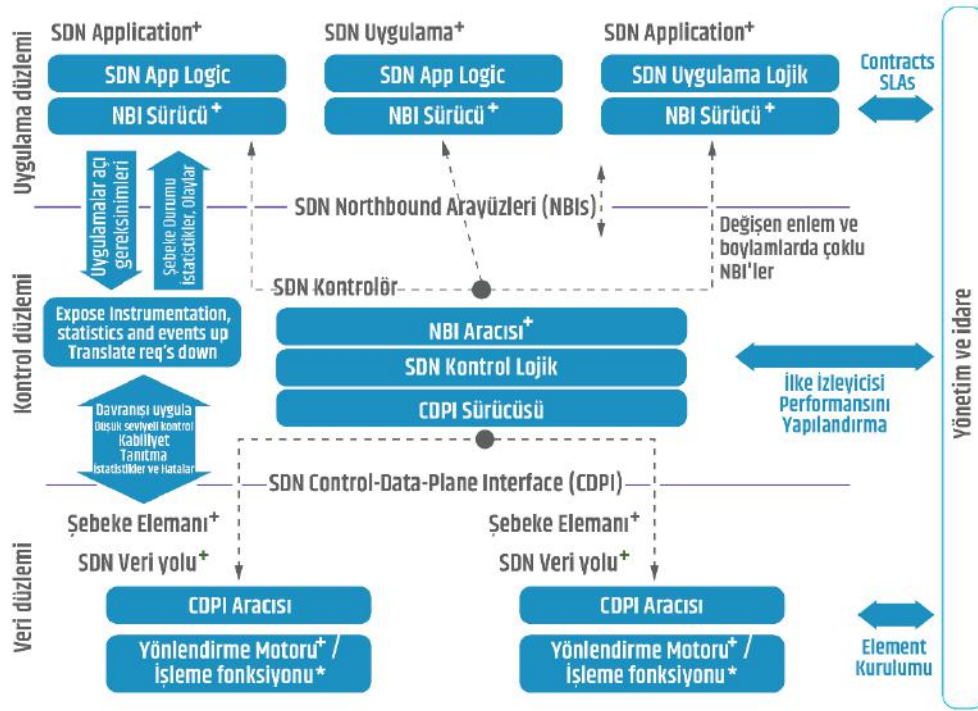
Ağ otomasyon ve politika tabanlı trafik yönetim kabiliyetleri ile ağlarda öneme haiz olan güvenlik ve QoS gibi hizmetlerinin hızlı ve yazılım tabanlı verilmesi amaçlanmaktadır. Ağ güvenliği kapsamında yer alan yetenekleri sayesinde hâlihazır ağlarda mümkün olmayan broadcast ağların (VLAN gibi) iç ataklara karşı korunması, atakların otomatik olarak algılanması ve aksiyon alınması özelliği ile kurum ve kuruluşların hem iç hem de dış ataklara karşı güçlendirilmesinde görev almaktadır. Bu sayede merkezi trafik yönetimi ve provizyonu

ile verilecek servislerin karakterleri ve kişi haklarına kadar detaya inerek ayrıntılı trafik yönetimi ve ağ gözlemi/güvenliği yapılabilir.

2.5.1. Üst seviye çözümler

SDN Çözümü “Ağ Yönetim Birimi” olarak adreslenmektedir. 2013 yılında Açık Ağ Oluşturma Vakfı (Open Networking Foundation - ONF) tarafından ortaya çıkan SDN çözüm aile mimarisi, Şekil 2-7’de yer almaktadır (ONF, 2013).

Şekil 2-7 SDN Çözüm Aile Mimarisi



SDN Çözümleri Kapsamında yer alan çözüm birimleri şu şekilde yer almaktadır:

1. **SDN Kontrolcü:** Ağ elemanlarının yönetiminden sorumlu olan birimdir. SDN Kontrolcü uygulama katmanı ile veri katmanı arasında yer almaktadır. SDN Kontrolcü, kendi modülleri üzerinden veya uygulamalarla entegre olarak ilgili ağın bütün trafik mühendisliğini ve yönetimini yapabilmektedir. Bugün gelinen noktada gerek açık kaynak çalışmalarla, gerekse açık arayüzlerin getirdiği avantajlarla SDN Kontrolcü ve Uygulama entegrasyonları hızlanmıştır.

2. **SDN Uyumlu Ağ Elemanları:** Ağ elemanları geleneksel şebekede yer alan anahtarlayıcı/yönlendiricilere benzemekle birlikte farklı SDN Kontrolcü tarafından veri düzleminde yönetilebiliyor olmasıdır. Kontrol ve veri düzleminin ayrıldığı SDN konseptinde, veri düzleminde yer alan ağ elemanları veri işleme ve paket yönlendirme işlemlerini yapmaktadır.
3. **Arayüzler:** Kuzey Arayüzü (Northbound Interface - NBI) REST API desteğiyle SDN Kontrolcünün uygulamalarla iletişimini sağlar. Kolay tasarım ve açık kaynaklı olması nedeniyle uygulama entegrasyonu hızlı ve kolay olabilmektedir. Güney Arayüzü (Southbound Interface - SBI) ise SDN Kontrolcü - Ağ Elemanları arasında yer alan bir arayüzdür.
4. **SDN Uygulamaları:** Kuzey arayüz vasıtasıyla SDN Kontrolcü ile iletişime geçerler. Genelde üst katmanda yapılacak işler için kullanılmaktadırlar. 4'üncü katman ile 7'inci katman arasında yapılacak işlemler SDN Kontrolcü'ye aktarılır ve gelen bu istekler kurallara dönüştürülerek ağ elemanlarına iletilir. SDN Uygulamalarını kabaca şu başlıklar altında inceleyebiliriz:
 - **Güvenlik Uygulamaları:** Ağ üzerinde olabilecek DoS, DDoS, Man-in-the-middle gibi atakların otomatize olarak yakalanması ve yazılım tabanlı olarak atakların ortadan kaldırılması gibi yetenekler bu uygulamalarda yer almaktadır. Derin Paket Denetimi (Deep Packet Inspection), URL Filtreleme gibi uygulamalar da bu kapsamda yer almaktadır.
 - **Akıllı Ağ ve Gözlem Uygulamaları:** Ağ üzerinde yer alan trafiklerin gözlemlenmesi, trafik akışlarının izlenmesi, ağ eniyileme ve alarm yönetim uygulamaları bu grupta yer almaktadır.
 - **Trafik Mühendisliği/Yönetimi Uygulamaları:** Kullanıcının veya servislerin ihtiyaçları doğrultusunda ağın üzerinde yer alan trafiğin akıllı trafik algoritmalarıyla en uygun rotalardan geçirilmesi ve hizmet politikaları ile birleştirilmesi gibi konularla ilgilenir. Ağda oluşacak herhangi bir sıkıntıda (anahtarlayıcılar arasındaki bağlantılarda yaşanan problem vb.), trafiğin karakteristiği ve ağın anlık durumuna göre ilgili trafiği en optimal yönlendirilmesi gibi yetenekler bu başlık altında değerlendirilebilir.

2.5.1.1. Servis fonksiyon zincirleme

SFC, SDN yeteneklerini kullanarak, ağ fonksiyonlarından (L4-L7 Firewall, NAT, DPI, IpSec vb.) tanımlanmış zincirler oluşturup sınıflandırılmış trafikleri bu zincirler üzerinden yönlendirme işlemidir. SFC çözümünün sistem üzerinde hem CAPEX hem de OPEX anlamında önemli avantajları vardır. Ayrıca yeni bir servis eklemek için dışarıdan elle müdahale gerekmekte ve kesinti durumları yaşanmaktadır. SFC çözümü bu gibi ihtiyaçları çok daha esnek, “vendor lock-in” problemi olmadan, kolay ve kesintisiz sağlayabilmesi bakımından büyük önem arz etmektedir.

2.5.1.2. Yazılım tanımlı geniş alan ağı

Yazılım Tanımlı Geniş Alan Ağı (Software Defined Wide Area Network – SD-WAN) çözümü, taşra teşkilatı veya birden fazla lokasyonda ofisleri olan kurum ve kuruluşların ağ yönetimini, merkezi ve yazılım tabanlı yapmaktan sorumludur. Günümüzde büyük ve dağıtık mimaride olan ağların trafik yönetiminin yapılması, alarm ve gözlem yönetiminin yapılması, ağ kararlılığının sağlanması, hata tespit ve çözümlere ivedilikle aksiyon alınması ve güvenlik uygulamalarının her lokasyonda hızlı bir şekilde devreye alınması ve işletilmesi gibi konular ağ yönetim sorunları olarak ortaya çıkmaktadır. Büyük kurumların kullandığı Çok Protokollü Etiket Değiştirme (Multiprotocol Label Switching - MPLS) gibi ağ erişim altyapıları halen maliyet-etkin ve esnek yapılar olamamakla beraber SD-WAN çözümü ile ağ optimizasyonu gerçekleştirerek kurum/kuruluşların ihtiyaçları kadar ve etkin veri kaynaklarının kullanılması amaçlanmaktadır. Bu servis kalitesini artırırken, maliyetleri de düşürecek olan bir tekniktir.

SD-WAN çözümüyle kurum ve kuruluşlar aşağıdaki yetenekleri kazanacaktır:

- **Topoloji Yönetimi:** Geniş alan ağda yer alan cihazların keşfedilmesi, gözlemlenmesi
- **Merkezi Yönetim:** Merkezi SDN kontrolcü, NFV ve uygulama katmanları ile dağıtık yapıdaki bütün elemanları provize edebilme, yönetebilme ve aktifleştirme/pasifleştirme yeteneği
- **Ağ Erişim Yönetimi:** Gruplar, kişiler ve servisler bazında ağ erişim haklarının belirlenmesi ve hakların anlık olarak verilip/alınması
- **Fonksiyon Sanallaştırma:** Firewall ve Birleşik Tehdit Yönetimi (Unified Threat Management - UTM) gibi meşakkatli operasyonlar ve yüksek maliyetler gerektiren

geleneksel kurulumların, merkezi ve yazılım tabanlı olarak hizmete sokulması, lisans yönetiminin merkezi yapılması. Güvenlik ve ağ yetenekleri konusunda zayıf kalan taşra teşkilatlarının uç noktaya koyulan yeteneklerle uçtan-uca ağ güvenliğinin sağlanması

- **Hibrit Geniş Alan Ağ Desteği:** Ofislerden çıkan trafiğin tipine veya kritikliğine göre LTE, DSL, MPLS gibi erişim altyapılarını beraber kullanma olanağı, ağ optimizasyon ve maliyet-etkin erişim imkanı
- **Trafik Mühendisliği ve QoS:** Kişi veya servis bazlı olarak iç ağda trafiği önceliklendirme, ihtiyaca göre ağ kaynaklarını takvimleme ve trafiği en uygun rotadan yönlendirme, QoS ve hız limitleme değerlerini atama, ekstra güvenlik önlemleri ekleme ve paket üzerinde başlıkları değiştirme özelliklerinin kazandırılması
- **Uçtan-Uca Güvenlik:** Ofislerin çıkışlarında yer alacak güvenlik uygulamaları ile tekil kullanıcıya kadar detaylı siber güvenlik çözümleri, uçtan uca otomatik VPN servisleri ve ofisler arası şifreli patikalardan trafiğin aktarılması
- **Servis Zincirleme Desteği:** Farklı kullanıcı ve servis tiplerine göre politika tabanlı servis zincirleme yeteneği sayesinde servis aktivasyonunun aylar mertebesinde dakikalar mertebesine indirilmesi,
- **Ağ Erişim Yönetimi:** Gruplar, Kişiler ve Servisler bazında ağ erişim haklarının belirlenmesi ve hakların Geniş Alan Ağ'da merkezi ve anlık olarak verilip/alınması
- **Zero-Touch Provisioning:** Saha ve operasyonel maliyetlerin minimum seviyeye getirilmesi, yazılım tabanlı merkezi yönetim ve servis verme hizmetlerinin sağlanması

2.5.1.3. Yazılım tanımlı yerel alan ağı

Yazılım Tanımlı Yerel Alan Ağı (Software Defined Local Area Network - SD-LAN) çözümü kurum ve kuruluşların kendi yerel ağlarını yönetmek için kullanılan bir “yazılım tanımlı ağ yönetim” sistemidir. Geleneksel ağlarda var olan sorunların SDN yetenekleri ile çözülmesi amaçlanmaktadır. SD-LAN çözümüyle kurum ve kuruluşlar aşağıdaki yetenekleri kazanacaklardır:

- **Topoloji Yönetimi:** Kalabalık ağlarda yer alan elemanların topolojisinin saniyeler mertebesinde çıkarılması, kontrollü ağ yönetimi

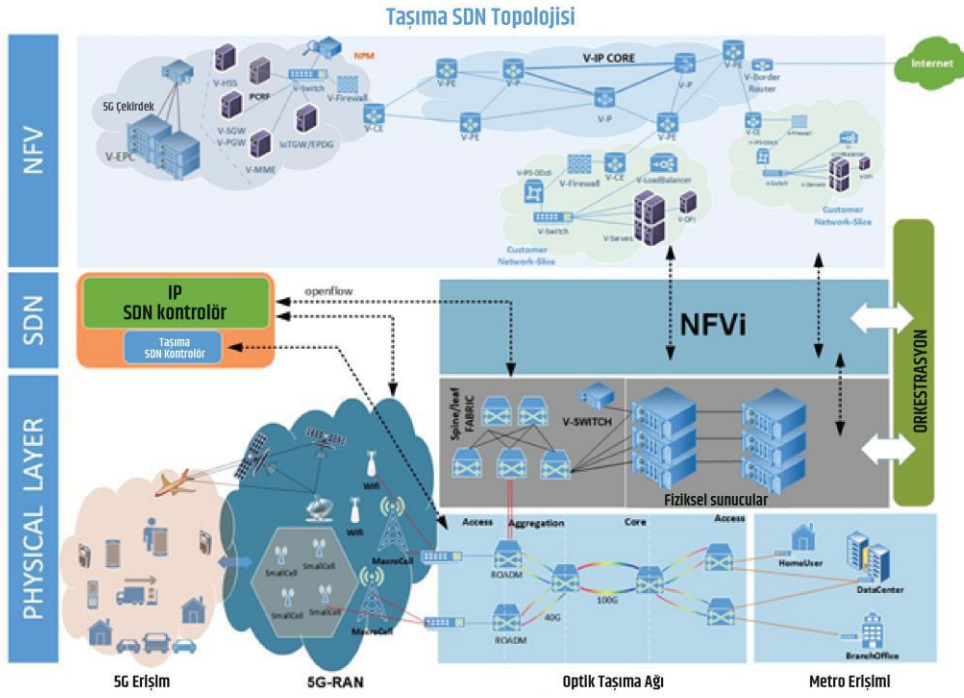
- **Merkezi Yönetim:** Merkezi Kontrolcü ve uygulamalar vasıtasıyla merkezi alarm, gözlem ve konfigürasyon yönetiminin yapılması, ağ trafiğinin sınıflara göre akıllı şekilde yönlendirilmesi
- **Ağ Erişim Yönetimi:** Gruplar, kişiler ve servisler bazında ağ erişim haklarının belirlenmesi ve hakların anlık olarak verilip/alınması
- **Cihaz Yönetimi:** Kendi Cihazını Getir (Bring Your Own Device - BYOD) özelliği ve cihazların kişilere özel ağ erişim yönetim haklarının verilmesi
- **Ağ Sanallaştırma:** Aynı fiziksel altyapıyı, farklı gruplar, birimler veya kişiler için dilimleyerek farklı QoS'lerin politika olarak atanması, ağ provizyonunun yapılması
- **Güvenlik Uygulamaları:** Firewall/UTM uygulamalarının sadece ağ giriş/çıkışlarında yer aldığı bir ağda, broadcast ağlarda (aynı VLAN ve vb.) güvenlik tedbiri alınamamaktadır. SDN çözümü sayesinde içeriden oluşacak DoS gibi ataklar otomatik olarak tespit edilebilmekte ve ilgili haberleşme durdurulabilmektedir. Bu sayede atak yapan tarafın ağ elemanı ile iletişimi kesilirken, aynı ağ üzerinde servis alan kişiler bu kesintiden etkilenmemektedir.
- **802.1X Desteği:** AAA gereksinimi duyan cihazlar için 802.1X ve LDAP desteğinin SDN üzerinden verilmesi
- **Trafik Mühendisliği ve QoS:** Kişi veya servis bazlı olarak iç ağda trafiği önceliklendirme, ihtiyaca göre ağ kaynaklarını takvimleme ve trafiği en uygun rotadan yönlendirme, QoS ve veri limitleme değerlerini atama, ekstra güvenlik önlemleri ekleme ve paket üzerinde başlıkları değiştirme özelliklerinin kazandırılması şeklindedir.

2.5.1.4. Yazılım tanımlı aktarım şebekesi

5G teknolojisi ile birlikte yeni nesil servisler, mobil işletmecilerin trafik hacmini önemli ölçüde arttıracaktır. Transport-SDN, mevcut taşıyıcı şebeke kaynaklarının etkin şekilde kullanımını için şebeke katmanları arasında SDN özelliklerini sağlayarak merkezi bir orkestrasyon ve yönetim birimi oluşturur. Çok katmanlı (Multi-Layer) SDN kontrol katmanı sayesinde IP ve Transport şebekeleri, 5G şebekede sunulan hizmetler için hedeflenen servis kalitesini sağlamak amacıyla uçtan uca ağ kaynaklarını yönetir. Yazılım tanımlı aktarım şebekesi topolojisine Şekil 2-8'de yer verilmektedir².

² ULAK Haberleşme Uçtan-Uca 5G Çözüm Mimarisi

Şekil 2-8 Yazılım Tanımlı Aktarım Şebekesi Topolojisi



2.5.1.5. Mobil şebeke işletmecileri için yazılım tanımlı ağlar

Mobil çekirdek şebekede, PGW ve Paket Veri Ağı (Packet Data Network – PDN) arasındaki arayüz olan S-Gi arayüzü arkasında kurulan ağ servis fonksiyonlarının işletildiği bölüm GiLAN servis katmanı olarak adlandırılmaktadır. SDN ve NFV mimarileri üzerine inşa edilmiş GiLAN altyapısı, tedarikçi bağımlı olma “vendor lock-in” probleminin açık kaynak yazılımlarla çözülmesi, kontrol katmanının ayrılması sayesinde canlı ortamda yapılandırılıp yönetilebilmesi, VNF’lerin kolaylıkla provizyon edilip yönetilebilmesi, SFC politikalarının tanımlanıp uygulanması ve yönlendirmelerin dinamik olarak belirlenmesi imkanlarını sağlamaktadır (IETF, 2013).

2.5.1.6. Yazılım tanımlı mobil şebeke

SDN altyapısının mobil işletmelerde kullanım alanlarından biri de yeni nesil çekirdek ağ altyapısıdır. Uçtan uca yalıtılmış (Network Slicing) sanal ağlar kurularak aynı fiziksel altyapı üzerinde farklı müşteri gruplarına yazılım tabanlı ağ yönetimleri sayesinde izole mobil ağlar

oluşturulabilmektedir. Bu da başta kamu güvenliği olmak üzere, IoT, görev kritik servisler gibi birçok kullanım alanı yaratmaktadır. Kontrol ve veri düzleminin ayrışması ve çekirdek ağ elemanlarının yetenekleri SDN teknolojisi ile entegre edilmesi geleneksel çekirdek ağ mimarisine yeni bir boyut katmıştır.

2.5.2. Önceliklendirme ve yol haritası

Ülkemizin 5G teknolojilerinde söz sahibi olması, ağ yönetimlerinde yerli ve milli siber güvenlik çözümleri, kritik altyapılarda dış bağımlılıktan kurtulması gibi stratejik kararlarda SDN/NFV çözümlerine insan ve teknoloji yatırımları yapması büyük avantaj sayılacaktır.

5G Kapsamında geliştirilecek SDN/NFV çözümleri için yerli ve milli ürünlerin yol haritası aşağıda yer almakla birlikte zaman planına Tablo 2-3’de yer verilmektedir.

- **Faz-1:** SDN/NFV ürünlerinin ilk sürümlerinin hazır edilmesi
- **Faz-2:** Faz-1 ürünlerin ticari sürümlerinin tamamlanması

Tablo 2-3 SDN/NFV Çözümleri İçin Yerli ve Milli Ürünler İçin Zaman Planı

FAZ KAPSAMI	YILLAR	
	2019	2020
Faz-1	İlk Yarısı	
Faz-2	İkinci Yarısı	
Faz-3		İkinci Yarısı

2.6. 5G’yi Destekleyen Sistemler

4G ve 5G şebekelerinde native ses çağrısı, VoIP altyapısı üzerinden yürütülmektedir. Ayrıca, ETSI ve 3GPP mobil veri şebekelerinde VoIP altyapısı olarak IMS seçilmiştir.

2.6.1. Üst seviye çözümler

2.6.1.1. VoLTE

4G ve 5G şebekelerde veri tabanlı uçtan uca ses ve video çağrısı yapılabilmesini sağlayan sistemdir. IMS tabanlı bir sistem olup; VoIP altyapısı olarak Çekirdek IMS (IMS Core) kullanılır. Uzun Süreli Gelişim Üzerinden Ses (Voice over Long-Term Evolution – VoLTE) ve IMS, sesli ve videolu çağrı yapılabilmesi için entegre çalışmaktadır.

2.6.1.2. IP multimedya alt sistemi (IMS)

IMS mobil şebekelerdeki veri-tabanlı mesajlaşma, ses ve video çağrılarının yapılabilmesini sağlayan VoIP altyapısıdır. Ayrıca, Zengin İletişim Sistemi (Rich Communication System - RCS) gibi yeni nesil haberleşme sistemleri de IMS çekirdek ile ilişkilidir. 4G ve 5G şebekelerde IMS olmaksızın VoLTE native mesajlaşma, ses ve video çağrısı yapmak mümkün değildir. Bunun yanında, RCS (Rich Communication System) gibi yeni nesil haberleşme sistemleri de IMS core'a bağlıdır. IMS Core'un yerli ve milli olması faydalı olabilir ama dünyada bu konuda çok fazla üretici olduğu ve yüksek maliyet gerektiren bir sistemdir. IMS core yapılması yerine IMS tabanlı uygulamaların öncelikli yapılması önerilmektedir. Bu kapsamda IMS tabanlı uygulamaların artırılması ve kullanıcı, sektör kategorisine göre çeşitlendirilmesi gerekmektedir.

2.6.1.3. Kamu güvenliği ve görev kritik bas konuş

Kamu güvenliği ve kamu sağlığı gibi alanlarda sesli ve videolu olarak veri iletişim ihtiyaçlarını karşılayan iletişim ağı ve servisidir. Ordu, polis, itfaiye, ambulans ve sağlık, orman, özel güvenlik, tren yolları çalışanları ve özel sektör gibi alanlarda servis sağlamaktadır. Örneğin bir doğal afet esnasında, mobil kullanıcılar çağrı yapamazken şebeke, Görev Kritik Bas Konuş (Mission Critical Push-to-Talk - MCPTT) kullanıcıları çağrı yapabilmektedir.

2.6.2. Önceliklendirme ve yol haritası

Gerek IMS (VoLTE) gerekse RCS (MaaP) konusunda birçok yerli firmanın çalışmaları bulunmaktadır. Kamu güvenliği söz konusu olduğunda bu servislerin uçtan uca yerli ve milli kaynaklarla gerçekleşmesi önem arz etmektedir. MCPTT ürününe yönelik zaman planı, Tablo 2-4'de yer almaktadır.

- **Faz-1:** MCPTT ürününün ilk versiyonlarının hazır edilmesi
- **Faz-2:** MCPTT ticari versiyonlarının tamamlanması

Tablo 2-4 MCPTT Ürününe Yönelik Zaman Planı

FAZ KAPSAMI	YIL
	2019
Faz-1	İlk Yarısı
Faz-2	İkinci Yarısı

2.7. Güvenlik

Çekirdek şebekenin tüm haberleşme trafiğini taşıması sebebiyle yerli ve milli olarak geliştirilen yazılım ve donanım ürünleri vasıtasıyla gerek bilinen ataklara karşı önlemlerin alınması gerekse akıllı öğrenen sistemler ile bilinmeyen atakların belirlenerek önlem alma yetkinliğine sahip siber güvenlik ürünlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

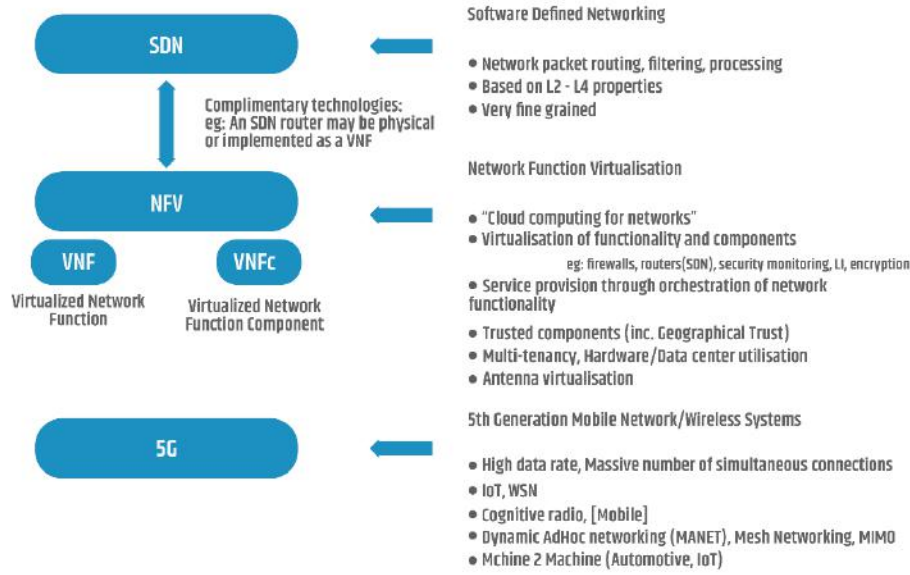
Bu bölümün amacı, 5G ile ortaya çıkabilecek yeni tehditleri, güvenlik sorunlarını ve çözümlerini belirlemektir.

2.7.1. 5G güvenlik mimarisi

5G'nin geniş bir yelpazede yeni kullanıcı grupları için tekdüze bir platform olacak şekilde tasarlandığı gerçeği, 5G mobil şebeke bileşenlerini temel seviyede güvenlik kabiliyeti gereksinimini gözler önüne sermektedir. İzolasyon ve farklı katmanlara ayırarak güvenliği ele almak daha esnek ve cazip bir çözüm olacaktır. Genel mimari içerisinde ayrı bir katman olarak

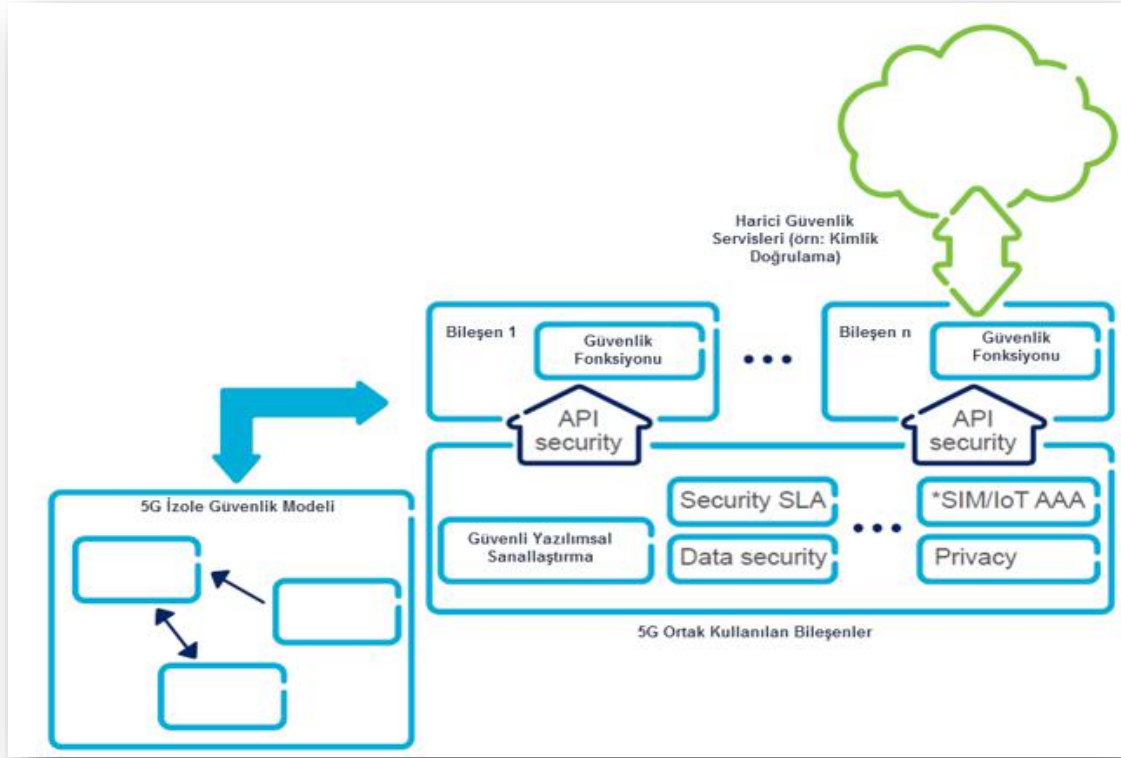
ve dışardan bir servis olarak eklenebilen modüler servisler, güvenli mimariyi oluşturacaktır. Bu kapsamda, ağı uygulanacak güvenlik politikaları, kimlik doğrulama, şifreleme, anahtar yönetimi ve verilerin gizliliği de dâhil olmak üzere tüm güvenlik servisleri sağlanabilir. SDN/NFV güvenlik yaklaşımı, Şekil 2-9’da gösterilmektedir (Oliver, 2015).

Şekil 2-9 SDN/NFV Güvenlik Yaklaşımı



Esnek ve ölçeklenebilir bir güvenlik mimarisi, 5G için kullanılacak olan sanallaştırılmış daha dinamik yapılandırmalarla mümkün hale gelecektir. Bugün kullanılan asenkron güvenlik yaklaşımları yerine yeni yapı ve özellikleri sayesinde senkron ve etkin bir güvenlik yönetimi kullanılacaktır. Bu sayede, daha hızlı ve hassas kontroller gerçekleştirilerek anlık müdahaleler ile tehditler engellenebilecektir. Senkron ve esnek yapı, olası kullanılabilirlik ve güvenlik dengesinin en optimum seviyede olmasını da sağlamaktadır. Örnek olarak, yeni servis arayüzleri (API) uçtan uca veri şifrelemesi olan bir durumda trafik optimizasyonunu da gerçekleştirebilecektir. 5G güvenlik modeline, Şekil 2-10’da yer verilmektedir (Ericsson, 2017).

Şekil 2-10 5G Güvenlik Modeli



5G şebekesinin standardizasyon çalışmalarının devam etmesi nedeniyle 5G güvenlik mimarisi ile ilgili net bir süreç tanımı yapmak mümkün olmayacaktır, ancak temel bileşenleri öngörmek mümkündür.

Öncelikle, 5G mimarisinde şebeke fonksiyonlarının büyük bölümünün bulut bilişim ortamlarında çalışacağı varsayılmaktadır. Bu bulut bilişim ortamları, alışagelen yoğunlaştırılmış, büyük ölçekli veri merkezlerinin yanı sıra, coğrafi olarak dağılmış ve erişim noktalarına yakın konumlanmış uç veri merkezlerinden oluşacaktır. 5G şebekelerinin vadettiği düşük gecikmelere ulaşmak, ancak bu uç bulut bilişim veri merkezlerinde mobil ya da sabit cihazlarının çok yakınında bilgi işlenmesiyle mümkün olacaktır. Bulut bilişim ortamlarının dışında mobil cihazlara erişim sağlamak için 5G erişim noktaları kurulacak, LTE WiFi gibi mevcut teknolojiler de 5G şebekesine entegre edilecektir. Mobil ve sabit erişim arasındaki keskin ayrımlar ortadan kalkacak, 5G şebekesi erişim türünden bağımsız bir çekirdek şebekeye sahip olacaktır.

2.7.2. Güvenliğe mobil işletmecilerin yaklaşımı

Dijitalleşme, önümüzdeki on sene içerisinde iş dünyasını etkileyecek önemli bir aşama olacaktır. Elektronik haberleşme de dâhil olmak üzere endüstrilerin dijitalleşerek servislerini farklı iş kollarına açması yeni iş modellerini beraberinde getirirken güvenlik gereksinimlerini arttıracaktır. IoT gibi konularda da en dikkat edilmesi gereken 5 konulardan birisi güvenlik olarak göze çarpmaktadır (NGMN, 2016).

Tanımlanacak protokollerin (HTTP2 / JSON vb.) ve arayüzlerin 3GPP Rel.16'da netleşecek olmasına rağmen bu protokol ve arayüzlerin kötü amaçlı kişilerce kullanılmasını engellemek yüksek öneme sahip olacaktır. Bu kötü amaçlar üç kategoride toplanabilir:

- **Servisten mahrum bırakma**
 - Aboneyi servisten kesme
 - Şebekeyi servisten kesme
- **Yasal olmayan istihbarat toplama**
 - Lokasyon takibi
 - Ses, SMS ve veri trafiğinin ele geçirilmesi
- **Dolandırıcılık**
 - Sahte kimlik ile abonenin dolandırılması
 - Abone sosyal medya ve bankacılık hesaplarının kırılması ve boşaltılması
 - Mobil işletmecinin şebekesi kullanılarak işletmeciye herhangi bir ücret ödmeden para kazanılması (International Revenue Sharing Fraud) vb.

Bu konuda yerli ve milli bir güvenlik duvarının geliştirilmesi önemlidir. Ek olarak EPC over CUPS ile devam edildiği (diğer bir deyişle 4.5G şebekesiyle bütünleşik çalışma gündeme geldiği) takdirde geliştirilecek güvenlik duvarının Diameter Protokol desteğine de sahip olması gerekmektedir (5G Ensure, 2017). Bu güvenlik duvarının sanal şebekeler üzerinde ölçeklenebilir yapıda ve telco-grade (zamanın %99,99999'unda çalışır vaziyette) olması gerekmektedir.

Dünyadaki gelişmeler takip edilerek GSMA Dolandırıcılık ve Güvenlik Grubunun (Fraud & Security Group - FS.xx) tavsiyelerinin de tamamen kapsanması gerekmektedir.

Geliştirilecek ürünün sadece basit bir port ve IP bazlı kapama yapmaması aynı zamanda 3'üncü seviye atakların da kapsanması gerekmektedir. Bu bağlamda güvenilen bir uygulama ya da işletmecilerden gelecek sinyalleşme trafiğinin süzülmesi ve akıllı kontroller (mesaj gönderisinin lokasyonu, kimin tarafından gönderildiği, iki mesaj arasındaki süre, mesaj göndericisinin gerçekten o bölgeye gidip gidememesi gibi) ile bu mesajlaşmanın güvenliğinin ve doğruluğunun teminat altına alınması gerekmektedir.

IoT güvenliği de önemli bir gelişim alanı olacaktır. Zira düşük maliyetli uç birim cihazlarının kullanılacağı bir gelecekte bu cihazları etkileyecek kötücül yazılımlar sadece şebekelerin çökmesine değil aynı zamanda toplumsal sorunlara sebebiyet verebilir. Bu tür cihazların uçtan uca doğrulamalarının yapılması şifreli mesajlaşmanın sağlanması ve cihazların yanlışlıkla yaratabileceği sinyalleşme fırtınalarının engellenmesi gerekmektedir. Bu konuda 3GPP'nin "cIOT Optimisations" başlığı da incelenebilir.

Güvenlik işinin tüm yönleriyle değerlendirilmesi gerekmektedir. Kullanılan işlemciden işlemcinin üzerinde çalıştığı sanal platforma, üzerindeki işletim sistemine ve üzerinde çalışan uygulamaya ve uygulamanın dış dünya ile konuşmasına kadar birçok alanın kontrolü sağlanmalıdır.

Ülkemizde yetersiz yatırım yapılan güvenlikle ilgili alanlara da kaynak ayrılması ve bu işin sadece Türkiye'ye değil aynı zamanda yurt dışına satılabilecek bir ürün ve servis modeline evrilmesi hem firmalarımıza hem de Ülkemize ekonomik ve stratejik olarak büyük katkı sağlayacaktır.

2.7.3. 5G mobil şebeke güvenliği

Kablosuz erişim, doğası gereği, dinleme ve tahrifata açık olduğundan, ikinci nesil şebekelerden (GSM) beri radyo ara yüzü şifreleme algoritmaları ile korunmaktadır. Sonraki nesillerde (UMTS ve LTE) ise bu güvenlik önlemleri daha da iyileştirilmiştir. Kullanıcı trafiğinin şifrenmesinin yanı sıra, uç cihazlar ve şebeke arası kimlik doğrulama ve denetim trafiği için de bütünlük koruma ve şifreleme gibi ek güvenlik önlemleri alınmıştır. UMTS ve

LTE şebekeler aboneler için güvenlik ve mahremiyet sağlamanın yanı sıra şebeke tarafından sunulan hizmetlerin çeşitli siber saldırılara karşı direncini de güvence altına almaktadırlar.

LTE şebekeleri için belirlenmiş olan güvenlik önlemleri, 10 yıldır siber saldırılara ve yasa dışı dinlemelere karşı durabilmişlerdir. Ancak, ne yazık ki 5G iletişim şebekeleri için mevcut güvenlik önlemlerinin yeterli olacağı varsayılmamaktadır. Yeni nesil şebekelerin destekleyeceği kullanım senaryolarının çeşitliliği ve şebeke dilimleme gibi temel paradigma değişimlerinin kullanıma girmesiyle güvenlik konusunda bilinenlerin yeniden gözden geçirilmek zorunda kalınacağı bilinmektedir. Bu bölümde, 5G’de güvenlik altına alınması gereken veriler ve şebeke elemanları üzerinde durulacaktır.

2.7.3.1. 5G’de güvenliğinin sağlanması gereken veriler

5G ağlarında veri güvenliği sağlamanın zorlukları ve bu problemin geleneksel kablosuz ağlardaki veri güvenliği yaklaşımlarından farkları arasında şu faktörler yer almaktadır:

- 5G’de iletişim, 3G ve 4G’de olduğu gibi bireysel müşterilerle sınırlı kalmayacak veri birçok dikey endüstriyi içine alacak şekilde (bağlı araçlar, tedarik zincirleri, akıllı şehirler vb. IoT uygulamalarının da 5G ağlarına bağlı olacakları düşünülerek) iletilecektir.
- 5G ağları, kullanıcıların gizli verilerini ve kimliklerini içeren (IMSI, MSISDN, IMEI gibi) bilgileri işleyecektir. Bu bilgilerin ağa bağlı birçok uygulama tarafından erişilebilir olması kullanıcı mahremiyetini tehlikeye sokabilecektir (5G Ensure, 2017).
- Günümüz ağlarında kullanılan sekmeli güvenlik yöntemleri yerine uçtan uca veri güvenliği sağlayan yöntemlere ihtiyaç duyulabilecektir (EUObserver, 2016).
- Özellikle IoT uygulamalarının gelişmesiyle cihazlara uzaktan bağlanma protokolleri yaygınlaşacak, cihazlardaki veriye izinsiz erişimi engellemek için daha gelişmiş kimlik denetleme protokollerine gerek olacaktır.
- 5G ağlarında iletilecek verinin çeşitliliğinin fazla olması, kullanılacak şifreleme tekniklerinin ve güvenli iletişim protokollerinin kapsayıcı şekilde tasarlanmasını/bağlama uyarlanabilir şekilde çalışmasını gerektirecektir.
- 5G teknolojisinin yeni kullanım alanlarının yarattığı gereksinimler (kısa gecikme süresi, yüksek bant genişliği, uzun pil ömrü vb.) yüksek güvenlik sağlayan tekniklerle çelişebilecektir.

- 2G, 3G ve 4G'de şifreleme anahtarları ana çekirdek ağında (home core network) oluşturulup SS7 ya da Diameter gibi bağlar üstünden radyo ağına ulaştırılmaktadır. Bu bir güvenlik açığı oluşturmaktadır (anahtarların sızması daha önce gösterilmiştir). Bu nedenle, 5G daha iyi tasarlanmış anahtar yönetimi protokollerine ihtiyaç duyacaktır (NGMN, 2016).
- 2G güvenliği kullanıcı düzlemi verisi ya da kontrol düzlemi verisi için bütünlük koruma sağlamamaktadır. Kullanıcı düzlemi verisi birçok durumda şifrelenmiş olarak taşınsa da ortadaki adam (MITM) saldırılarına karşı sınırlı güvenlik sağlamaktadır. 3G ve 4G bazı mesajlar için kriptografik bütünlük koruma sağlasa da kullanıcı düzlemi verisi için bu özelliği sağlayamamaktadır (NGMN, 2016). Veri bütünlüğü, kritik IoT senaryoları da düşünüldüğünde 5G ağlarında önemli bir özellik olacaktır.

5G'nin yeni kullanım senaryoları ve kamu güvenliği, e-sağlık gibi hizmetlerde oynayacağı rol göz önünde bulundurulduğunda, tasarım aşamasından itibaren veri güvenliğini (hem mahremiyet hem bütünlük koruma) sağlayacak yöntemleri entegre eden yaklaşımlar kullanılmasının önemi ortaya çıkmaktadır (NGMN, 2015). 5G sistemleri, kullanıcılara ait kimlik, abone olunan hizmetler, lokasyon, hareketlilik düzenleri, ağ kullanım davranışları gibi birçok verinin güvenliğini sağlamalıdır. 5G kimlik denetimi, mobil işletmecilerin üzerine tek oturum açma hizmetleri kurabilecekleri bir platform sağlayacaktır. Sistem, kullanıcıları geleneksel saldırılara (impersonation, eavesdropping vb.) karşı korumakla birlikte performansta düşüşe neden olmadan 4G'den daha iyi gizlilik sağlayacak yöntemler (anahtar dağıtımı gibi) kullanılmalıdır. Bunun için IPsec ve TLS gibi güvenlik protokollerinin yanı sıra yeni hafif-sıklet güvenlik protokollerinin tasarlanmasına ihtiyaç duyulacaktır.

2.7.4. Risk ve tehditler

DDOS atakları siber güvenlik konusunda ağ üzerinde en büyük güçlüktür. Bu riske karşı çözüm için karmaşık saldırı ilkesini izleyerek üst mimarlık seviyesinden ayrıntılı uygulama izlemesine kadar tüm adımlar düşünülmelidir. Bu sistemdeki güvenlik açığı ve hatalar, her zamankinden daha ciddi olmaktadır. Sistem daha karmaşıktır ve çok sayıda farklı istemlere sahip kullanıcılara eş zamanlı hizmet sağlayan bu sistemde operasyonel hata olasılığı da artmaktadır.

İç içe geçmiş karmaşık arıza problemleri çözümünde temel yöntem bulut ortam güvenliğine uygulanabilir. Geleneksel savunma yöntemleri, karmaşık sistemlerde etkisiz haldedir. Saldırlara gösterilecek direnç ise maliyet etkinliği ve risk temelli güvenlik ile sağlanabilir. Güvenliğin sağlanması için sürekli iyileştirme gerektirmekte olup basit güven zinciri yöntemi ile zarar katlanarak artacaktır.

SDN teknolojisi ile merkezi olarak kontrol edilen şebeke farklı güvenlik riskleri barındırmaktadır. Her özellik için açıklar kalabilir ve saldırı kaynaklarının belirlenmesi zordur. Bu da yanıt vermeyi geciktirerek hasarın büyük olması sonucunu doğurabilir. Bir sistemdeki güvenlik açığı, birden çok sistem açığının oluşmasına sebep olabilir. Erişim denetimi zafiyetleri de risk taşımaktadır.

Genel bulut riskleri ise veri ele geçirme ve gizlilik ihlalleri, ara yüzün kötüye kullanımı ve denetim zafiyeti, çok kullanıcı ile artmaktadır.

Anahtar Tehditler:

- Sosyal mühendislik atakları
- Hizmet aşırı yük atakları
- Yazılım atakları
- Gizli veri dinleme /müdahale etme
- Fiziksel saldırı

Tek noktadan hizmet sağlama ile kolaylık sağlanan sistemde DDoS riskleri artmaktadır. Tek noktada oluşacak zafiyet tüm ağı kontrol edilmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle herhangi bir arka kapı uygulaması kesinlikle bulunmamalıdır.

Açık kaynaklar da ayrıca risk teşkil etmektedir. Sanal makineler aracılığı ile olası açık kaynaklı yazılımlar güvenlik açıkları yaratabilir. Önleyici üçüncü parti yazılımları da çok farklılıklar gösterebileceğinden gerekli önem için yeterli olmayabilir.

Şebeke Dağıtımına Dayalı Risk Analizi

1. Operasyon ve bakım yetkilisi kaynaklı yanlış yapılandırma yoluyla saldırılar

2. Büyük cihazlardan erişim riskleri
3. IP ve Optik katmanlar arasında işbirliği eksikliği
4. DC ağlarının geçersiz ayrılması
5. Northbound uygulamalarının kötüye kullanımı
6. Tek noktadan zafiyet
7. Openflow, DoS kaynaklı kötü niyetli ağ taraması
8. Geleneksel şebeke yönetim sistemlerinde hatalı konfigürasyondan sızan ataklar
9. Geleneksel şebeke yönetim sistemi zafiyetleri

NFV Altyapısının Güvenliği Riski

Şebeke fonksiyonlarının sanallaştırılması, mobil işletmecilere ve bunu kullanan dikey hizmetlere esneklik ve hız kazandıracaktır. Ancak artan şebeke eleman sayısı ve NFV-I teknolojileri ilerledikçe şebekelerdeki karmaşıklığın artması söz konusudur. Uygulama katmanında (ağ ve/veya hizmet elemanlarında) mevcut güvenlik önlemleri kullanılmaya devam ederken altyapı ve orkestrasyon katmalarındaki güvenliğin ele alınması da gerekmektedir.

2.7.5. Güvenlik çözümleri

5G şebekesindeki güvenlik ihtiyaçları ile ilgili önemli kaynaklardan birisi NGMN Alliance tarafından yayınlanan 2015 tarihli “5G White Paper” dokümanıdır (NGMN, 2016). Bu dokümanda, 5G şebekesinde daha iyi performans hedeflenirken önceye göre çok daha heterojen bir ortamın denetlenmesi, güvenlik, mahremiyet ve itimat mekanizmalarının kurulması gerektiği vurgulanmıştır. Yani, 5G güvenlik mekanizmaları; 5G'nin hedeflerini takip etmeli, denetim düzleminde son derece hızlı olmalı, kullanıcı düzlemindeki gecikmeyi en alt düzeye indirmeli ve uç cihazlarda enerji verimliliğini sağlamalıdır.

Yine aynı doküman, 5G güvenlik kavramının özellikle şu noktalarda mevcut şebekelere göre iyileştirme sağlaması gerektiğine işaret etmektedir:

- İşaretleşme tabanlı tehditlere karşı şebekenin dayanımı artırılmalı ve hizmet verme kapasitesi etkilenmemelidir.

- Sistemin radyo işaretleri ve kanallarına yönelik “karıştırma” (jamming) saldırılarına dayanımı artırılmalıdır.
- 5G küçük hücre düğümlerinin (small cells) güvenliği iyileştirilmelidir.

NGMN Alliance tarafından kurulan 5G güvenlik çalışma grubu, bu konuda paket olarak adlandırılan üç doküman yayınlamıştır (5G Ensure, 2017). Bu dokümanlarda; erişim şebekesinin güvenliğinin artırılması, DoS (Denial of Service – Hizmet Aksatma) saldırılarından korunma, şebeke dilimleme, MEC (Mobile Edge Computing - Mobil Uç Bilişim (Bu kavramın artık Multi-access Edge Computing – Çoklu erişim uç bilişim kavramına evrildiği akılda tutulmalıdır)), düşük gecikme ve tutarlı kullanıcı deneyimi gibi başlıklar bulunmaktadır.

LTE şebekesinin güvenlik kavramları, 5G şebekesi için bir başlangıç ve karşılaştırma noktası oluşturmaktadır. Özellikle geniş bant mobil kullanım amaçları için en azından LTE şebekesi tarafından sunulan koruma sağlanmalıdır. Bunun üzerine, daha önce LTE şebekeleri için tartışılan ancak uygulanmayan güvenlik mekanizmaları gözden geçirilmelidir (NGMN, 2015). 3GPP tarafından yayınlanan benzer çalışmalarda, 5G için gerekli olacak güvenlik mekanizmaları incelenmiş ve standartlar oluşturulmaya başlanmıştır (EUObserver, 2016). Bu incelemelerde, şebeke dilimleri gibi teknolojiler de dikkate alınmakta, dilimlerin birbirinden izole olarak çalışmasının siber saldırılara karşı önlem oluşturabileceği veya her dilimin farklı güvenlik seviyelerine ihtiyaç duyabileceği tartışılmaktadır. Farklı şebeke dilimlerinin farklı dikey sektörler tarafından yönetilmesinin getirebileceği yeni zorunluluklar irdelenmektedir. Sistem farklı tanımlayıcılar, kimlik bilgileri ve yetkilendirmeler için esneklik sağlamak zorundadır.

Bu çalışmalarda;

- Aktif IMSI yakalamaya (IMSI catcher) karşı koruma,
- Güvenlikle ilgili sinyalleşme yükünün en aza indirgenmesi,
- Cihazlara güvenli olarak uzaktan kimlik bilgisi yüklenmesi,
- Farklı kimlik doğrulama ve yetkilendirme mekanizmalarının iyileştirilmesi,
- Grup kimlik doğrulaması,
- Uçtan uca kullanıcı düzleminin bütünlüğünün korunması

ve daha birçok olası güvenlik ihtiyacı tartışılmaktadır.

Sadece NGMN Alliance ve 3GPP'nin tanımladığı bu ihtiyaçlar bize yeni nesil şebekeyi inşa ederken göz önünde bulundurmanız gereken çok çeşitli ve fazla sayıda güvenlik ihtiyacının ortaya çıkacağını göstermektedir.

Bu sistem ile ortaya çıkabilecek güvenlik zafiyetleri de çok katmanlı güvenlik çözümleri ile önlenebilecektir. Konumlandırılacak güvenlik ürün ve çözümlerinin bir listesi aşağıdaki gibidir.

Ürünler:

- **Anti DDoS:** DDoS trafiğini yerel olarak saptamak ve önlemek için anti-DDoS çözümü uygulanır.
- **IPS/FW:** Ağ trafiğini denetleyip saldırı trafiğini engellemek için IPS ve güvenlik duvarı uygulanır.
- **WAF (Web Application Firewall):** Web saldırılarına karşı, HTTP trafiği denetlemek ve saldırı trafiğini engellemek için WAF aygıtlarını veya bileşenleri uygulanır.
- **VoIP Application Firewall:** VoIP saldırılarına karşı, VoIP trafiğini denetlemek ve saldırıları önlemek için VoIP sistemlerine uygulanır.
- **vFW:** Sanal makineler arası trafiği kontrol etmek ve izinsiz bağlantıları engellemek için Sanal Güvenlik duvarları uygulanır. Bu ürün NGFW ürünlerinin sanal ortam için özelleştirilmiş uygulamalarıdır.
- **Büyük Veri ve SDN Tabanlı Anti-DdoS Çözümü:** Doğru şekilde kurulacak büyük veri ve SDN tabanlı Anti-DdoS çözümleri güvenlik risklerinin önüne geçmekle beraber operasyonel maliyetleri de ciddi şekilde düşürür. Büyük veri ve Makine öğrenmesi daha hızlı ve doğru saldırı tespitini sağlar. Saldırı azaltma raporlaması ile algılama öğrenme modeli ve algoritma optimizasyonu sürekli olarak sağlanacaktır.
- **Yasal Olmayan İstihbarat Toplama Faaliyetlerini Önleme:** Lokasyon takibi, ses, SMS ve veri trafiğinin ele geçirilmesini önlemeyi sağlamaktadır.
- **Ağ, WEB, VOIP (Ses) ve Diameter Zafiyet Tespit Araçları:** VOIP ve 5G ağlarında son kullanıcı cihazlardan, çağrı sunucularına kadar tüm güvenlik altyapılarını

inceleyecek, ürünlerdeki güvenlik açıklarını ortaya koyacak ve sistemdeki yapılandırma hatalarını raporlayacak uzman ürünlerdir.

Çözümler ve Hizmetler:

- **Güvenlik Hizmetleri:** Kimlik ve erişim yönetimi (IAM) gibi güvenlik hizmetleri sağlamalı ve güvenliği hizmetlerden ayırabilmek için güvenli izolasyon sağlanmalıdır.
- **Güvenlik Hizmetlerinin Birleştirilmiş Düzenlemesi:** Güvenlik ve hizmet politikalarının soyutlanması ve modellenmesi yoluyla, düzenlemenin ağ tiplerini tanımlayan politikalar üretmesine izin vermelidir.
- **Güvenlik Operasyonu ve Bakım Faaliyetleri:** Gerekli araçları ve yamaları otomatik olarak uygulamak, çok zayıf sanal makine de olan zayıf parolaları tespit etmek için gereklidir.
- **Akıllı Tehdit Analiz Merkezi:** Büyük güvenlik olayları büyük veri ve makine öğrenme teknolojileri yoluyla analiz edilebilir ayrıca bilinen ve bilinmeyen tehditleri belirlemek için araçlardan bilgi toplanarak daha gelişmiş bir güvenlik sağlanabilir.
- **Dolandırıcılık Faaliyetlerinin Tespiti ve Önlenmesi:** Sahte kimlik ile abonenin dolandırılması, abone sosyal medya ve bankacılık hesaplarının kırılması ve boşaltılması, operatör şebekesi kullanılarak operatöre herhangi bir ücret ödmeden para kazanılması (International Revenue Sharing Fraud) vb. tehditlerini tespit ve önleme.

2.7.6. Önceliklendirme ve yol haritası

Güvenlik alanının bilgi birikimi ve teknik bilgisi de iş koluna çevrilebilecek bir alan olduğu gözden kaçmamalıdır. Güvenlik yapılarının (framework) ENISA (European Union Agency for Network and Information Security) örneğindeki gibi Ülkemiz özelinde ve dünyada kullanılacak şekilde standartlaşması buradaki bilgili işgücü ihtiyacı için sertifikasyon programları oluşturulması, sertifikasyon programları ve denetim servisleri ihraç edilebilecek kalemler olarak ortaya çıkacaktır. Güvenlik alanında yapılabilecek çalışmalar ve geliştirilme süresi aşağıdaki gibi fazlara bölünmüş olup zaman planı, Tablo 2-5’de verilmektedir.

- **Faz-1:** Çekirdek şebeke elemanlarına yönelik temel seviye güvenlik duvarı / network edge proxy geliştirilmesi. Bunun yanı sıra bölüm 2.7.5’te listelenen güvenlik ürünleri (Anti DdoS, IPS/FW, WAF, VOIP Application FW, vFW, büyük veri ve SDN tabanlı Anti-DdoS çözümü, istihbarat toplama faaliyetlerini önleme ve zafiyet tespit araçları) ve çözümleri (güvenlik hizmetleri, güvenlik hizmetlerinin birleştirilmiş düzenlemesi, güvenlik operasyonu ve bakım faaliyetleri, akıllı tehdit analiz merkezi ve dolandırıcılık faaliyetlerinin tespiti ve önlenmesi) için ilgili işletmeciler, tedarikçiler ve üniversitelerden katılımcılar ile framework çalışma ekibinin kurularak ürün önceliklendirmeleri ve istemlerin tespit edilmesidir.
- **Faz-2:** Prototip ürünlerin ortaya çıkması ve Türkiye güvenlik standartlarının oluşmasıdır.
- **Faz-3:** Ticari ürünlerin ortaya çıkması ve sertifikasyon programı ve standartların uygulanmasıdır.

Tablo 2-5 Güvenlik Alanında Yapılabilecek Çalışmalar ve Geliştirilme Süresi

FAZ KAPSAMI	YILLAR		
	2018	2019	2020
Faz-1	İkinci Yarısı		
Faz-2		İkinci Yarısı	
Faz-3			İkinci Yarısı

2.8. Çekirdek Şebekeye Yönelik Sonuç ve Öneriler

- İlk olarak çekirdek şebeke elemanlarına yönelik çalışmalar (Faz 1)
- Katma değerli servislerin hazır edilmesi (Value added services-Katma Değerli Hizmetler) (Faz 2)
- NFV (Faz 1) + SDN (Faz 2)
- Uçtan-uca önceliklendirme ve road-map (taslak)
- Ürünlerin ticarileşmesi ve canlı şebekelerde kullanımı (Faz 3)

Temel 5G servislerinin verilebilmesi için öncelikle çekirdek şebeke elemanlarının Faz-1’de

belirlenen bileşenlerinin geliştirilmiş olması önem teşkil etmektedir. Bu bağlamda, ilk prototiplerin 2019 yılı sonunda çıkması öngörülmektedir.

5G temel şebeke elemanlarının yönetilmesi amacıyla yine ilk fazda VNF yönetici ve EMS'in de halihazırda bulunması gerekmektedir. Bu çözümlerin de yine 2019 içerisinde tamamlanması hedeflenmektedir.

Bu çözümün uçtan uca servis yönetimini yapabilmek amacıyla yerli SDN çözümünün de canlı ortama alınması planlanmaktadır. Uçtan uca servis kalitesi sadece çekirdek ağın bir konusu değildir. Aynı zamanda alt katmanlarda bulunan taşıma şebekesi ve IP tabanlı veri şebekesi, fiziksel ağ ile hizmet ve uygulamaların çıktılarında yer almalıdır. Ayrıca, temel şebeke bileşenlerini koruyabilmek amacıyla JSON tabanlı bir yerli güvenlik duvarının geliştirilmesi ve devreye alınması gerekmektedir.

Fiziksel ağ katmanında geliştirilecek ürünlerin entegrasyonun 2019 içerisinde çekirdek ağ ile senkronize bir şekilde yapılması önerilmektedir. Radyo ve 5G çekirdek şebeke entegrasyonları tamamlandıktan sonra hizmet ve uygulamalarda geliştirilecek servislerin kurulacak 5G şebekesine entegrasyonu planlanmalıdır.

Faz-2'de ise, 3GPP Release 16'nın 2019 sonunda tamamlanması ile birlikte temel şebekeyi zenginleştirecek ürünlerin prototiplerinin çıkması ve mevcut temel şebeke bileşenlerinin yazılımlarının iyileştirilmesi ve bu bileşenlerle entegrasyonu planlanmaktadır. Bu faz, 2020-2021 yılları aralığını kapsamaktadır.

Faz-2'de öngörülen zaman aralığı içerisinde yönetim ve orkestrasyon konusunda Servis Orkestrasyon yapısının kurulması planlanmaktadır. Bu şekilde hizmet yönetiminde sistemsel esnekliklere kavuşulacaktır.

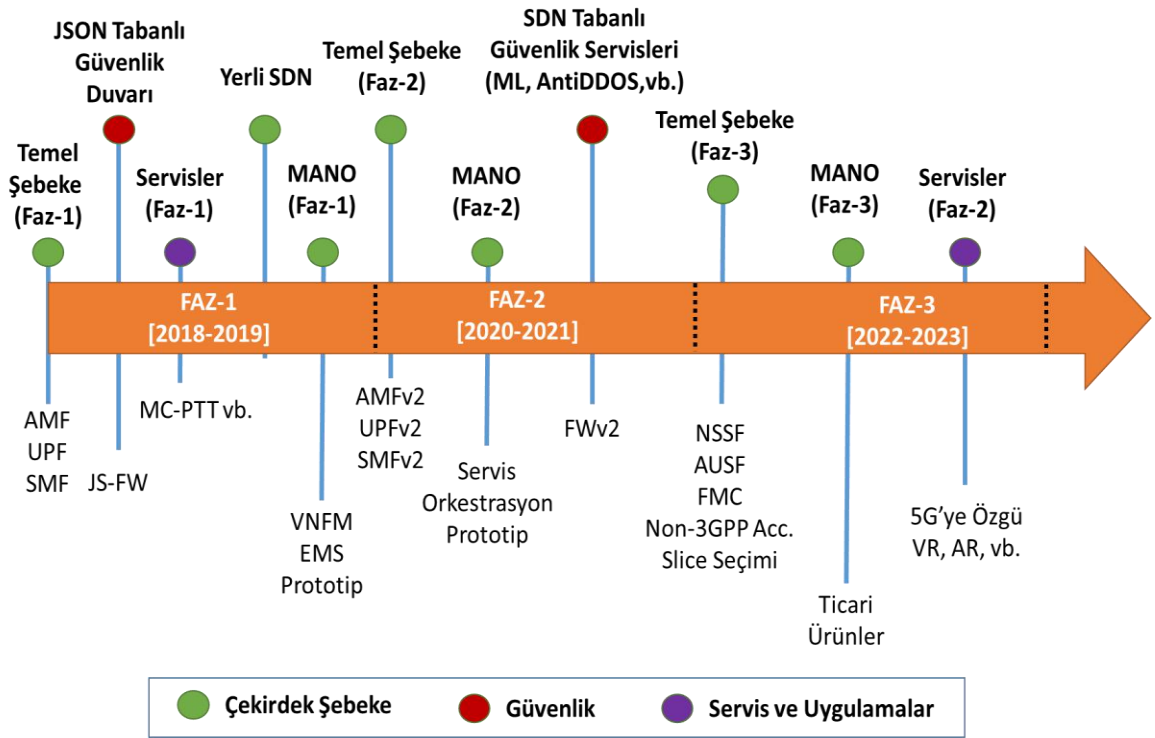
Güvenlik tarafında da gelişmelerin devam etmesi ile SDN tabanlı Anti DDOS ve SDN tabanlı zaafiyet analizlerinin otomatik olarak gerçekleştirecek sistemler ortaya çıkacaktır.

2021 sonrasını kapsayan Faz-3 kapsamında ise ana hedef ticarileşme ve canlı şebekelerde kullanılacak ürünlerin ortaya çıkartılması olacaktır. Burada geliştirilecek ürünlerin Avrupa ve dünya standartlarını sağlamaları gerekmektedir. Türk Standartları Enstitüsü'nün

de bu standartları kullanarak özellikle güvenlik alanında Türkiye'ye özgü ek gereksinimleri kapsayan standartları yayınlamasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Ek olarak 5G'ye özgü yüksek bant genişliği veya düşük gecikme ihtiyacı bulunan Sanal Gerçeklik (VR) veya Artırılmış Gerçeklik (AR) gibi servislerin temel şebekeye entegrasyonu önerilmektedir. 5G Çekirdek Ağ Grubu yol haritası, Şekil 2-11'de yer almaktadır.

Şekil 2-11 5GTR Forum Çekirdek Ağ Grubu Yol Haritası



3. 5G VE ÖTESİ FİZİKSEL AĞ YAPISI

5G ve ötesi haberleşme teknolojileri son yıllarda dünyaya paralel olarak ülkemizde de önemli gelişmeler göstermiştir. 1G'den başlayan haberleşme teknolojilerinde, bant genişliği ve kullanım alanları konusunda önemli ilerlemeler olmuştur. 5G ya da Yeni Radyo (New Radio - NR) ise bu alanda daha önceki nesil ile karşılaştırılamayacak özellikler ve uygulama alanları sunmaktadır. Yüksek bant genişlikleri ihtiyacına ek olarak özellikle haberleşme teknolojilerinin dikey sektörler dediğimiz otomotiv, sağlık güvenlik vb. uygulamalarda kullanılması ile hem bant genişliği ihtiyacı çok artacak, hem de binlerce cihazın aynı anda haberleşme ihtiyacının karşılanması gerekecektir.

5G haberleşme ağlarının, başlıca üç uygulama alanı etrafında şekillenmesi beklenmektedir. Geliştirilmiş Mobil Geniş Bant (eMBB), çok büyük bant genişliklerini olanaklı kılacak, yoğun makine-makine haberleşmesi binlerce farklı sensörün haberleşmesini sağlayacaktır. Kritik makine haberleşmesi, daha çok emniyetli ve hız gerektiren otonom araçlar, sağlık vb. uygulamalar için önemli olacaktır.

5G haberleşme sistemlerinin gereksinim duyacağı teknolojik yetenekler, özellikle mikroçip teknolojilerindeki yenilikler sayesinde karşılanabilir gibi durmakla birlikte aşılması gereken çok sayıda engel bulunmaktadır. Özellikle, sistem tasarımının yüksek frekanslara kayması sebebiyle bu frekans bantlarında operasyonların iyi anlaşılması ve ilgili problemlerin çözüme kavuşturulması gerekmektedir. Buna ek olarak, 5G ötesi teknolojilerinin neler olacağı ve kullanım alanlarının da şimdiden çalışılmaya başlanması gerekmektedir.

Bu bölümde, 5G haberleşme sistemlerinin omurgasını oluşturan fiziksel ağ katmanı ve bu alanla Türkiye'de yapılabilecek ve yapılması gerekli çalışmalar ele alınmıştır. Bölüm, 4G'den 5G'ye geçiş için gereken teknik düzenlemeler ve 5G fiziksel katmanı özelliklerine ek olarak Türkiye'nin bu konudaki teknolojik yetenekleri göz önüne alınarak kullanım senaryoları ve geliştirilebilecek altyapılar konularında ülkemizdeki 5G ekosisteminin nasıl ilerleyebileceğine ilişkin öneriler ile 5G ve ötesi fiziksel ağ katmanı konusunda yol haritalarını içermektedir.

Bölümde öncelikle, dünyada ve Türkiye’de 5G mimarisi ve standartları konularında fiziksel ağa ilişkin yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Dünyada bu alanda gerçekleştirilen standardizasyon çalışmaları incelenmiş, işletmeciler, akademi, araştırma kurumları, kamu ve endüstri kuruluşlarının görüşleri alınmış, bu kurum ve kuruluşlar tarafından Türkiye’de 5G alanında fiziksel ağa yönelik yürütülen çalışmaların bir özeti yapılmaya çalışılmıştır. Ardından, 5G ve ötesi teknolojiler için mimari öngörüler ve önerileri sunulmuştur. Yine işletmeciler, kamu kurumları ve özel kuruluşlar ile üniversitelerin konu ile ilgili ihtiyaçları, önerileri ve sahip oldukları yetenekler de değerlendirilerek 5G ve ötesi fiziksel ağ katmanı yol haritaları ile öncelikli proje önerileri dile getirilmiştir. Son olarak, 5G ve ötesi fiziksel katman zaman çizelgesi önerisi sunulmuş, fiziksel ağ katmanından yola çıkarak, ülkemizde 5G ve ötesi haberleşme sistemlerine dair dikey uygulamalar ile mevzuata ilişkin hususları da içeren sonuç, değerlendirme ve öneriler ifade edilmiştir.

3.1. Dünyada ve Türkiye’de Gerçekleştirilen Çalışmalar

5G, önceki nesil ile karşılaştırılamayacak uygulama alanları önermekte olup haberleşme sistemlerinin gereksinim duyacağı teknolojik yetenekler için fiziksel ağ katmanında da üzerine çalışılması gereken çok sayıda alan bulunmaktadır. Bu kısımda, özellikle fiziksel ağ katmanında 5G gereksinimleri üzerinde durularak, dünyada bu alanda gerçekleştirilen standardizasyon çalışmaları ve ülkemizde yürütülen çalışmalar özetlenmiştir.

3.1.1. 5G gereksinimleri ve fiziksel ağ

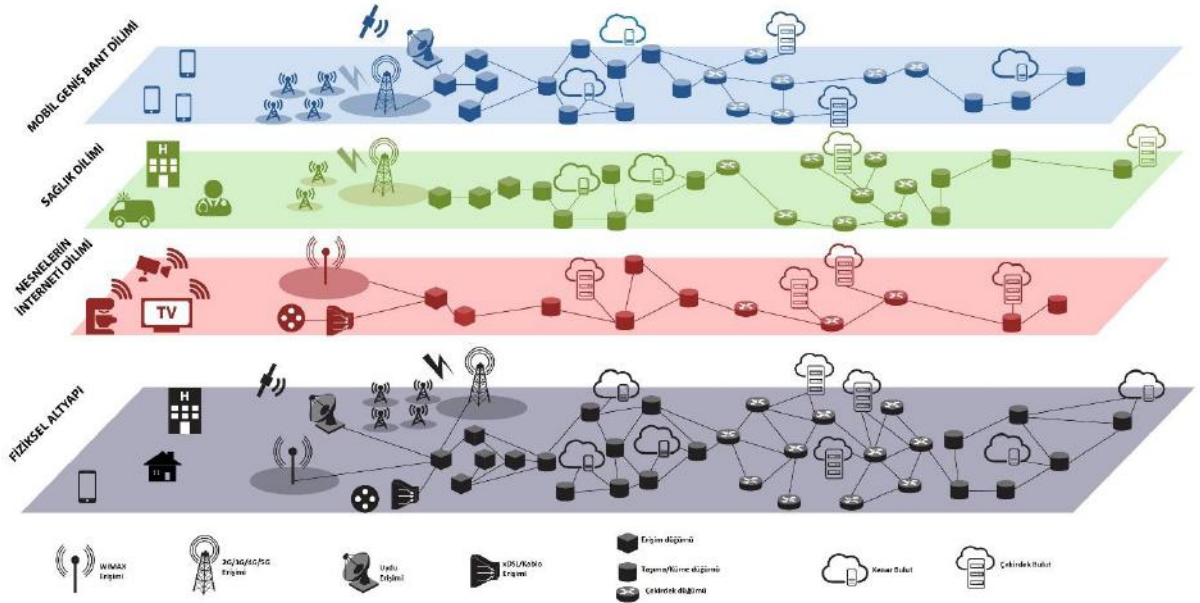
5G sistemlerinin yeni ve görel olarak ucuz servisleri mümkün kılarak, teknik ve ticari inovasyon ekosisteminin gelişimine ivme kazandırması beklenmektedir. Ek olarak, 5G altyapısı, otomotiv, sağlık, tarım gibi dikey sektörleri destekleyecek özel ağ çözümlerine olanak sağlayacaktır. Bu sebeple, 5G çalışmaları çok geniş bir spektrumda paydaşların birlikte çalışmasını gerektirmektedir. Daha önceki haberleşme nesillerinin aksine, yalnızca iyileştirilmiş ağ yapısı yeterli olmayacak ek olarak büyük bilgi işleme ve saklama altyapılarına gereksinim duyacak sofistike entegrasyon yöntemleri öne çıkacaktır.

Servis sağlayıcıların söz konusu veri işleme altyapısı ve ağa erişimi gerekli olacaktır. Bu sebeple, altyapıların ve elektronik haberleşme ağlarının servis sağlayıcılar ve hatta dikey sektörler için açık olması gerekecektir. Bu yapı, mobil veya sabit-mobil erişim ağlarında farklı

ağ kurallarının uygulanabileceği ve çoklu-kullanıcı ve çoklu-servis desteği yapılarına izin verecektir.

5G şebeke dilimlerine, Şekil 3-1’de (IEEE, 2017a) yer verilmekte olup birinci seviye ticari ve fonksiyonel uygulamaları içermekte, servis sağlayıcılar ve işletmecilerin, bu seviyede kullanımları hizmete sunması beklenmektedir. İşletmecilerin uygun işlemci ve ağ kaynaklarını çok çeşitli ve dedike mantıksal uygulama ağlarına yönlendirecek yönetici fonksiyonlar tanımlaması gerekecektir. Söz konusu mantıksal ağlar, şebeke dilimleri olarak adlandırılmakta ve söz konusu dikey uygulamaya ilişkin anahtar performans belirteçlerini içerecek özelleştirilmiş ağ ve işlem fonksiyonlarını taşımaktadır. İşletmecilerin gereksinimleri tek başına sağlayamadığı durumlarda, birçok yönetsel alanı içeren çapraz alan yönetimi ile esnek paylaşım senaryoları mümkün hale gelmektedir.

Şekil 3-1 5G Şebeke Dilimleri



5G sistemlerde bahsedilen ağ yapısı, aynı zamanda her yerde kullanılabilen ve enerji verimli olmalıdır. Ek olarak, söz konusu 5G sistemi bir sonraki nesle sorunsuz geçişi sağlayacak şekilde tasarlanmış olmalıdır. Kullanıcı güvenliği ön planda tutulmalı, yeni paylaşım yapısı için yeni güvenlik modelleri oluşturulmalıdır.

ITU'nun ITU-R M.2083-0 numaralı raporu olan "IMT Vision-Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond" adlı dokümanda; 5G için belirlenen en yüksek veri hızı, kullanıcı tarafındaki veri hızı, bağlantı yoğunluğu gibi hedef gereksinimlerini gerçekleştirebilmek, mevcuttan farklı spektrum ihtiyaçlarını doğurmuştur. Örneğin, eMBB uygulaması için belirlenen yüksek veri hızı gereksinimi mevcut frekans bantları ile karşılanamayacağından, daha yüksek band genişliği sunan yüksek frekansların kullanılması (6 GHz üstü frekans bantlarının kullanımı gibi) zaruretini getirmiştir. Bu da 5G ağlarının çok çeşitli frekans bantlarında dolayısıyla da çeşitli karakteristik özelliklere sahip olacağı anlamına gelmektedir. Hâlihazırda, 4G sistemleri bu özellikleri taşımamaktadır. Bu sorunun olası çözüm yollarından biri uygun spektrum paylaşım tekniklerinin kullanılmasıdır. Yani, 5G sistemlerinde spektrumun kullanımı gözlenerek ve paylaşım stratejileri oluşturularak spektrumun daha verimli yönetilmesi gerekmektedir. Çoklu Radyo Erişim Teknolojileri (Multi Radio Access Technology-Multi-RAT) ile kaynak paylaşımını hızlandırmak üzere alternatif spektrum kullanım mekanizmaları tüm dünyada araştırılmaktadır. Sonuç olarak, lisanslı ve lisanssız frekans bant kullanımı, trafiğin dinamik olarak heterojen erişim teknolojilerine paylaşılması ile farklı alanlara yönlendirilmiş spektrum kullanımı senaryoları mümkün olacaktır. Söz konusu spektrum karakteristikleri ve çok çeşitli kullanıcı gereksinimleri, farklı ve hatta yeni tanımlanmış ağ fonksiyonlarını eş zamanlı olarak destekleme gereksinimini ortaya çıkaracaktır. Mevcut donanım, link yapısı ve topolojiye bağlı olarak, 5G sistemlerinin yüksek verimlilikte transmisyona ve veri işleme yeteneğine sahip olması gerekmektedir. Ağ fonksiyonlarının radyo protokol yığınları içinde gerçekleştirilmesi, mMTC cihazlarına kontrol seviyesi işaretlerini en aza indirerek hızlı erişim sağlanması gibi örnekler bu verimli iletim ve veri işleme özelliği ile mümkün olacaktır. Ek olarak düşük gecikme çözümlerinin ağ fonksiyonları, erişim ağının uç noktasına yakın yerleştirilmesi ile mümkün olacağı düşünülmektedir. Mobil Uç Nokta Bilişimi (Mobile Edge Computing-MEC) yapısı, hizmet-olarak-altyapı (infrastructure as a servis) uygulamaları ile çok önemli bir kısım gereksinimlerin karşılanmasında önemli rol oynayacaktır.

Bunlara ek olarak, 5G ötesi sistemler için en önemli uygulama alanı, uçtan uca çatıyı genişleterek kullanıcı ekipmanının tüm sistemi kontrol edebileceği ve yönetebileceği şekilde düzenlemeye imkân verecek SDN/NFV olacaktır. Yazılım tabanlı tasarımın tümüyle 5G uygulamaları içinde gerçekleştirilmesi beklenmemektedir. 5G ve ötesinde en önemli fırsat ve zorluk, bütün bir endüstrinin yazılım merkezli vizyon ile dönüştürülmesi

ve bunun için ticari (Ticari Kullanıma Hazır/Commercial Off The Shelf-COTS) ağ ekipmanlarının esnek ve kolay uygulanabilir şekilde tasarlanabilir ve uygulanabilir, konuşlandırılabilir, yönetilebilir ve makine öğrenmesi/yapay zeka kullanılarak yeni durumlara kolayca uyum sağlayabilir olması olacaktır.

5G ve ötesi sistemlerin diğer önemli ögeleri son kullanıcı entegrasyonu ve etkinleştirme, güvenlik, spektral verimlilik ve enerji verimliliği ile bütün ağ için esneklik olacaktır.

3.1.2 Fiziksel ağ standardizasyon çalışmaları ve 3GPP

Standartlar farklı firmaların ürünlerinin ve hizmetlerinin birbirleri ile uyumlu olabilmesi için zorunluluk haline gelmiştir. Devletlerin katılımıyla oluşturulan standart belirleme konsorsiyumlarından ziyade firmaların katılımıyla oluşan standart belirleme konsorsiyumları, 1990'lı yıllardan bu yana hızlı bir başarı elde etmiştir. Firmaların patentlerle korudukları teknolojileri standardın bir parçası haline getirerek kazanç elde edebilmeleri bu başarının temel sebepleri arasındadır. Bu doğal teşvik, çok sayıda yüksek teknoloji firmasının bu konsorsiyumlara katılmasını sağlamıştır. Konsorsiyumların önemli bir katkısı da araştırma geliştirme faaliyetlerinin daha doğru yönlendirilmesini sağlaması olmuştur. Çok sayıda aktörün katılımlarıyla gerçekleştirilen toplantılar sayesinde gereksinimler daha doğru adreslenebilmekte ve böylece Ar-Ge yapan firmalar için çalışılacak konular daha net belirlenebilmektedir.

5G ve Ötesi teknolojiler alanındaki standardizasyon çalışmaları ve öne çıkan organizasyonlar, Bölüm 5'de detaylı olarak incelenmiş olup fiziksel ağ alanında öne çıkan iki konsorsiyum 3G, 4G ve NR standartlarını geliştirmiş olan 3GPP ve Wi-Fi standardını geliştiren IEEE 802.11 çalışma gruplarıdır. Geliştirilmesi planlanan ürünlerin özelliklerinin, gereksinimlerinin doğru belirlenebilmesi ve o süreçlerde yer alınabilmesi için fiziksel ağ katmanı ile ilgili standardizasyon çalışmalarının düzenli takibinin yapılmasının ve çalışmalara katılımın son derece önemli olduğu değerlendirilmektedir.

3GPP çalışmalarına ek olarak, spektrumun kullanımına yönelik birlikte çalışabilirlik, uyumluluk, paylaşım ve harmonizasyon çalışmalarını yürüten ilgili çalışma gruplarının çalışmalarının takip edilmesi önem arz etmektedir. CEPT nezdinde mobil genişband

haberleşme konularını, ECC PT1, ITU-R nezdinde SG5 altında faaliyet gösteren WP5D yürütmektedir. ECC PT1 tarafından, hangi frekans bandlarının hangi şartlar (örneğin, band içi ve band dışı emisyon limitleri) çerçevesinde IMT hizmetine açılacağı Avrupa için belirlenmektedir.

3GPP konsorsiyumu tarafından geliştirilen 3G ve 4G standartları tüm dünyada kabul görmüş ve bu standartlar çok başarılı olmuştur. 3GPP çalışmalarının yürütüldüğü üç Teknik Tanımlama Grubundan (Technical Specification Groups-TSG) fiziksel ağa dair olan, Radyo Erişim Ağı (Radio Access Networks-RAN) altında Tablo 3-1’de belirtilen altı Çalışma Grubu (Working Groups-WG) yer almakta olup fiziksel ağ katmanına dönük gerçekleştirilmesi öngörülen çalışmaların ağırlıklı olarak, 3GPP Çalışma Gruplarından RAN WG1, RAN WG2, RAN WG4, RAN WG5 çalışma gruplarının kapsamı ile örtüştüğü değerlendirilmektedir. Bu grupların çalışma alanları, Tablo 3-1’de gösterilmekte olup aşağıda kısaca özetlenmiştir (3GPP, 2018f).

Tablo 3-1 3GPP TSG RAN Çalışma Grupları

TSG RAN Radyo Erişim Ağı	TSG SA Hizmet ve Sistem Konuları	TSG CT Çekirdek Ağ ve Terminaller
RAN WG1 Radyo Katmanı 1 spesifikasyonu	SA WG1 Hizmetler	CT WG1 MM/CC/SM (lu)
RAN WG2 Radyo Katmanı 2 spesifikasyonu Radyo Katmanı 3 Radyo Kaynağı spesifikasyonu	SA WG2 Mimari	CT WG3 Harici şebekelerle birlikte çalışabilirlik
RAN WG3 lub spesifikasyonu, lur spesifikasyonu, lu spesifikasyonu	SA WG3 Güvenlik	CT WG4 MAP/GTP/BCH/SS

UTRAN O&M gereklilikleri		
RAN WG4 Radyo Performansı Protokol Yönleri	SA WG4 Codec	CT WG6 Akıllı Kart Uygulama Yönleri
RAN WG5 Mobil Terminal Uygunluk Testleri	SA WG5 Telekom Yönetimi	
RAN WG6 Eski RAN radyo ve protokolü	SA WG6 Görev - Kritik uygulamalar	

3.1.2.1. RAN WG1 çalışma grubu

Çalışma grubunda temel olarak fiziksel katman (OSI Katman-1) üzerinde çalışılmakta olup fiziksel kanal yapılarının; fiziksel katman çoğullama, kanal kodlama ve hata tespitinin; yayılma ve modülasyonun; fiziksel katman prosedürlerinin belirlenmesi gibi konular ele alınmaktadır.

Eylül 2017’de yapılan RAN toplantısında öne çıkan konular incelendiğinde, standardizasyon çalışmalarında eMBB için senkronizasyon, Çoklu Giriş-Çoklu Çıkış (Multiple-Input and Multiple-Output-MIMO), kanal kodlama, modülasyon gibi pek çok konuda ilerleme kaydedildiği; eMBB için çalışmaların 2018 sonuna kadar tamamlanmasının planlandığı; URLLC için bazı konularda çalışmalar yapılsa da standartların henüz tamamlanmamış olduğu, mMTC içinse toplantılarda çalışmaların başlamadığı görülmektedir.

2018 yılında üzerine çalışılan konular aşağıda yer almaktadır:

- **Dikgen Olmayan Çoklu Erişim (Non-Orthogonal Multiple Access-NOMA):**
NOMA için şu anda alıcı ve verici tarafında kullanılacak algoritmalarla ilgili kabul

edilmiş herhangi bir karar bulunmamaktadır. Önümüzdeki aylarda tartışılıp karara bağlanması sağlanacaktır³.

- **Karasal Olmayan (Non-Terrestrial) Ağ (Kanal Modelleme):** Halihazırda kabul edilmiş çalışma konusu (3GPP TR 38.811 V0.2.1 (2017-11)) karasal olmayan ağ haberleşmesinin (uydu haberleşmesi, hava araçları haberleşmesi) kullanım senaryoları ve kanal modellemelerini kesinleştirmek üzerine yoğunlaşmıştır. Bu başlık altında çalışılması mümkün konular (fiziksel ve ağ katmanları) daha sonra ortaya çıkacaktır.
- **NR İçin Lisansız Spektrum:** Bu çalışmada lisanslı olmayan banttaki haberleşmenin NR fiziksel seviyesine uyumlu olacak şekilde ve NR tabanlı olması için gerekli konular çalışılacaktır⁴.
- **Geliştirilmiş Araçtan Herşeye (Enhanced Vehicle to Everything - eV2X) Değerlendirme Yöntemi:** Şu andaki önçalışmalar değerlendirme senaryoları (performans metrikleri, trafik modelleri vb) ve 6 GHz üstü sidelink kanal modelleme üzerine yoğunlaşmıştır⁵.
- **Tümleşik Erişim ve Ana Taşıyıcı:** Bu başlık altında tek hop, çoklu hop topoloji yönetimi, rota seçimi ve optimizasyonu, ana taşıyıcı (backhaul) ve erişim bağlantıları (access links) arası dinamik spektrum yönetimi ve yüksek spektral verimlilikle güvenilir kablosuz backhaul link haberleşmesini sağlama konuları çalışılacaktır⁶.

3GPP tarafından 5G standartlarının ilk sürümü olan Release 15, Aralık 2017 tarihinde yayımlanmıştır. Release 16 için ise 31 Mart 2018 tarihi itibariyle çalışmalar başlamış olup 2020 başında yayımlanması hedeflenmektedir. 3GPP Konsorsiyumu, Release 16 kapsamında aşağıdaki konuların çalışılmasını planlamıştır⁷:

- MIMO
- NR Ses
- IoT/eMTC Evrimi
- Yayın (Broadcast)

³ 3GPP'nin RP-172105 numaralı raporu.

⁴ 3GPP'nin RP-172021 numaralı raporu.

⁵ 3GPP'nin RP-171618 numaralı raporu.

⁶ 3GPP'nin RP-171880 numaralı raporu.

⁷ 3GPP'nin RP-172795 ve RP-180594 numaralı raporları.

- NR Araçtan Herşeye (Vehicle to Everything-V2X)
- NR Konumlandırma
- NR Esnek Dupleks
- NR Güç Tüketimi
- NR uRLLC İyileştirmeleri
- NR Hareketlilik (Mobility)
- NR Spektrum Kullanımı Verimlilik İyileştirmeleri
- 52.6 GHz'in Ötesindeki NR Tasarımı
- Karasal Olmayan Ağı Desteklemede NR İçin Çözüm Değerlendirme Çalışması
- 6-24 GHz Frekans Aralığı Üzerinde Çalışma

3.1.2.2. RAN WG2 çalışma grubu

Çalışma grubunda, Katman-2 ve Katman-3 üzerinde çalışılmakta olup radyo arayüzü mimarisinin ve protokol sonlandırmasının belirtilmesi; kullanıcı ekipmanı ve RAN arasındaki radyo arayüz protokollerinin belirtilmesi; RAN ve GSM/EDGE Radyo Erişim Ağında (GSM/EDGE Radio Access Network - GERAN) ortak olan radyo arayüz protokollerinin belirtilmesi; hücre seçimi ve yeniden seçim prosedürlerinin belirlenmesi; RAN özelliklerinde protokol metodolojisinin tanımı gibi konular ele alınmaktadır.

3.1.2.3. RAN WG4 çalışma grubu

Çalışma grubunda, baz istasyonu başarımları ve protokol konuları çalışılmaktadır. Çok sayıda ve farklı çalışma koşulları için Radyo Frekans (Radio Frequency -RF) benzetimleri ile baz istasyonlarının gönderme ve alma başarımları için azami gereksinimler belirlenmektedir. Baz istasyonlarının uyumluluk testleri tanımlanmakta olup baz istasyonu ve gelişmiş baz istasyonu, tekrarlayıcı ve gelişmiş tekrarlayıcı radyo uygunluk testi ile elektromanyetik uyumluluk (Electromagnetic Compatibility-EMC) spesifikasyonları; Radyo Link gereksinim özellikleri; hücre seçimi/tekrar seçim performans gereksinim özellikleri; Radyo Kaynak Yönetimini destekleyen performans gereksinimleri gibi konular ele alınmaktadır.

3.1.2.4. RAN WG5 çalışma grubu

Çalışma grubunda, kullanıcı terminali uyumluluk test tanımlamaları geliştirilmekte olup diğer ilgili RAN çalışma grupları ile koordinasyon halinde RF, RRM uygunluk testleri; diğer ilgili RAN ve CT çalışma grupları ile koordinasyon halinde, GERAN, Evrensel Karasal Radyo Erişimi (Universal Terrestrial Radio Access - UTRA), gelişmiş UTRA ve ötesi IMS ve NAS Protokolü testleri gibi konular ele alınmaktadır.

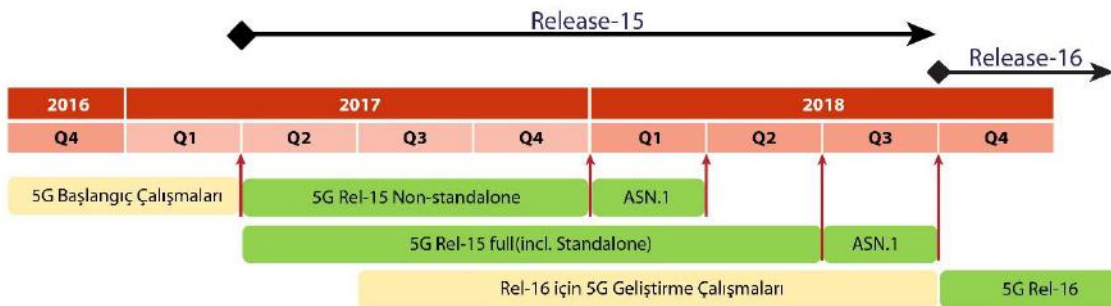
3.1.2.5. RAN WG3 ve WG6 çalışma grupları

RAN WG3 Çalışma Grubu kapsamında UTRA ile eUTRA ve ötesi üzerinde geliştirmeler yapılmakta, RAN WG6 Çalışma Grubu altında 2. Nesil standartlar olan GSM/EDGE erişim ağına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu iki çalışma grubu eski teknolojilerin devamlılığı için çalışmaktadır.

3.1.3. 3GPP “New Radio” yol haritası

2017 yılı Aralık ayında 3GPP tarafından 5G NR Bağımsız Olmayan (Non-Standalone-NSA) standardı NSA Sürüm (Release) 15 yayımlanmıştır. Bu standart, Uzun Süreli Gelişim (Long Term Evolution-LTE) kontrol katmanı ile birlikte çalışacak bir yapı sunmaktadır. 2018 yılı Haziran döneminde ise Bağımsız (Standalone-SA) NR standardı olan SA Release 15'in yayımlanması hedeflenmiş, Haziran ayında TSG 80. genel kurulu spesifikasyonun tamamlandığını onaylamış olup zaman çizelgesi Şekil 3-2'de gösterilmektedir (3GPP, 2018g).

Şekil 3-2 3GPP 5G NR Zaman Çizelgesi, Release 15

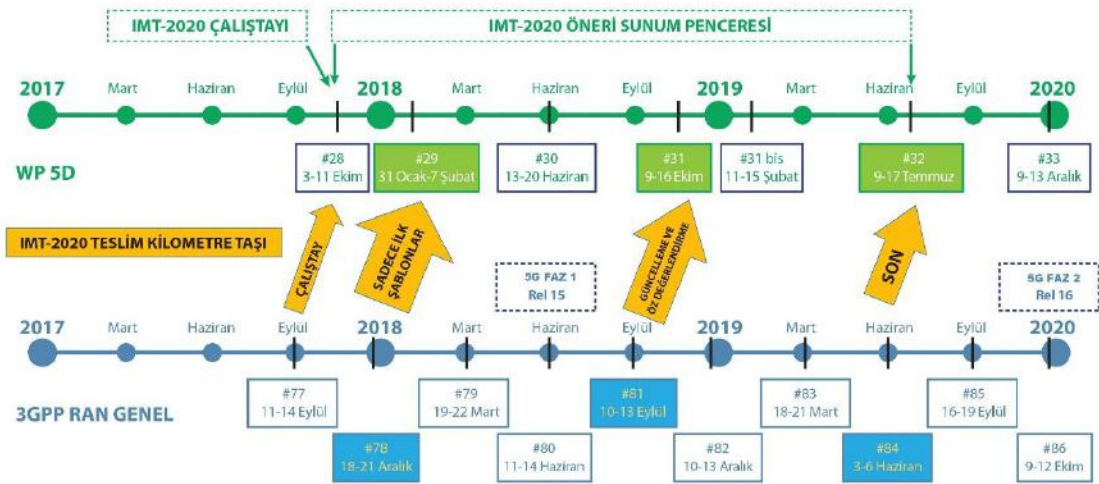


IMT 2020’de üç temel kullanım senaryosu öngörülmektedir:

- Geliştirilmiş Mobil Genişband (Enhanced Mobile Broad Band-eMBB)
- Yoğun Makine Tipi İletişim (Massive Machine Type Communication-mMTC)
- Ultra Güvenilir ve Düşük Gecikmeli İletişim (Ultra Reliable Low Latency Communication-uRLLC)

Release 15, eMBB kullanım senaryosu ve kısmen uRLLC (sadece “Ultra Güvenilir” kısmı) senaryosuna yönelik olarak yayımlanacaktır. IMT-2020 isterlerini tam olarak karşılayan standart ise Release 16 standardı olacaktır. Release 16’nın 2019 sonuna kadar tamamlanması hedeflenmekte olup zaman çizelgesi Şekil 3-3’de verilmektedir (3GPP, 2018h).

Şekil 3-3 3GPP 5G NR Zaman Çizelgesi, Release 16



Release 16’nın “New Radio” kapsamı, Release 15 ile uyumlu olacaktır. Release 16’da IMT 2020 beklentileri doğrultusunda iyileştirmeler ve eklemeler yapılacaktır. Bu nedenle, Release 16’da ele alınacak konular üzerinde temel araştırmalar yapmak hala mümkündür.

Release 15’te yayınlanan teknolojiler için ise geliştirme yapılarak yerli ürünlerin pazara sunulması mümkündür. Bilindiği kadarıyla henüz Release 15 ile uyumlu bir yonga seti (chipset) bulunmamaktadır. Bu yonga setlerinin pazara sunulmasının akabinde hızlı bir şekilde NR uyumlu baz istasyonu (macro cell) ve küçük hücre baz istasyonu (small cell) gerçeklemlerinin yapılabileceği değerlendirilmektedir.

3.1.4. İşletmecilerin çalışmaları

Ülkemizde kablosuz haberleşme sektörüne hizmet veren üç mobil şebeke işletmecisi bulunmaktadır. Söz konusu işletmeciler hem mevcut teknolojilerde ses ve veri hizmetleri sunarken hem de yeni teknolojilere kendilerini hazırlamak amacı ile çeşitli denemeler gerçekleştirmekte, standart belirleyici kurum ve kuruluş aktivitelerine katılım sağlamakta, konferanslar, paneller düzenlemekte ve katılım sağlamaktadır. 5G ve Ötesi konusunda ülkemizde uluslararası standardizasyon organizasyonları ile muadili organizasyonlara katılım sağlayan veya takip eden kurum/kuruluş/üniversite/şirketler ve katılım sağladıkları alanlar Bölüm 5.3.2, Tablo 5-10'da detaylı olarak belirtilmiştir. Mobil şebeke işletmecileri tarafından 5G konusunda çeşitli iş modeli denemeleri yapılmakta, uluslararası ve ulusal projeler yürütülmekte, standart düzenleyici kurumlarla ve üniversiteler ile çeşitli işbirliği çalışmaları gerçekleştirmekte olup fiziksel ağ katmanına ilişkin yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

- **Spektrum Denemeleri**

İşletmeciler tarafından bu kapsamda 5G teknolojisi için öncelikli frekanslar arasında yer alan 700 MHz, 3500 MHz ve milimetre dalga frekanslarında çeşitli denemeler yapılmış ve yapılmaktadır.

5G teknolojisinin temel kapsama bantlarından biri olabilecek 700 MHz frekans bandı, mevcut 4.5G şebekesi üzerinden test edilip 700 MHz frekans bandının getirilerine dair denemeler gerçekleştirilmiştir.

3,5 GHz bandı, sahip olduğu bant genişliği ve yayılım mesafesi ile 5G teknolojilerinin lider bandı olarak standartlarda yerini almıştır. Hem kapsama hem de yüksek hız kapasite ihtiyacını karşılayabilecek en uygun bant olan 3,5 GHz frekans bandı test edilerek, bu bandın sahip olduğu kapsama ve performans getirileri gözlenmiştir. Bu test ile 3,5 GHz bandının ve çoklu anten teknolojisinin kapasiteye ve performansa olan etkisinin 5G'ye giden yoldaki önemi analiz edilmiştir. Yine bu frekans bandında tanımlanan TDD teknolojisinin verimliliğini artıran yoğun alıcı-verici anten teknolojisi olan Massive MIMO ile yüksek hızlara erişmenin mümkün olacağı değerlendirilmektedir.

6 GHz altı frekans bandında yapılan kapsama ve kapasite denemelerinin yanı sıra çok yüksek veri iletim hızı ve noktasal dikey sektör kapsama gereksinimini karşılamak için 15 GHz, 28 GHz ve 70 GHz frekanslarında da denemeler yapılmıştır. Gözlemlenen çok yüksek veri iletim hızları sayesinde (>70 Gbps) farklı dikey sektörlerin ihtiyaç duyacağı farklı hız gereksinimleri için de yetenek sergilenmiştir.

- **Ürün Denemeleri**

İşletmeciler tarafından bu kapsamda 5G teknolojisinin ihtiyaç duyduğu farklı gereksinimleri karşılayacak farklı ürünler farklı tedarikçiler ile test edilmiştir.

Spektral verimliliği artıran ve 5G teknolojisinin ilk donanım çözümü olarak lanse edilen yoğun alıcı-verici anteni ile yapılan denemelerde, veri iletim hızının önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Yoğun alanlarda kullanıcı hız deneyiminden taviz vermeden geniş kapasite ihtiyacı söz konusu antenler ile karşılanabilmektedir. Artan veri iletim hızı ihtiyacını karşılamak için spektrumu en verimli şekilde kullanacak anten teknolojisi çözümleri, ileriki yıllarda çok daha kritik olacaktır.

Benzer şekilde 5G'nin üç bacağından biri olan makineler arası iletişim teknolojisinin dikey sektörlerde yerini alması için kritik gelişim, IoT ile sağlanmaktadır. Kablosuz haberleşme teknolojisi standartlarında IoT servisinin sunulması, Dar Bant Nesnelerin İnterneti (Narrowband IoT-NB-IoT) ile sağlanmaktadır. NB-IoT destekli cihazlar tarımdan belediyeçiliğe, akıllı şehirlerden giyilebilir cihazlara kadar oldukça geniş bir yelpazede kendine yer bulabilmektedir. Bu teknolojinin getirilerinin anlaşılması ve farklı iş modeli fırsatlarının geliştirilmesi adına operatörler çeşitli test faaliyetleri yürütmektedirler ve şebekelerini NB-IoT aktif hale getirmektedirler.

Artan cihaz sayısı ve değişen beklentileri karşılamak için şebeke düzenlemesinin de gitgide karmaşıklaşacağı aşikârdır. Bunun için de akıllı sistemlerin ve kendi kendini yönetebilen şebekelerin hayata geçirilmesi kritik önem arz etmekte olup işletmeciler kendilerini çeşitli Kendi Kendini Düzenleyen Şebeke (Self Organized Network - SON) uygulamaları ile hazırlamaktadır. Fiber altyapının gelişimine paralel olarak Merkezileştirilmiş Radyo Şebekesi (Centralized RAN - CRAN) çözümleri de farklı uygulama alanlarında operatörler tarafından denenmiştir.

5G'nin farklılaşan gereksinimlerini verimli kaynak tahsis algoritmaları ile karşılamak için dinamik ve programlanabilir şebeke dilimleme çözümleri farklı dikey sektör taleplerini karşılamak için deneyimlenmiştir. Operatörler hem uç noktada daha gelişmiş erişim şebekesi fiziksel katman ürünlerini kullanırken hem de çekirdek şebekede SDN ve NFV çözümleri ile uçtan uca dönüşümün adımlarını atmaktadır.

- **Yerli, Milli Yeni Nesil Ürün, Teknoloji Geliştirme Çalışmaları**

İşletmeciler tarafından bu kapsamda programlanabilir radyo erişim ağları, kamu güvenliği ve 5G altyapılarında kullanılacak yazılım tanımlı ağlar gibi ürünlerin geliştirilmesine çeşitli formlarda destekler verilmektedir. 5G teknolojisinin yerli, milli olması adına donanım ve yazılım üreticileri ile yol haritaları üzerinde çalışmalar yürütülmekte ve gerekli yönlendirmeler yapılmaktadır.

- **5G ve Ötesi Teknoloji Araştırmaları**

İşletmeciler tarafından, Terahertz teknolojileri, görünür ışıqla haberleşme, foton seviyesinde kodlama ve kod çözme, yeşil iletişim, çoklu erişim teknikleri, büyük veri ve mobil bulut bilişim gibi teknolojilerin 5G ötesi teknolojilerde kullanılması üzerine geliştirmelere, çalışmalara ve projelere katılım sağlanmaktadır.

İşletmecilerin 5G fiziksel ağ katmanı konusunda planladığı çalışmalar ise aşağıda yer almaktadır:

- Hali hazırda sürdürülen akademik çalışma, patent ve fikri mülkiyet hakları girişimlerinin artarak devam etmesi,
- 5G teknolojisinin dikey sektörler ile etkileşimine hizmet edecek dar bant IoT uygulamasının saha uygulamalarının artarak kullanılması, bu konuda yerli geliştiricilere destek sağlanmaya devam edilmesi,
- Ürün denemeleri kapsamında düşük (< 1GHz), orta (1-6 GHz) ya da yüksek (>6 GHz) frekanslarda çalışan baz istasyonları ile yapılacak 5G teknolojisi testlerinin farklı ürünler ile devam etmesi,
- Uygun terminallerin geliştirilmesi (sanal ve artırılmış gerçeklik giyilebilir teknolojileri, sensör teknolojileri gibi), bunların kişi ihtiyaçlarına göre şekillenmesi

ve form alması adına doğru iş modellerinin geliştirilmesi çalışmalarının önemli bir odak olarak devam etmesi,

- Fiber optik ağ altyapısının tüm teknolojiler için en önemli bileşenlerden biri olduğu, uç noktalara kadar sağlanan fiber ile kurulacak ağ yapısı sayesinde 5G teknolojisinin tüm aboneler tarafından da tam manası ile deneyimlenebileceği değerlendirilmektedir. Bu nedenle işletmecilerin 5G'nin temelini teşkil eden fiber altyapı odağının artarak devam etmesi,
- Fiber optik erişimin sağlanamadığı alanlarda fibere yakın hızlar sağlayacak RL ürünlerinin geliştirilmesi adına girişimlerin sürmesi

planlanmaktadır.

3.1.5. Akademik çalışmalar

Ülkemizde bilgi ve iletişim teknolojileri sektörüne dair eğitim veren çok sayıda üniversite ve program bulunmakta olup söz konusu kurumlarımızda, 5G ve Ötesi teknolojilere yönelik pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardan fiziksel ağ katmanında öne çıktığı görülen mMTC, uRLLC, RFIC tasarım ve üretimi, dalga formu tasarımı, MIMO gibi anten teknolojileri, terahertz ve görünür ışık haberleşme, bant içi çift yönlü haberleşme, NOMA ve çoklu erişim teknikleri, fiziksel ağ güvenliği, NR, Bulut Radyo Erişim Şebekesi (Cloud RAN), ön plan bağlantı (fronthaul) ve arka plan bağlantı (backhaul) sistemleri, IoT, V2X, uydu ve hava araçları haberleşmesi gibi konularda üniversitelere genel olarak bakıldığında, gerek öğretim üyesi ve araştırmacı, gerekse teçhizat ve laboratuvar ortamı bakımından bu çalışmaları destekleyecek ve sürdürülecek birikimin büyük oranda bulunduğu görülmektedir.

5G ve ötesi alanlar üzerine çalışan üniversiteler, çalışma konuları ve laboratuvar altyapılarına ilişkin detaylı bilgi, 5GTR Forum üyesi üniversitelerimizin öğretim üyelerine gönderilen bilgi formu esas alınarak Ek-1'de sunulmuş olup bu çalışma temel alınarak ülkemizde fiziksel ağ katmanına yönelik çalışan üniversiteler, araştırmacı profili ve laboratuvar altyapıları bu kısımda özetlenmiştir.

Ülkemizde fiziksel ağ katmanına yönelik çalışan araştırmacıları ve çalışmaları üç grupta incelemek mümkündür:

- 5G'ye imkan veren teknolojiler olarak adlandırılabilirler, small cell, Heterojen Ağlar (Heterogeneous Network - HetNet), Koordineli Çok Noktadan Erişim (Coordinated Multipoint - CoMP), çoklu bağlantı, NOMA girişim engelleme veya azaltma teknikleri, milimetre dalga, MIMO/Massive MIMO, Cloud RAN, dalga formu tasarımı, tam dubleks haberleşme, görünür ışıkla haberleşme, göndermede hata düzeltme, enerji hasatı, ağ güvenliği gibi konularda temel araştırmalar yürüten araştırmacılar,
- 5G'ye yönelik uRLLC, eMTC, mMTC gibi doğrudan 5G altyapısı ile ilgili konularda ve bunların uygulaması olarak değerlendirilebilecek V2X, IoT, Cihazdan Cihaza (Device to Device - D2D), Makineler Arası İletişim (Machine to Machine - M2M) ve hava araçları yoluyla haberleşme alanlarında çalışan araştırmacılar,
- Yukarıdaki çalışmaların uygulamaya geçirilmesinde kullanılabilirler optik, (GHz/THz Tümüleşik Devre (Integrated Circuit-IC) tasarımı, Mikro ve Nano Elektromekanik Sistem (Micro and Nano Electromechanical Systems - MEMS/NEMS) tasarımı, güç yükselteci ve süzgeç tasarımı gibi mikroelektronik tasarımı ve anten tasarımı (parçalı anten, faz dizili antenler) konularında faaliyet gösteren araştırmacılar.

Bu başlıklar üniversiteler bazında incelendiğinde ise şöyle bir tablonun ortaya çıktığı görülmektedir:

1. Birinci Gruptaki Çalışmalar:

- Küçük ağlar, HetNet, CoMP, çoklu bağlantı gibi optimizasyon ağırlıklı konularda: Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, Kadir Has Üniversitesi, Medipol Üniversitesi, ODTÜ, TOBB-ETÜ ve YTÜ'de araştırmacılar olduğu,
- NOMA, MIMO/Massive MIMO, dalga formu tasarımı, tam dubleks haberleşme, milimetre dalga gibi sinyal işleme ağırlıklı konularda: Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, Kadir Has Üniversitesi, Medipol Üniversitesi, ODTÜ, Özyeğin Üniversitesi ve Selçuk Üniversitesi'nde çalışmalar yapıldığı,
- Güvenlikle ilgili konularda: Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, Medipol Üniversitesi'nde araştırmacıların bulunduğu,
- Görünür ışıkla haberleşme konusunda:

Hacettepe Üniversitesi, Medipol Üniversitesi ve Özyeğin Üniversitesi'nde çalışmaların olduğu görülmektedir.

Bu açıdan bakıldığında katılımcı üniversitelerin tamamına yakınında 5G ile ilgili olduğu değerlendirilebilecek temel araştırma konularında çalışmalar yürütüldüğü görülmektedir.

2. İkinci Gruptaki Çalışmalar:

Doğrudan 5G ile ilgili konularda yapılan çalışmalar daha kısıtlıdır.

- V2X konularında:
Marmara Üniversitesi ve ODTÜ'de,
- IoT, D2D ve M2M konularında:
İTÜ, Medipol Üniversitesi ve Özyeğin Üniversitesi'nde

çalışmalar yapılmaktadır.

Ancak Birinci Grup'ta yer alan çalışmaların çoğunun 5G ve ötesine yönelik yapıldığı veya temel araştırma amacı gütsede dahi kolaylıkla 5G'ye uyarlanabileceği değerlendirildiğinde bu maddedeki üniversite sayılarının kolaylıkla arttırılabileceği düşünülmektedir.

3. Üçüncü Gruptaki Çalışmalar:

Bu alanda çalışan ve yukarıdaki konuların uygulamaya geçirilmesinde çok değerli olacak anten, RF devre ve mikroelektronik tasarımı yapılan üniversitelerimiz ise,

- Anten ve RF devre tasarımı ve geliştirme konularında:
Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, ODTÜ ve YTÜ'de araştırmacılar bulunmaktadır.
- Mikroelektronik tasarım ve geliştirme konularında:
Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, TOBB-ETÜ ve YTÜ'de çalışmalar yapılmaktadır.

Üniversitelerin Laboratuvar Altyapıları

Üniversitelerin laboratuvar altyapıları incelendiğinde birçok üniversitede Evrensel Yazılımla Tanımlanabilir Radyo Uç Birimi (Universal Software Radio Peripheral - USRP) gibi yazılımla tanımlanabilir radyo imkânı bulunduğu görülmekte olup;

- RF/Anten tasarım ve ölçüm imkânları:
Hacettepe Üniversitesi, İTÜ, ODTÜ ve YTÜ’de bulunmaktadır.
- Parçalı anten (patch antenna) tasarımı açısından kritik olan hızlı Baskılı Devre Kartı (Printed Circuit Board-PCB) prototipleme cihazı:
Hacettepe Üniversitesi ve ODTÜ’de bulunmaktadır.
- Görünür ışıkla haberleşme/LiFi konusunda:
Özyeğin Üniversitesi’nde bir laboratuvar bulunmaktadır.
- Dışarıya açık temiz oda ve RF entegre test donanımları (70 GHz ve 300 GHz bantlar için vektör network analizörü ve probe istasyonu):
Koç Üniversitesi’nde bulunmaktadır.
- 5G ötesi ve THz iletişim sistemleri test alt yapısı (60 GHz, 94 GHz, 110-170 GHz, 220-330 GHz, 500-750 GHz test sistemleri):
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, ODTÜ ve TOBB-ETÜ’de bulunmaktadır.

Sonuç olarak, üniversitelerde halen 5G ve ötesi ile ilgili konularda yapılan temel araştırmaların nitelik ve niceliğinin, fiziksel ağ katmanında yapılacak çalışmalara akademinin önemli katkılar sağlayacağına göstergesi olduğu değerlendirilmektedir.

3.1.6. Üreticilerin çalışmaları

5G ve ötesi teknolojilere yönelik olarak fiziksel ağ katmanına dair yerli üreticiler tarafından da çeşitli çalışmalar yürütüldüğü ve farklı ürünlerin ortaya çıkmaya başladığı görülmektedir. Ülkemizin 4.5G’ye geçiş süreci de bu kapsamda önemli adımların atıldığı bir dönem olmuş, 4.5G (IMT Advanced) ihalesinde yerli üretimi desteklemek amacıyla işletmecilere ilk yıl %30, ikinci yıl %40, üçüncü yılın sonunda %45’lik kısmının Yerli Malı Belgesine sahip ürünlerden temin edilmesi hususunda yükümlülük getirilmiş, ayrıca şartname 5G teknolojisinin kullanımına açık hale getirilmiş ve yapılan değişikliklerle yerli ürünlerin kullanılması hedeflenmiştir.

Mevcut durumda, Türkiye’nin ilk yerli ve milli baz istasyonu ULAK için Turkcell, Vodafone Türkiye ve Türk Telekom ile ilk satış sözleşmesi imzalanmıştır. Söz konusu baz istasyonu, gelinen aşama itibarıyla işletmeciler tarafından işletilen ticari şebekelerde kullanılabilir seviyeye getirilmiş olup ULAK, Evrensel Hizmet Kanunu çerçevesinde kurulan mobil haberleşme altyapısında kullanılmaktadır. ULAK'a ilave olarak, ASELSAN

tarafından başlatılan Yerli Baz İstasyonu Anteni geliştirilmesinde de mesafe kaydedilmiş olup mobil şebeke işletmecileri ile işbirliği çalışmaları devam etmektedir. Bu kısımda, 5G ve ötesi teknolojilere yönelik olarak fiziksel ağ katmanında öne çıkan yerli üreticiler ve çalışmaları özetlenmiştir.

3.1.6.1. ULAK haberleşme

ULAK Haberleşme A.Ş. (ULAK Haberleşme) mobil şebeke işletmecilerinin kullandığı mobil ve geniş bant haberleşme sistemlerinin Ar-Ge ve mühendislik faaliyetlerini gerçekleştirmek, söz konusu sistemleri ve yedek parçalarının üretimini, test, montaj ve entegrasyonunu, satış ve pazarlamasını, ithalat ve ihracatını yapmak, eğitim, bakım ve destek hizmetini vermek amacıyla SSTEK Savunma Sanayii Teknolojileri A.Ş. tarafından 20 Nisan 2017 tarihinde kurulmuştur (ULAK, 2017). Ulak Haberleşme, 5G ve Ötesi teknolojilerde, ulusal yeteneklerle geliştirilmiş, uluslararası standartlarda, yaratıcı, standartlardaki gelişmelere göre dinamik, uçtan uca ağ çözümleri geliştirmeleri yapmaktadır.

Türkiye'nin ilk yerli ve milli 4.5G eNodeB'si ULAK mevcutta Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (mülga Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı)'nın desteği, Savunma Sanayii Müsteşarlığı koordinasyonunda, Aselsan, Netaş ve Argela Ar-Ge tasarım ekipleriyle beraber tasarlanmıştır. Evrensel Hizmet Kanunu çerçevesinde kurulan mobil haberleşme altyapısının güncellenmesi ve yaygınlaştırılması kapsamında Turkcell, Türk Telekom ve Vodafone adına radyo şebeke paylaşım özelliğine uygun olarak kullanılmaktadır. 2018 yılı içerisinde bu kapsamda yerli 4.5G eNodeB ULAK kullanımının %50 üstüne çıkması beklenmekte, ileri fazlarda bu oranın %100 olması hedeflenmektedir. ULAK eNodeB mobil şebeke işletmecilerinin laboratuvar testleri, Evrensel Saha Testleri ve Şile Saha Testlerinden geçerek kullanım onaylarını almıştır. Mevcutta Şile ve Rize'de işletmeciler tarafından ticari şebekelerinde kullanım maksatlı saha testlerine tabi tutulmaktadır. Ticari şebekede yaygın olarak kullanılmaya 2018 yılı içerisinde başlanacaktır. ULAK Haberleşme 5G kapsamında gNodeB geliştirmesini projelendirerek ilerletme aşamasındadır.

ULAK Haberleşme ayrıca, görev kritik haberleşme ağlarında, ağ altyapılarının merkezi yönetimi, siber güvenlik politikalarının uygulanması ve ağ altyapılarında dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla SDN/NFV tabanlı kontrolcü ve sanal ağ fonksiyonlarının milli imkânlarla geliştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen MILAT projesinin ürün sahibidir. Ulak Haberleşme, yerli ve milli imkânlarla tasarlanan Çınar SDN/NFV Tabanlı 5G Hazır Çekirdek Şebeke Geliştirme Projesinin ana yüklenicisidir. Bu kapsamda, 5G çekirdek şebeke bileşenleri, görev kritik ağ servisleri ve ticari kullanıma hazır yönetim arayüzleri ile uçtan uca bir çekirdek şebeke çözümü geliştirecektir. Bu kapsamda yerli firmalar ve üniversitelerle, yerli ve milli ekosistemin geliştirilmesi ve yeni nesil haberleşme ağlarındaki bilgi birikiminin artırılmasına yönelik işbirlikleri yapmaktadır.

3.1.6.2. ASELSAN

ASELSAN A.Ş. (ASELSAN), 1975'te Türk Silahlı Kuvvetleri'nin haberleşme ihtiyaçlarının milli ve özgün olarak karşılanması amacıyla kurulmuş olup elektronik teknolojileri ve sistem entegrasyonu alanında, katma değeri yüksek, yenilikçi, güvenilir ürün ve çözümler sunarak ülkemizin teknolojik alanda dışa bağımlılığını azaltma amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir (ASELSAN, 2018). ASELSAN tarafından 5G Fiziksel Ağ katmanına ilişkin olarak sürdürülen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

- 5G ve sonrası hücreli haberleşme sistemlerinin standartlarında yer alan fiziksel katman algoritmalarının gerçekçi performans testlerinin yapılabileceği esnek bir platform (donanım/yazılım) geliştirmek ve bu platform üzerinde 5G standardının fiziksel katmanını gerçekleştirmek amacıyla çalışmalar yürütülmektedir. Bu projenin temel hedefi, 5G ve sonrasında yayınlanacak standartlara girebilecek algoritma/yöntem geliştirmektir.
- Aynı anten ile aynı frekans ve zamanda alma ve gönderme yapabilen tam çift yönlü (full duplex) haberleşme sistemlerinin zaman ve frekans paylaşımı (TDD ve FDD) sistemlere kıyasla daha etkin kaynak kullanımına olanak sağlamaları sebebiyle 5G ve Ötesi haberleşme sistemlerinde önemli yer bulacağı beklenmektedir. Bu kapsamda, 27-30 GHz frekans bandında en az 100 MHz bant genişliğini destekleyecek tam çift yönlü haberleşme altyapısının geliştirileceği bir proje yürütülmektedir. Çalışma kapsamında full duplex RFIC entegre devre tasarımı, sayısal özgirişim giderim yöntem ve algoritmaları ve amaca yönelik dalga şekli tasarımı özgün olarak gerçekleştirilecek ve millileştirilecektir. Bu sayede, 5G

sistemlerinde küçük hücre arka plan bağlantı ürünleri için teknik altyapı oluşturulmuş olacaktır.

- ASELSAN'ın sayısal takograf ve eCall tecrübelerinden faydalanılarak bilgi güvenliği gereksinimlerinin öncelikli olarak ele alınacağı ve kamu güvenliği uygulamalarının öncelikli olarak hedeflendiği araçtan herşeye konusunda milli V2X araç üzeri birimi (On Board Unit,OBU) ve yol kenarı birimi (Road Side Unit, RSU) geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir. İki ünite de V2X haberleşme katmanının yanı sıra kriptografi anahtarı barındıran güvenilir modül (Hardware Security Module, HSM) bulunacaktır.
- 5G sisteminde taşınacak veri hızlarının ve cihaz yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle baz istasyonları arasındaki arka plan bağlantı (backhaul) linklerin yüksek kapasiteli olması elzem hale gelmiştir. 5G için ihtiyaç duyulacak ana taşıyıcı kapasitesini mevcut radyo linkler karşılayamayacaktır. Bu durumda milimetre dalga frekans bandında hali hazırda kullanılmayan frekans bantlarının mevcut olması nedeniyle 80 GHz ve üzeri frekanslar küçük hücre ana taşıyıcı radyo linkler için cazip frekans bantları olarak ön plana çıkmaktadır. ASELSAN ve IBM Research Lab tarafından ortaklaşa yürütülen ve geliştirme çalışmaları tamamlanan W-bandı alıcı ve verici çipleri, bu frekans bandında çalışacak radyo link tasarımı için çok önemli bir altyapı oluşturmaktadır. Her birinde 16 kanal bulunan ve tasarımı tamamlanan çiplerin faz dizili bir anten sistemi tasarımında kullanılması için çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmada anten tasarımları yapılacak ve çipler ile beraber paketlenerek anten sistemi haline getirilecektir. İhtiyaç duyulduğunda anten sistemi içerisindeki çiplerin sayıları artırılarak radyo linklerin menzillerinin artırılması da mümkün olabilecektir. 2018 yılında başlatılan projede bu anten sistemi ile taban bant kısımlarının geliştirilmesi ve bu iki kısmın entegre edilerek W-bandında çalışan geniş bantlı küçük hücre ana taşıyıcı radyo link modülü için prototip geliştirilmesi hedeflenmektedir.
- Keysight Technologies ile ortaklaşa yürütülen bir başka çalışmada, faz dizili anten ile kullanıcı ekipmanının yönünü otomatik olarak bulan ve huzmeyi ona doğru yönlendiren bir huzme yönlendirici (beam steering) test altyapısı oluşturulmuş ve 2017 Mobile World Congress'de tanıtımı yapılmıştır.
- 5G uygulamalarında kullanılmak üzere 4 kanallı 28 GHz bandında çalışan bir faz dizili birim geliştirilmesi için İngiltere'deki Viper RF şirketiyle ortaklaşa olarak Avrupa Birliği'nin Eureka Programı'ndan 2016 yılında başlayan bir proje desteği

alınmıştır. Proje kapsamında çok fonksiyonlu bir güç yükselteç Monolitik Mikrodalga Tümlşik Devre (Monolithic Microwave Integrated Circuit - MMIC) geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilecek birimde güç yükselteç, sayısal faz kaydırıcı ve zayıflatıcı olması hedeflenmektedir. Bu projenin devamı olmak üzere, 5G sistemlerinde small cell uygulamaları için geliştirilecek Anten Entegre Radyo (Antenna Integrated Radio - AIR) veya Aktif Anten Sistemi (Active Antenna System - AAS) ürününde kullanılacak 28 GHz'de dört kanallı bir faz dizili birim geliştirilmesi için, proje devam etmektedir.

3.1.6.3. Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi

Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi (HTK), haberleşme teknolojileri sektöründeki paydaşları bir araya getirerek ortak hareket etmek, sektörün ihtiyaçlarının karşılanması ve uluslararası pazarlarda rekabet edebilmesini sağlamak, sektörde donanım, yazılım ve malzeme üreticileriyle hizmet sağlayan işletmecilerin ihtiyaçlarının karşılamak amacıyla kurulmuş olup küçük ve orta ölçekli üreticilerimiz HTK çatısı altında çeşitli çalışmalar yürütmektedir⁸. Kümelenmedeki firmalar tarafından 5G Fiziksel Ağ katmanına ilişkin olarak aşağıdaki başlıklarda çalışmalar devam etmektedir:

- Radyo erişim şebekesinin tüm fonksiyonlarını yazılım ile sanallaştırarak ana veri merkezinden çalıştırmak için çalışmalara devam edilmektedir. Release 15 temel alınarak Cloud RAN için merkezi ve dağıtık yazılım tabanlı birimler (Central Unit ve Distributed Unit) gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.
- Uçtan uca siber güvenlik, radyo erişim şebekesinde kullanılan kimlik doğrulama, veri şifreleme ve güvenliği algoritmaları; güvenlik tekniklerine ve ürünlerine ilişkin çalışmalar devam etmektedir.
- 7 GHz, 13 GHz ve 80 GHz bantlarında üç tip radyolink ve small cell'e yönelik çalışmalar devam etmektedir.
- 5G teknolojisinde kullanılacak yeni nesil anten, Masif MIMO ve RRU teknolojilerine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

⁸ <http://www.haberlesmekumelenmesi.org/haberlesme-teknolojileri-kumelenmesi-icerik-77>

3.1.6.3. AB MİKRO NANO ve YİTAL

ASELSAN ve Bilkent Üniversitesi ortaklığında kurulan ASELSAN BİLKENT Mikro Nano Teknolojileri San. Tic. A.Ş. (AB Mikro Nano) ile ülkemiz savunma, uzay, haberleşme ve enerji sektörleri için stratejik öneme haiz Galyum Nitrat (GaN) temelli çipler üretebilen dünyanın sayılı ülkelerinden biri olmuştur (ASELSAN, 2014).

Yüksek güç gerektiren uygulamalarda kullanılan GaN yarı iletken çiplerin üretimi için kurulmuş olan AB Mikro Nano üretim tesislerinde, yüksek güç gerektiren 5G uygulamalarında kullanılacak yarı iletken bileşenler üretilebilecektir.

YİTAL, Türkiye'nin yarı iletken ihtiyacını karşılamak üzere tasarım ve üretim olanakları olan bir merkezdir.

3.2. Sistem Mimarisi

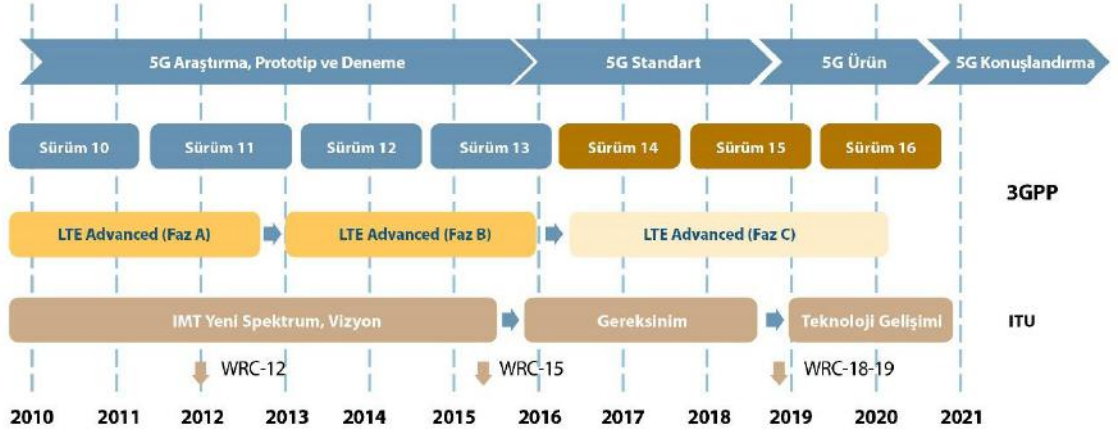
Ülkemizin bu alanda sahip olduğu imkân ve yetenekler göz önüne alınarak, 5G teknolojilerinde, fiziksel katmanda yer alabilecek ürün ve teknolojilerin yerli geliştirme ve üretimini sağlayabilmek amacıyla odaklanılması gereken alanların belirlenebilmesi için öncelikle 5G teknolojilerinde ortaya çıkması öngörülen mimari yapının nasıl olması gerektiğine dair saptamaların yapılmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir. Bu sebeplerle bu kısımda öncelikle dünyadaki eğilimler ve bu kapsamdaki saptamaların ardından mobil şebeke işletmecilerinin şebeke mimarisine ilişkin değerlendirmeleri yer almaktadır.

3.2.1. 5G Sistem mimarisi

Ticari olarak 2020 yılında hizmet vermesi beklenen 5G teknolojileri için öngörülen mimari yapının, fiziksel ağ katmanında teknolojinin durumunun, geliştirme ve uygulama alanlarının, diğer katmanlar ile ilişkilerinin, mevcut şebekelerin dönüşüm planlarının ortaya konularak 5G mimarisinin ve alt bileşenlerinin nasıl olması gerektiğine dair saptamaların yapılmasının son derece önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle öncelikle standartlara ilişkin yol haritaları da göz önünde bulundurularak (Şekil 3-4,

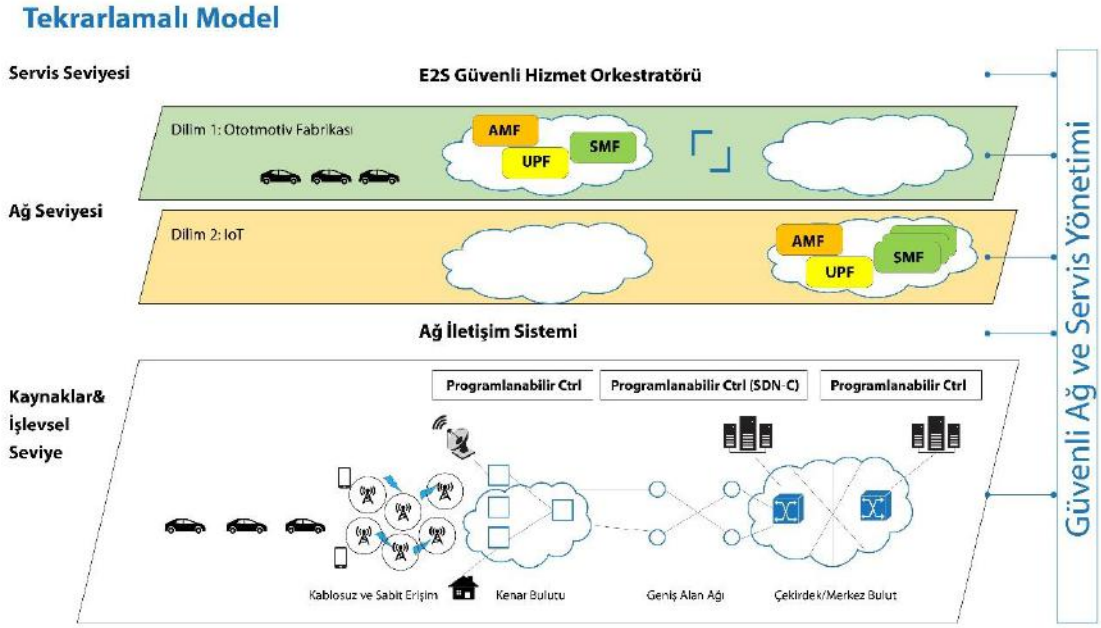
(Telecoms, 2015)) 5G dünyasında farklı istekleri olan alanlara ve kullanım tiplerine olanak sağlayan sistem mimarilerine ilişkin öngörüler ele alınmıştır.

Şekil 3-4 Standartlaşma Zaman Çizelgesi



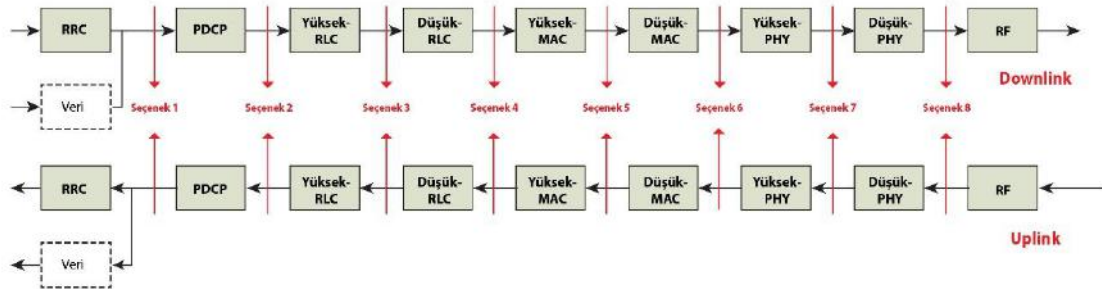
5G haberleşme sistemlerinde, SDN kontrolcü ile yönetilebilir ve NFV tabanlı sistemler ile ekipman sağlayıcı bağımsız jenerik donanım üzeri yazılım programlama ile ilerlenmesi planlanmakta ve uygulamada da bu şekilde ilerlenmektedir. Bu sayede gerçek zamanlı ağ kontrolünün olacağı, ağın merkezden programlanabileceği, kullanıcı ve kontrol düzlemlerinin ayrıştırılmasının sağlanabileceği, yazılım ve donanım sağlayıcıya olan bağımlılığın azalacağı, ölçeklendirmenin, ağ yazılım yönetiminin, problem çözümlenmesinin ve yeni yazılım geliştirmelerinin kolaylaşacağı düşünülmektedir (Şekil 3-5 (5GPPP, 2017a)).

Şekil 3-5 Taslak 5G Genel Şebeke Mimarisi



Kontrol düzlemi, kullanıcı düzlemi ayrıştırması ile gecikme hassasiyeti olan uygulamalarda 5G mimarisinde kontrol düzleminin lokalde olması düşünülmektedir. Şekil 3-6’da alternatif uzak radyo, merkezi ünite katman ayrımı ve mimarileri (3GPP, 2017i), Şekil 3-7’de çekirdek şebeke ve yeni radyo geçiş mimarileri (Techplayon, 2017) görülmektedir.

Şekil 3-6 Alternatif Uzak Radyo/Merkezi Ünite Katman Ayrımı ve Mimarileri

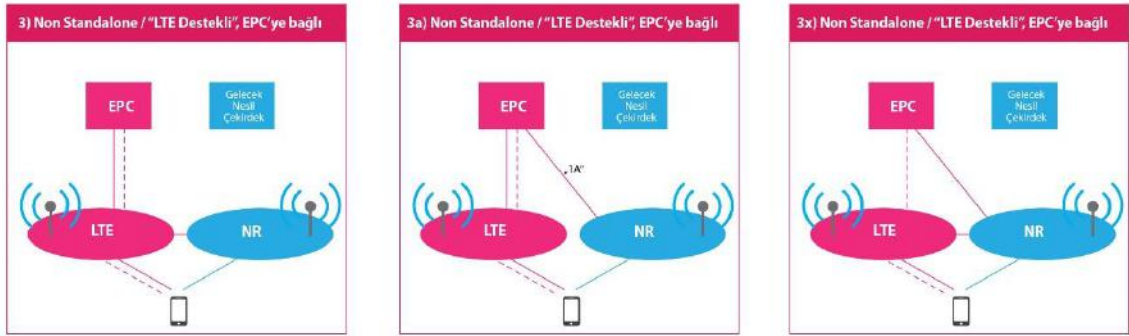


Şekil 3-7 Çekirdek Şebeke ve Yeni Radyo Geçiş Mimarileri

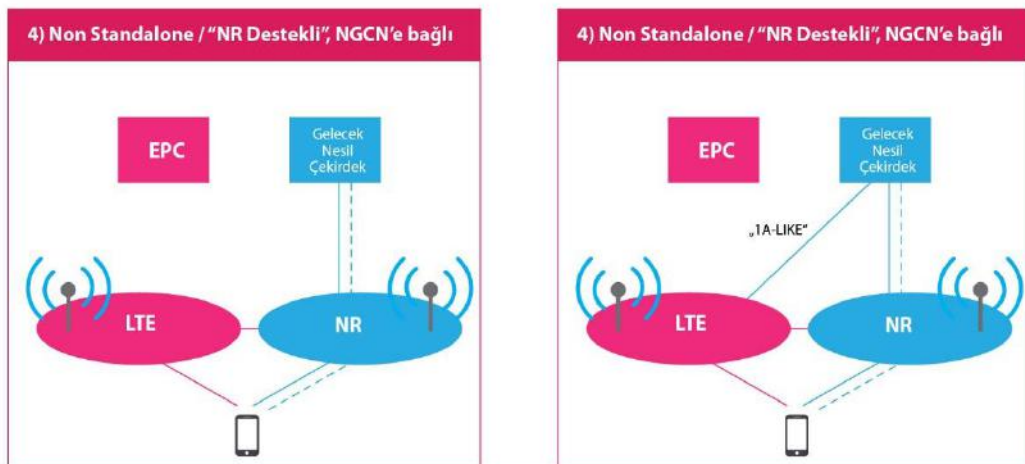


(1) EPC'ye Bağlı Eski Nesil Ayrık Şebeke

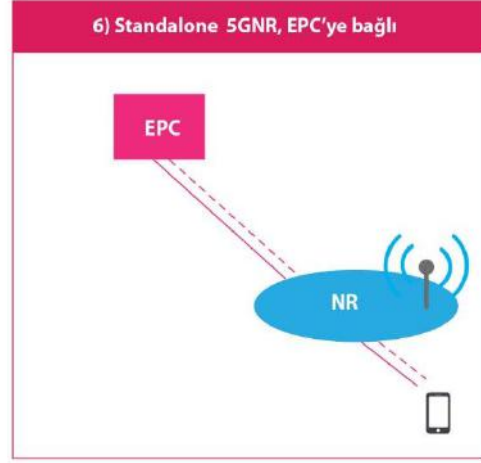
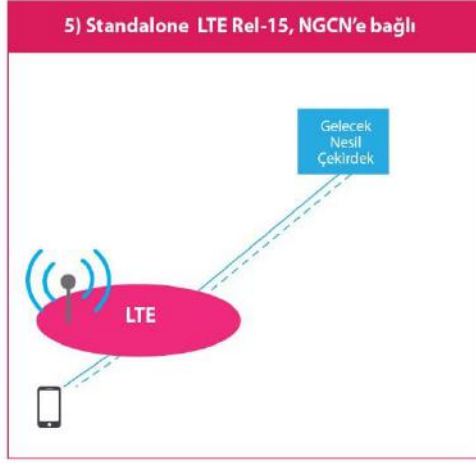
(2) Yeni Nesil Çekirdek Şebekeye Bağlı Ayrık Şebeke



(3) Ayrık Olmayan, EPC'ye Bağlı, LTE Yardımlı

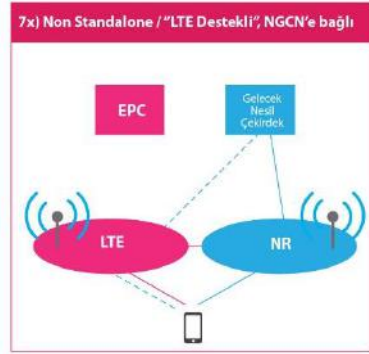
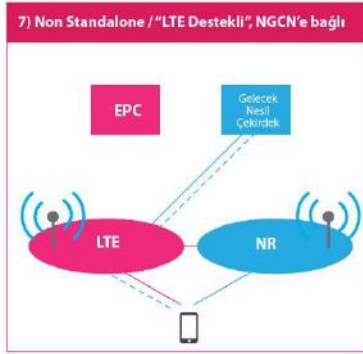


(4) Yeni Nesil Çekirdek Şebekeye Bağlı Yeni Radyo Yardımcılı

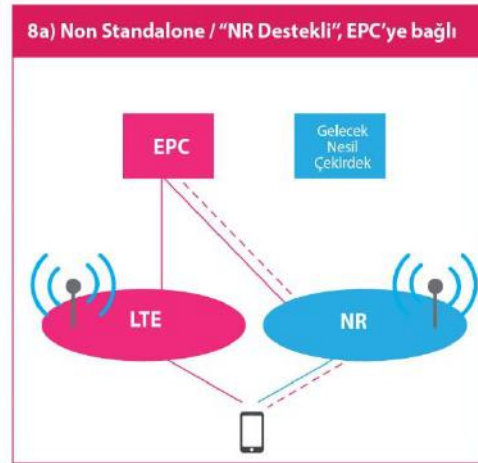
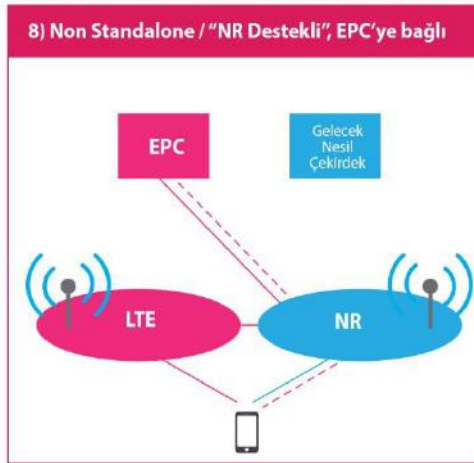


(5) Ayrık LTE Release 15, Yeni Nesil Çekirdek Şebekeye Bağılı

(6) Ayrık 5G Yeni Radyo, EPC'ye bağılı



(7) Ayrık Olmayan, LTE Yardımlı, Yeni Nesil Çekirdek Şebekeye Bağılı



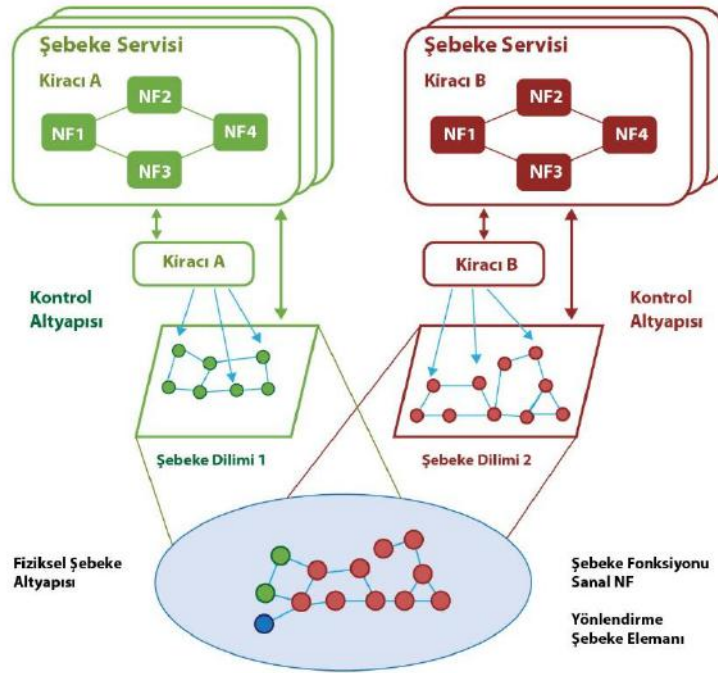
(8) Ayrık Olmayan, Yeni Radyo Yardımcılı, EPC'ye Bağılı

4G ve 5G'nin birlikte çalışmasının, farklı frekansların Uplink/Downlink kapsama farkının kullanılabilmesi adına faydası bulunmakta olup, 5G'nin Uplink kapsamının olmadığı,

Downlink'inin olduğu, LTE'nin Uplink kapsamının olduğu alanlarda, LTE'nin Uplink, 5G'nin ise Downlink olarak kullanılması ile 5G kapsamının artırılması mümkün olabilmektedir⁹.

Şebeke dilimleme ile 5G şebekesinde uçtan uca kaynak yönetimi dinamik olarak yapılabilecek, kamu güvenliği gibi servislere atanmış ve istelere göre özelleştirilmiş kaynak verilebilecek, dinamik olarak merkezi bir yerden de kontrolü yapılabiliyor olacaktır. Aynı şekilde, bant kiralarak çalışan servis ve operatörlere atanmış kaynak aktarımı yapılabilecektir. Şebekenin zaman ve uzayda dinamik konfigürasyonu, olagelen değişmelere ve olaylara istinaden otomatik yapılabiliyor olacaktır. Şekil 3-8'de şebeke dilimleme mimarisi (5GPPP, 2017b) görülmektedir.

Şekil 3-8 Sanallaştırılmış Şebeke Dilimleme Mimarisi



Radyo erişim şebekesinin (Radio Access Network-RAN) buluta taşınması Uzak Radyo Birimi (Remote Radio Unit-RRU) ve Temel Bant Biriminin (Baseband Unit-BBU) ayrıştırılarak temel bant ünitelerinin merkezileştirilmesi ile sağlanacaktır. Bu sayede,

⁹ Technical Specification Group Radio Access Networks, 2018-02, 3GPP TR 37.872 V.0.2.0, Supplementary Uplink and LTE-NR coexistence (Release-15)

sahaların footprint'i (kullandığı alan) azalacak, her saha için temel bant yatırım ihtiyacı kalmayacak, dinamik kaynak kullanımı mümkün olacaktır.

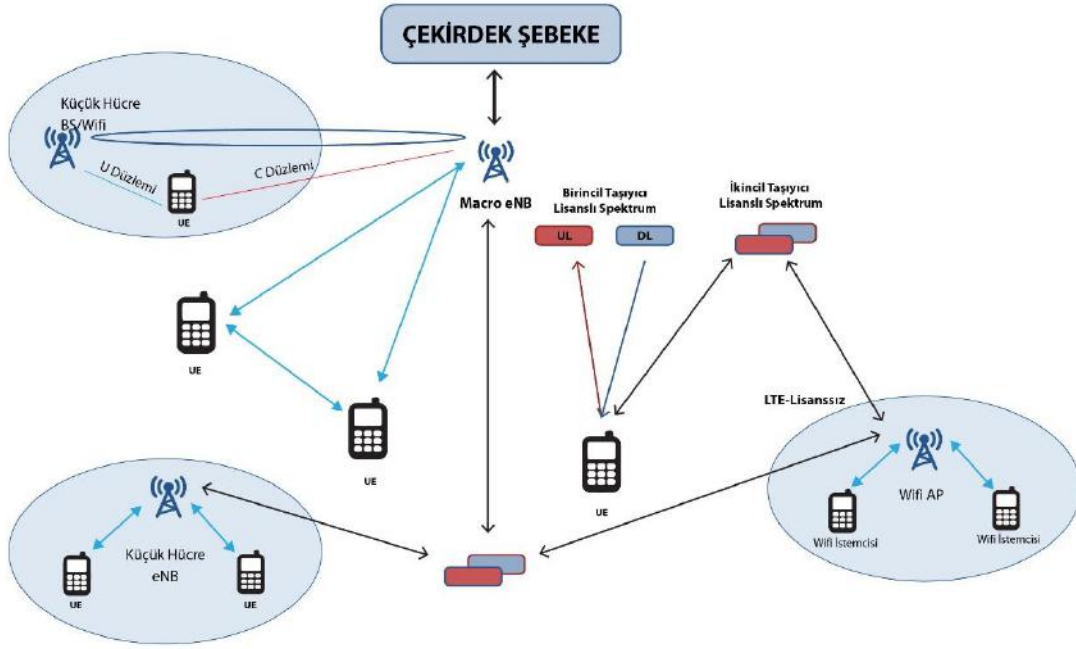
Yeni dalga formu tasarımı ile daha az gecikme, yüksek veri hızı, düşük güç tüketimi ve farklı cihaz gereksinimlerini karşılama gibi farklı gereksinimlere cevap verilmesi planlanmaktadır.

mMTC, uRLLC, eMBB gibi farklı isterleri olan alanların ve kullanım tiplerinin olacağı, bunlara göre farklı sistem mimarilerinin geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Sadeleştirilmiş (Ultra Lean), sinyalleşme bilgisi düşük seviyelere çekilmiş, enerji verimliliği yüksek yazılım ve donanım tasarımı 5G'nin hedefleyeceği mimari olacaktır. Ayrıca kontrol ve kullanıcı düzlemlerinin ayrıştırılması da sistem mimarisinde değişmesi beklenen özelliklerdendir. Bu sayede, daha fazla bant genişliği ihtiyacı duyan uygulamalar farklı teknoloji ve bantlardan, sinyalleşme düzlemi ise farklı banttan gerçekleştiriliyor olacaktır.

Spektrum tarafında yüksek bant genişliğine sahip milimetre dalga boyu (6 GHz üstü) bantların kullanıma gireceği ve Zaman Bölmeli (Time Division-TD) TD-LTE'de mevcuda göre daha dinamik atamalı sistemlerin kullanıma geçeceği düşünülmektedir. Erişim ve transmisyon şebekelerinin birbiri yerine kullanılabilmesi ve entegre bir yapıya geçileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde farklı teknolojilerin kaynak ve yer durumuna göre beraber çalışabilmesi, Wi-Fi-LTE teknolojilerin, sabit ve mobil teknolojilerin birlikte çalışabilir hale gelmesi beklenmektedir. HetNet'lerin ortaya çıkması ve kullanıcıların farklı şebekelerden servis alabiliyor olması ve geçişlerin problemsiz yapılabilmesi beklenmektedir. Bu sistemlerin çalışabilmesi için terminal ve erişim teknolojileri tarafında dikey komşuluk yeteneklerinin geliştirilmesi gerekecektir. Şekil 3-9'da heterojen şebekeler (Openairinterface, 2018) örneklendirilmiştir.

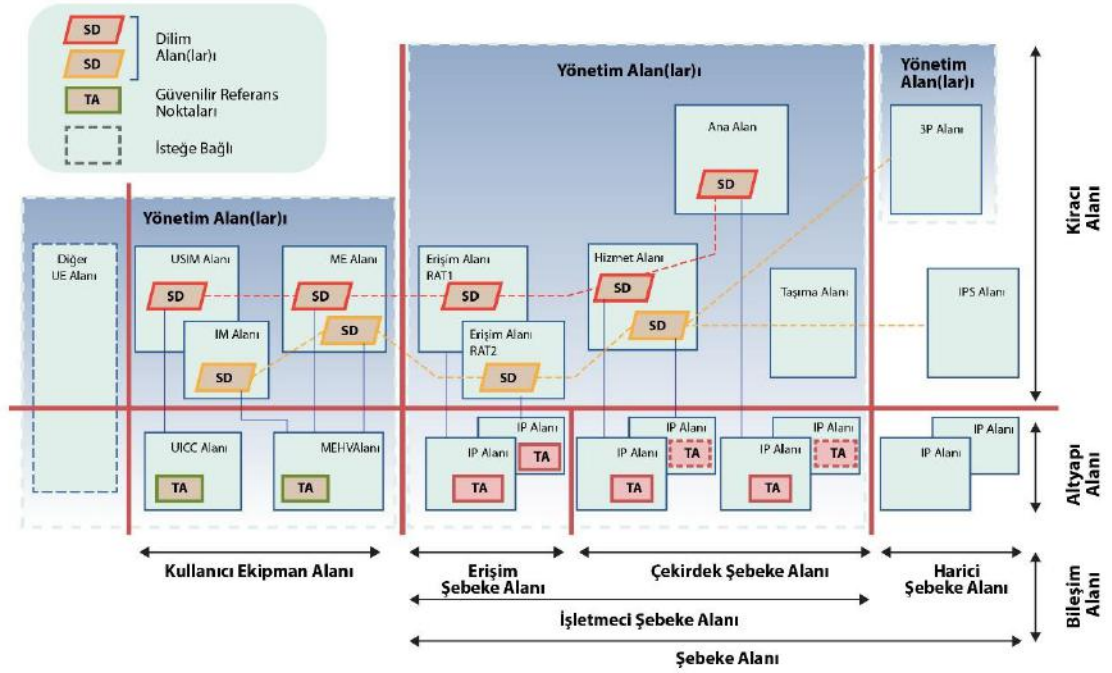
Şekil 3-9 Heterojen Şebeke



Makine öğrenmesi, derin öğrenme teknikleri ve kendi kendini düzenleyen şebeke (SON) ile ağa dair operasyonel işlemlerin, kapasite ve kapsama alanlarının verimli kullanılabilmesi sağlanacaktır.

Güvenlik fonksiyonlarının sanallaştırma, orkestrasyon, dilimleme ile gelen farklı organizasyonel grupların yönetimi (Multi-tenancy) gibi yeni özelliklere istinaden güncellenmesi ve farklı fiziksel, yazılımsal ve mantıksal ağ elemanlarının, protokol ve fonksiyonların güvenli hale getirilmesi, farklı alanlarda farklı yazılım betiklerinin ve farklı organizasyonel grupların güvenlik ihtiyaçlarının dinamik olarak yönetilebiliyor olması yeni mimari ile planlanmaktadır. Şekil 3-10'da 5G için planlanan güvenlik mimarisi (5GPPP, 2017b) görülmektedir.

Şekil 3-10 5G Güvenlik Mimarisi



3.2.2. İşletmecilerin mimari değerlendirmeleri

Bu kısımda, işletmecilerin standardizasyon kuruluşları, üreticiler, düzenleyici otoriteler gibi kurum ve kuruluşların mevcut doküman ve yayınlarına göre oluşturulan, 5G alanındaki gelişmelere dönük olarak anten teknolojileri, yeni radyo ve merkezileştirilmiş radyo şebekesi ile fronthaul ve backhaul sistemlere ilişkin değerlendirmelerine yer verilmiş olup 5G standardizasyon sürecinin devam etmesi sebebiyle söz konusu değerlendirmelerin ilerleyen süreçte değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir.

3.2.2.1. MIMO, Yeni radyo ve merkezileştirilmiş radyo şebekesi

5G radyo erişiminin 1GHz altında 700 MHz frekans bandı (694-790 MHz) frekans bölmeli çoklama (Frequency Division Duplexing, FDD), 1GHz üzerinde en yaygın olarak 3,5 GHz frekans bandı (3400-3600 MHz) zaman bölmeli çoklama (Time Division Duplexing, TDD) ve özel kullanım alanlarında da 26 GHz frekans bandının (24.25-27.5 GHz) TDD üzerine olacağı değerlendirilmektedir. 5G eMBB ve uRLLC uygulamaları başlangıçta hot spot mantığı ile sadece servisin gerekli olduğu sahalarda kullanılacaktır. Diğer taraftan eMTC ve IoT servislerinin gelişimine bağlı olarak bu servislerin doğası gereği 700 MHz frekans

bandı öne çıkacaktır. Bu gereksinim neticesinde işletmeciler mevcut LTE sahalarında 700 MHz frekans bandı dâhil 1 GHz altı spektrumda 5G servisi vermeye yöneleceklerdir. Mevcut LTE düşük bant kullanımı 800 MHz frekans bandı ile sağlanmaktadır ve kullanılan antenlerin 700 MHz frekans bandı desteği kısıtlıdır. Geliştirilecek antenlerin 800 MHz frekans bandının yanı sıra 700 MHz frekans bandına da destek vermesi gerekecektir.

Spektral verimliliği artıran ve 5G teknolojisinin ilk donanım çözümü olarak lanse edilen yoğun alıcı-verici anteni Massive MIMO ile yapılan denemelerde, veri iletim hızının önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Yoğun alanlarda kullanıcı hız deneyiminden taviz vermeden geniş kapasite ihtiyacı bu antenler ile karşılanabilmektedir. Bu antenlerde yüksek sayıda alıcı ve verici bulunmaktadır. Yüksek bantlarda TDD modülasyonunu destekleyecek bu antenlerin boyutlarının da mimarisi gereği ağırlıklı olarak 1 metreden az şekilde tasarlanması planlanmaktadır. Bu sayede kalabalık alanlar, stadyum, etkinlik alanı gibi alanlarda artan kapasite ihtiyacı sağlanabilmektedir. Artan veri iletim hızı ihtiyacını karşılamak için spektrumu en verimli şekilde kullanacak anten teknolojisi çözümleri, ileriki yıllarda çok daha kritik olacaktır. Yoğun alıcı-verici antenler sadece kapasite değil aynı zamanda desteklenen dalga dilimleme (beamforming) özelliği sayesinde kapsama avantajına da sahiptir. Bu yeteneği sayesinde 3,5 GHz frekans bandında konvansiyonel 2100 MHz frekans bandına yakın kapsama sağlanabilmektedir.

6 GHz altı teknolojilerde radyo donanımları ağırlıklı olarak antenle bütünleşik radyo ünitesi tipindedir. Bu nedenle anten üreticisi firma ile radyo üretici firmanın ortak çalışması gerekli olacaktır. 6 GHz altı bantlar için 5G antenler hem radyo ünitesi ile ayrı hem de birlikte tasarlanmaktadır. 6 GHz üstü bantlarda modüler baz istasyonu (small cell) şeklinde anten, radyo ünitesi ve sinyal işleme ünitesi bir arada olarak tasarlanmaktadır. Bu tip bir cihazın boyutlarının da olabildiğince küçük boyutlarda (ADSL modem boyutunda) olması için çalışmalar yürütülmektedir. Tablo 3-2'de frekans bantlarına göre öngörülen NR tipleri ve özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 3-2 Spektruma Göre NR Tipleri ve Özellikleri

Spektrum	Harici Anten	Anten ve Radyo Ünitesi Bütünleşik	Anten, Radyo Ünitesi ve Sinyal İşleme Birimi Bütünleşik	Anten Tipi	Alıcı Verici Tipi	Planlanan Taşıyıcı Bant Genişliği	Avrupa'da Saha Denemesi
700 MHz	✓			Pasif	2x2/4x4	10/20	2020
3,4-3,8 GHz		✓	✓	Aktif	Yoğun Alıcı Verici (64T64R)	100	2019
26 GHz (mm dalga)		✓	✓	Aktif	Yoğun Alıcı Verici (1024T1024R'ye kadar)	400/800	2020

700 MHz bandı, 4.5G şebekelerinde kullanımı olan 800 MHz ve 900 MHz bantlarına benzemekte ve geniş kapsama sağlamaktadır. Bu bantlarda olduğu gibi 700 MHz bandı da 2 alıcı - 2 verici veya 4 alıcı - 4 verici antenler ile kullanılması düşünülmektedir.

Hem kapsama hem de yüksek hız kapasite ihtiyacını karşılayabilecek en uygun bant olan 3,5 GHz, 5G teknolojisinde yerini almıştır. Bu bant TDD olarak kullanılmakta olup kullanımı yoğun alıcı-verici anteni ile sağlanması planlanmaktadır. Yoğun alıcı verici antenlerin 32 alıcı- 32 verici düzeyinden başlayarak 64 alıcı - 64 verici ve daha üst değerlere ulaşması öngörülmektedir. 64 alıcı - 64 verici şu an ön plandadır. Bu yoğun antenlerin radyo ünitesi ile bütünleşik sunulması tercih edilmektedir. Üreticiler bu yönde çalışmalarını sürdürmektedir.

6 GHz üstü bantlarda kesin bir karar alınmamış olmakla birlikte, CEPT/ECC tarafından 24.25-27.5 GHz frekans bandının 5G için harmonizasyonunun Avrupa'da WRC-19 öncesi tamamlanması hedeflenmektedir. Daha yüksek bantlar da ek olarak düşünülmektedir. Bu tip yüksek GHz'li bantlar düşük dalga boyları sebebiyle, küçük boyutlara sahip yoğun alıcı verici antenlerin radyo ünitesi ve sinyal işleme ünitesi (baseband processing) ile bütünleşmiş bir sistem oluşturması öngörülmektedir. Benzer şekilde TDD çalışacak olan bu bantların en az 64 alıcı - 64 verici yoğun antenler ile çalışması planlanmaktadır, hatta

milimetre dalga frekansında 1024 alıcı - 1024 verici antene kadar anten tasarımları yapılmaktadır.

5G radyo ünitelerinin bağlı olacağı sinyal işleme üniteleri aynı şekilde 3GPP tarafından belirlenen standartlara uygun olmalıdır.

Yoğun alıcı verici antenler ilk etapta, 3,5 GHz ve 3,7 GHz bantlarını aynı antende ve 100 MHz bant genişliği destekleyecek şekilde planlanmalıdır. Bir sonraki aşamada çift bant desteği düşünülebilir. Çift bant desteği dünyada şu an 2,6 GHz ve 3,5-3,7 GHz bantları arasında planlanmaktadır, Türkiye’de de ticari olarak kullanılan 2,6 GHz TDD bandının bu kapsamda değerlendirilmesi önemlidir.

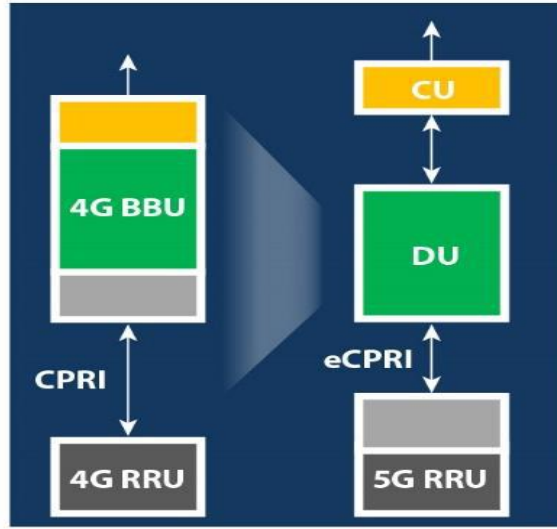
TDD modülasyonun 1 GHz bant üstündeki bantlarda kullanılacağı mutlaka görülmeli ve tasarımlar buna yönelik yapılmalıdır. MIMO teknolojisinin 64 Alıcı - 64 verici ve üstünde tasarlanması sadece bugün için değil yarın için de kullanılması adına önemlidir.

3GPP Release 15 sonrası bağımsız çalışan (Stand Alone) ve bağımlı çalışan (Non Stand Alone) mimaride tasarlanacak baz istasyonları hem 5G hem de 4G, 4.5G şebekeleri ile birlikte çalışabilecek kabiliyete sahip olmalıdır.

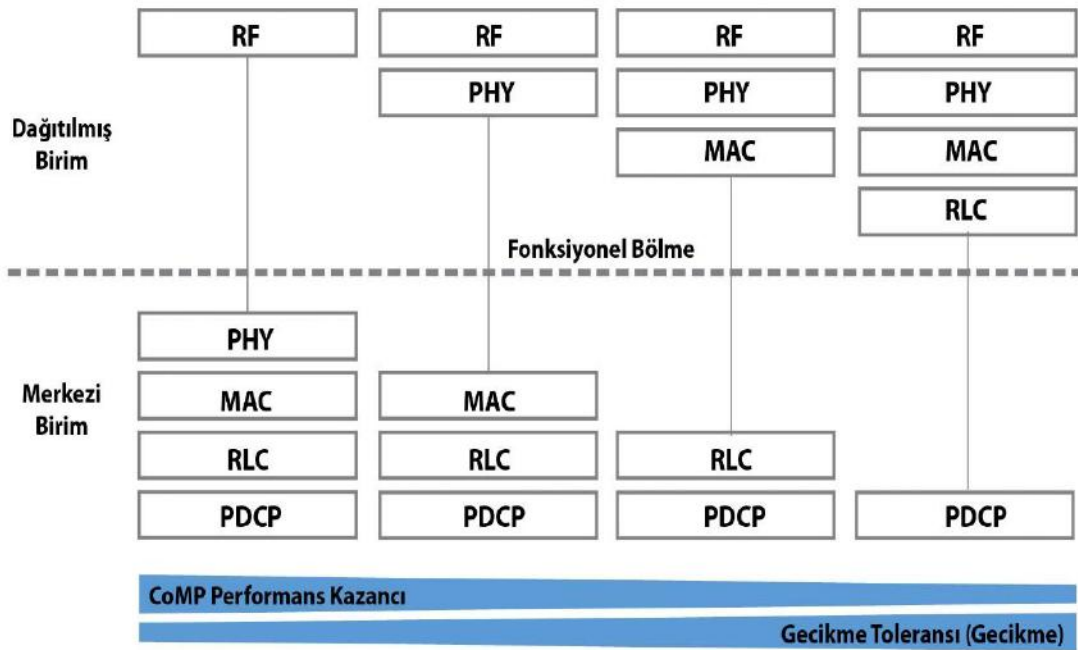
5G teknolojisinin getirdiği en önemli avantaj işletmecilerin vermekte olduğu mevcut veri ve ses hizmetlerinin yanında yeni servisler verebilmelerinin de önünü açmasıdır. Aynı fiziksel şebeke üzerinden bu farklı servisleri verebilmenin yolu da 5G ile hayatımıza girecek olan şebeke dilimleme yapısıdır. Bu yapı merkezileştirilmiş radyo şebeke mimarisi ile mümkündür. Bu nedenle Merkezi Birim (Central Unit-CU), Dağıtılmış Birim (Distributed Unit-DU) ayırma 5G’nin vazgeçilmez özelliklerinden birisi olacaktır (Şekil 3-11 (Huawei, 2015)). Yabancı üreticiler mevcutta kullanılan veya yeni kullanılmaya başlanan en güncel LTE sinyal işleme birimlerine yazılım güncellemesi ile 5G desteği sağlamayı ve bu birimlerin ileride DU fonksiyonu için kullanılmasını öngörmektedir. Sunucularda çalışan sanal makinelerin de CU fonksiyonunu sağlaması planlanmaktadır. DU fonksiyonu verilen servisler için ortakken CU birimleri (kapasiteleri, fiziksel lokasyonlar vb.) verilecek servise göre değişkenlik gösterecektir. Yeni nesil bulut radyo şebekesinde (Cloud RAN) çalışılması gereken temel kavramların, geliştirilmiş genel radyo ara yüzü (enhanced Common Public Radio Interface-eCPRI), yakınlaştırılmış servisler

(edge services), merkezi kontrol (central control), anlık olmayan fonksiyonlar (non-real time functions), anlık fonksiyonlar (real time functions), yeni radyo birimi tarafında çift bağlantı (dual-connectivity) olduğu değerlendirilmektedir. Şekil 3-12’de Cloud RAN ve yeni nesil mobil ağ mimarisi (Brown, 2017) görülmektedir.

Şekil 3- 11 CU/DU Ayırma



Şekil 3-12 Cloud RAN ve Yeni Nesil Mobil Ağ Mimarisi



3.2.2.2. Fronthaul ve backhaul sistemler

Fiber optik ağ altyapısı tüm teknolojiler için en önemli bileşenlerden biri olup uç noktalara kadar sağlanan fiber ağ yapısı ile 5G teknolojisi tüm aboneler tarafından deneyimlenebilecektir. Bu nedenle işletmecilerin fiber altyapı odağı artarak devam edecektir.

Fiber optik erişimin fiziksel ya da finansal nedenlerle sağlanamadığı alanlarda fibere yakın hızlar sağlayacak radyo bağlantı ürünlerinin geliştirilmesi adına girişimler sürecektir. Bu ürünler 5-100 Gbps arasında yüksek hızlarda arka plan bağlantı (backhaul) sağlayacak kadar kapasiteye sahip olmalıdır. Genelde görüş sağlanan (Line of sight-LOS) bağlantı ile birbirine zincir topoloji kurabilen bu sistemler, aynı zamanda çok küçük ama yüksek kazançlı antenler içermelidir. Adapte olabilen modülasyon ile farklı iklim koşullarında 4 km'ye kadar mesafede kurulabilecek olan bu donanımlar çok düşük veri iletim gecikmesi sunmalıdır.

Yeni nesil ön plan ara yüzü (Next Generation Fronthaul İnterface-NGFI) özelliklerinin de geliştirmeleri devam etmektedir.

28 GHz bandı da backhaul seçenekleri arasında değerlendirilmelidir. 28 GHz bandında çalışacak bir saha ile kapsama pek mümkün olmasa da bu bant üzerinden zincir mantığı ile çalışan sahalar ile fiber altyapı kurulumunun mümkün olmadığı, radyo bağlantı donanımlarına görüş sağlanamayan yerlerde 5G servisleri verilebileceği değerlendirilmektedir.

3.3. Fiziksel Katman Yol Haritası

5G ve ötesi haberleşme sistemlerine ilişkin dünyada süregiden yarışta uzun vadeli olarak yer alabilmek için ülkemizin bu alandaki insan kaynağı, imkân ve kabiliyetleri ile söz konusu sistemlere ilişkin öngörüler ve teknolojik gereksinimler göz önüne alınarak bu kısımda, fiziksel ağ katmanında ülkemizde gerçekleştirilebilecek çalışmalar önceliklendirilerek yol haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Fiziksel ağ alanında öne çıktığı görülen çalışma konularının özellikle ürün-araştırma bazlı olarak sınıflandırılmasının ve yol haritalarının, zaman planlamasının bu doğrultuda

oluşturulmasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda öncelikle çalışma konularının kullanım alanı temelli ve ürün-araştırma bazlı olarak sınıflandırılmasına değinilmiş ardından temel araştırmalar, ara-alt ürün ve son ürün grupları altında ülkemizde öncelikle çalışılmasının faydalı olacağı değerlendirilen konu başlıkları dile getirilerek, test yol haritasına yer verilmiş, son olarak fiziksel katman projelerinin zamana bağlı planı belirtilerek, 5G ve Ötesi Fiziksel Katman Zaman Çizelgesi (Şekil 3-19) oluşturulmuştur.

5G çalışmaları ve standardizasyonda gelinecek durumun üç temel kullanım alanı bazında gruplaması Tablo 3-3’de yer almakta olup eMBB için standardizasyon çalışmalarının 2018’de tamamlanmasının planlandığı; URLLC için bazı konularda çalışmalar yapılsa da standartların henüz tamamlanmamış olduğu, mMTC içinse standartlaşmanın henüz başlamadığı görülmektedir.

Tablo 3-3 5G Çalışmalarının Kullanım Alanı Temel Gruplaması

eMBB	uRLLC	mMTC
<ul style="list-style-type: none"> eMBB’nin, ilk yıllarda daha fazla ihtiyaç duyulacak ve talebin yüksek olacağı alan olduğu düşünülmektedir. Uygulamada özellikle spektrumun yetersiz, 4G ile ihtiyacın karşılanamadığı durumlarda eMBB ile ihtiyacın karşılanacağı değerlendirilmektedir. Bu alandaki standartlaşma ileri safhada olup, 2018’de tamamlanmış olacağı öngörülmektedir. 	<ul style="list-style-type: none"> Güvenlik ve dayanıklılık anlamında ihtiyaç duyulan uygulamaların daha ilerde yaygınlaşacağı düşünülmektedir. V2X altyapıları ağırlıklı olarak bu kapsamda değerlendirilmektedir. Standartlar açısından bazı ilerlemeler olmuşsa da henüz tamamlanmamıştır. 	<ul style="list-style-type: none"> NB-IoT ve LTE-M destekleyen cihazların ülkemizde ve dünyada 2020 yılı ve sonrasında ciddi büyümeler sonucu endüstri, eğlence, ev yaşamında yaygın kullanılabilmesi düşünülmektedir. Bu alanda standartlaşma henüz başlamamıştır.

5G ve ötesi haberleşme sistemlerine ilişkin fiziksel ağ alanındaki çalışmaların ve bu alanlarda faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların profillerinin temel araştırmalar, ara-alt ürün ve son ürün bazlı değerlendirilmesi Tablo 3-4’de incelenmiş, fiziksel ağ alanında öne çıktığı görülen çalışma konularının bu kapsamda sınıflandırılması Tablo 3-5’de belirtilmiştir.

Tablo 3-4 5G Çalışmalarının Ürün-Araştırma Bazlı Gruplaması

Temel Araştırmalar:	Ara-Alt Ürün:	Son Ürün:
<ul style="list-style-type: none"> • Çıktısı temel teknik çözüm ve algoritmalarıdır. Patentlenebilirler ve birçok alt/son ürün kapsamında kullanılabilirler. • Bu alanda faaliyet gösteren firmalar alt/son ürünlerden lisans ücreti alırlar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Çıktısı son ürünlerde kullanılacak donanım ve yazılım ürünleridir. • Bu alanda faaliyet gösteren firmalar gerçeklemeye yönelik patentler alarak hem patent geliri elde edebilirler hem de alt-ara ürün satışından gelir elde ederler. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bu alanda genellikle yüksek hacimde üretim yapan çok büyük firmalar yer almaktadır. Bu alandaki firmaların son ürünü çok düşük karla pazarlamaları ve kaliteli teknik destek sağlamaları gereklidir. Firmanın ilgili sektörde söz sahibi olabilmesi için çok büyük yatırım gereklidir ve firmanın sektördeki devamlılığı çok önemlidir.

Tablo 3- 5 5G Fiziksel Katmanla İlgili Olabilecek Çalışmalar

Temel Araştırmalar
MTC, URLLC, 5G ve ötesi için ileri hata düzeltme (Forward Error Correction, FEC) tasarımı NOMA ve çoklu erişim teknikleri V2X Uydu ve hava araçları (drone, balon vb) haberleşmesi THz ve görünür ışık haberleşme (5G+) Band içi çift yönlü haberleşme (Full Duplex) Dalga formu tasarımları Güvenlik mimarisi şifreleme, kimlik doğrulama uçtan uca güvenlik geliştirmeleri
Ara-Alt Ürün
Milimetre dalga IC Tasarımı Anten tasarımı RFIC (LNA, PA vb) tasarımı Yüksek veri hızlarını destekleyen temel bant gerçeklemeleri ve IC tasarımı MTC için düşük güç tüketimli IC tasarımı Band içi çift yönlü haberleşme (In Band Full Duplex) IC Tasarımı Yeni nesil SON (Self Organizing Networks) ürünleri
Son Ürün
Küçük hücre baz istasyonu LTE-A baz istasyonu NR (New Radio) baz istasyonu Backhaul yüksek bant genişlikli radyo link Fronthaul'da kullanılacak ürünler Massive MIMO, beamforming, entegre anten-radyo ürünleri (AIR) Yazılım tanımlı şebeke elemanları Merkezileştirilmiş radyo elemanları (C-RAN, V-RAN) Yeni nesil PON ürünleri MEC ürünleri

3.3.1. Temel araştırmalar yol haritası

2010'lu yılların başında 5G sistemlerinde yer alması öngörülen birçok konunun henüz yeterince olgunlaşmadığı görülmektedir. Başlangıçta öngörülen ama henüz standartlara girmemiş veya kısmi bir şekilde girmiş olan aşağıdaki başlıklardaki çalışmaların, hem 5G'nin ileri sürümlerinde hem de 5G ötesi sistemlerde kullanılacağı ve bu başlıklar altında temel araştırma çalışmaları yapılmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir:

- **Yoğun Makine Tipi İletişim (mMTC)**

Çok yüksek sayıda iletişim düğümünün IoT bağlamında çalıştırılacağı öngörülmektedir. Bu imkanı sağlayacak sinyalleşme ve şebeke seviyesindeki fiziksel ağ altyapısı bileşenlerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılması önemlidir.

- **Ultra Güvenilir ve Düşük Gecikmeli İletişim (uRLLC)**

Çok düşük gecikmeli ve yüksek güvenilirlikli çeşitli uygulamaların yakın gelecekte önemli olacağı düşünülmektedir. Hem bu uygulamalara hem de bu isterlerin sağlanmasına yönelik çalışmaların yapılması gereklidir.

- **Masif MIMO ve Huzme Oluşturma**

Huzme oluşturmanın (beamforming) sağlayacağı farklı iletişim modları 5G'nin en önemli yenilikleri arasında yer almaktadır. Bu konularda uzun sürelerdir çok sayıda çalışma yapılmış olsa da analog ve sayısal huzme oluşturma yöntemlerini ortak kullanarak maliyet etkin bir şekilde huzme oluşturmanın gerçekleşmesi üzerine çalışmalar henüz olgunlaşmamıştır. Hem algoritmalar hem de donanım açısından önümüzdeki yıllarda daha etkin çalışmaların yapılmasının gerektiği değerlendirilmektedir.

- **WiFi Ağlarına Aktarım/Birlikte Çalışılabilirlik (WiFi Offloading/Interworking)**

Hücreli iletişim sistemlerine alternatif olarak varlığını sürdüren WiFi ağlarının 5G için tamamlayıcı bir teknoloji olacağı birçok uzmanın dile getirdiği bir öngörüdür. Farklı tasarımlara sahip bu ağların ortaklaşa çalışabilmesi için daha etkin çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Özel olarak, milimetre dalga 60 GHz'in WiFi Teknolojisi için avantajı, aynı alandaki diğer şebekelerden daha az etkilenme eğiliminde olmasıdır. 5G Teknolojileri ile yeni nesil WiFi teknolojilerinin birlikte çalışabilirliği ve aynı şebeke yönetim sistemi altından kontrol edilmeleri konusunda senaryo çalışmaları devam etmektedir. Bu nedenlerle bu alanda çalışmalar yapılmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir.

- **Bant İçi Çift Yönlü Haberleşme (Full Duplex Communication)**

Aynı anda iletim ve alma işlevlerini görebilen terminaller hem iletim hızlarını arttırmakta hem de fiziksel katman üzerindeki katmanlarda çeşitli faydalar sağlayabilmektedir. 5G’de kullanımın ötesinde kazanımlar sağlayacak bu teknoloji üzerinde çalışmalar yapılması kritik önemdedir.

- **Dikgen Olmayan Çoklu Erişim (NOMA)**

Şu andaki paradigmanın aksine, birbirine girişim yapan sinyallerle iletişim yapılması çok sayıda kullanıcının varolduğu durumda kanalın daha etkin kullanımına yardımcı olmaktadır. Çok sayıda kullanıcının olduğu durumlar göz önüne alınarak çeşitli tekniklerin geliştirilmesinin önemli kazançlar sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Bu konunun yukarıdaki başlıklardan mMTC ile ilişkili olarak düşünülmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir.

- **Dalga Biçimi ve Hata Düzelten Kod Tasarımları**

5G için çok çeşitli uygulamaların öngörülmesi, fiziksel katman bileşenlerinde esneklik gereksinimi doğurmaktadır. Bu alanlarda yapılacak çalışmalar 5G için fayda sağlayabileceği gibi gelecekteki farklı iletişim sistemlerinde kullanılacak seçenekler ortaya çıkaracaktır.

- **THz Haberleşmesi**

5G ötesi sistemler göz önüne alındığında THz bandı da backhaul için gözönüne alınmalıdır. WRC-19’da Gündem Maddesi 1.15 kapsamında 275-450 GHz bandının kara mobil ve sabit haberleşmeye açılması ele alınacaktır. Bu konuda Japonya ve Almanya kısa menzil ve yüksek veri hızı backhaul linklerini hedef uygulama olarak görmektedirler. Türkiye’de bu konuda araştırmalar yapılmasının yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

- **Görünür Işık Haberleşmesi (VLC)**

Görünür Işıkla Haberleşme (Visible Light Communication-VLC), uygulama alanlarıyla endüstriyel çevrelerin ilgisini çekmekte olup 5G PPP bu alandaki gelişmeleri takip ederek 5G alanında değerlendirmektedir. LiFi olarak da bilinen teknolojinin 5G ve ötesi heterojen ağlarda kullanılacağı öngörülmektedir

(OKATEM, 2015). Bu alanda çalışmalar yapılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

- **Serbest Uzay Optik (FSO) Haberleşmesi**

Backhaul ürünlerin geliştirilebileceği bir başka teknoloji de Serbest Uzay Optik (Free Space Optical- FSO) olup FSO sistemleri kızılötesi, görünür veya ultraviyole optik frekanslarını kullanarak kablosuz iletim imkânı sağlamaktadır. FSO tabanlı çözümlerin yüksek veri kapasiteleri, lisanssız spektrumda çalışmaları ve elektromanyetik girişime olan bağımsızlıkları radyo frekansı ürünlerine göre önemli avantajlarıdır. Özellikle small cell backhaul çözümleri için FSO'nun düşünülebileceği, alan üzerine çalışmalar yapılabileceği değerlendirilmektedir.

- **İndis Modülasyonu**

5G ve sonrası telsiz iletişim ağları yüksek esnekliğe sahip radyo erişim teknikleri gerektirmektedir. İndis Modülasyonunun (Index Modulation-IM) temel ilkesi bilginin ele alınan haberleşme sisteminin ana bileşenlerinin (verici anten, alt taşıyıcı, zaman aralığı, modülasyon türü vb.) indisleri ile iletilmesidir ki bunun sonucunda IM sistemleri yüksek bir enerji ve spektral verimlilik sunmaktadır. Bu alanda çalışmalar yapılmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir.

- **Sensörler ile Birleştirilmiş ve Uygulamaya Özel Tümüleşik Devre Tasarımları**

IoT uygulamalarının en temel gereksinimlerinden biri sensörlerin verilerinin en uç noktalarda işlenebilmesi (edge computing) ve kablosuz veri aktarma ihtiyacının azaltılabilmesidir. Bunu gerçekleştirmek için Uygulamaya Özel Tümüleşik Devre (Application Specific Integrated Circuit-ASIC) tasarımlarının aynı paket veya baskı devre üstüne üretilmesi, ana taşıyıcı mimarisi üstündeki yükü azaltacak olup bu alanda çalışmalar yapılması önemlidir.

- **Hareketli Baz İstasyonu Platformları**

Çok yoğun kullanıcı veya önceden planlanmamış afet durumları gibi uygulamalarda sabit baz istasyonlarına ek olarak hareketli yer veya hava platformlarına ihtiyaç duyulabileceği değerlendirilmekte olup bu alanda çalışmalar yapılabileceği düşünülmektedir.

- **Fiziksel Katmanda Ağ Güvenliği**

Mevcut kullanımdaki kriptografik teknikleri tamamlayıcı olarak fiziksel kanalın özelliklerinin kullanılması ile güvenlik sağlanması konusu üzerindeki çalışmalara 5G bağlamında devam edileceği öngörülmektedir. Ayrıca, ağın güvenliğini daha bütünsel şekilde değerlendiren yapılar üzerine çalışmalar yapılabileceği değerlendirilmektedir.

3.3.2. Ara-alt ürün yol haritası

Çıktısı son ürünlerde kullanılacak donanım ve yazılım ürünleri olan ara-alt ürüne yönelik olarak ülkemizde anten teknolojileri ile RFIC tasarım ve üretimine ilişkin çalışmalar yapılabileceği değerlendirilmektedir.

3.3.2.1. Anten teknolojileri yol haritası

Sinyal performansını en iyi duruma getirmek için baz istasyonu mimarilerinde MIMO yapısı tercih edilmektedir. Bu yapı, çoklu anten teknolojisini temel almaktadır. Veri hızı, spektral verimlilik gibi performans parametrelerini arttıran yeniliklerden biridir. Bu teknolojiye hem alıcı hem de verici tarafında birden çok anten kullanılır. MIMO mimarisi temel olarak iki farklı moda kullanılabilir. Birincisi “Uzaysal Çoğullama” olarak bilinmektedir. Bu kullanımda aynı vericiden birden çok ve birbirinden farklı veriler farklı uzaysal boyutlardan gönderilir. Uzay boyutunun kullanılmasıyla veri hızı ve kapasite artırılır. Ayrıca istenmeyen sinyallerin asıl sinyale karışma ihtimali azaltılır. İkinci mod ise “İletim Çeşitliliği” modudur. Burada aynı veri farklı antenlerden gönderilir. Bu sayede iletilen sinyallerdeki zayıflamanın ve yansımalar dolayısıyla oluşan olumsuz girişim etkileri azaltılabilir. 5G için öngörülen yüksek veri hızlarına ulaşılmasında MIMO teknolojisi büyük katkı sağlayacaktır. 5G yol haritasında MIMO anten ile ilgili öngörüler Tablo 3-6’da gösterilmiştir:

Tablo 3-6 5G Yolunda Anten Teknolojileri Yol Haritası

Ürün	Açıklama
<p>6 GHz Altı MIMO Anten</p>	<p>5G'nin ilk fazında 3,4-3,8 GHz arası NR bandı kullanılması kuvvetle muhtemeldir. Dolayısıyla bu bantta çalışan baz istasyonu antenlerine ihtiyaç duyulacaktır. Bu antenlerin MIMO faz dizili yapıda olacağı öngörülmektedir. Ayrıca çift polarizasyonlu olmaları muhtemeldir. Anten tasarımında öne çıkan özellikler anten kazancı, izolasyon ve huzme genişliğidir.</p>
<p>26/28 GHz Faz Dizili (Massive) MIMO Anten</p>	<p>5G uygulamalarının erişeceği yüksek kapasite ve yüksek veri hızı milimetre dalga frekanslarının kullanılmasıyla daha öteye taşınacaktır. Burada frekans bantları Avrupa ve ülkemiz için 26 GHz frekans bandı (24.25-27.5 GHz), Asya-Pasifik ve ABD için 28 GHz frekans bandı (27.5-29.5 GHz) olacaktır. Avrupa'da CEPT/ECC tarafından 26 GHz frekans bandının harmonizasyonun WRC-19'dan önce tamamlanması hedeflenmektedir. Dolayısıyla bu frekanslarda çalışan geniş bantlı baz istasyonu antenlerine ihtiyaç olacaktır. Milimetre dalga frekanslarında dalga boyunun küçülmesi nedeniyle antenlerin fiziksel boyutları oldukça küçülmektedir. Bu sayede çok yüksek sayıda eleman içeren (massive) MIMO faz dizili anten yapıları makul boyutlar içinde kalarak gerçekleştirilebilecektir. Bu antenlerin çift polarizasyonlu olacağı düşünülmektedir. Milimetre dalga frekansındaki baz istasyonu antenleri için anten kazancı, izolasyon ve huzme genişliği öne çıkan parametrelerdir.</p>
<p>W-bandı Faz Dizili Backhaul Link Anten Alt Sistemi</p>	<p>5G uygulamalarında kullanılacak hücre yapılarının ana omurgaya bağlanması için yüksek veri iletim hızlarına sahip link sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır. Yüksek veri hızları geniş RF bant genişliklerini gerektirecektir. Gerek duyulan geniş RF bantların yüksek frekanslarda sağlanması teknik</p>

	açıldan daha kolay olacaktır. Ayrıca bu frekanslarda ihtiyaç duyulacak RF çıkış güçlerinin sağlanması da aktif faz dizili antenler önemli katkı sağlayacaktır.
--	--

3.3.2.2. Radyo Frekansı Tümeşik Devre (RFIC) tasarım ve üretimi yol haritası

5G teknolojilerinin devreye girmesi ile birlikte sinyallerin taşındığı frekans bantları yüksek frekanslara (mikro/milimetre dalga) evrilmekte, anten yapıları da çok sayıda anten elemanı içeren Masif MIMO yapılaraya dönmektedir. Masif MIMO yapılar anten arkasında çok sayıda RF kanalın varlığını gerektirmekte, mikro/milimetre dalga frekansları da çok sayıda RF devre elemanını küçük bir alanda barındırabilecek tümeşik devre yapılarına olanak sağlamaktadır. Bu sayede RF tümeşik devre (RFIC) çözümü hem maliyet etkinlik, hem de teknik yeterlilik açısından en optimum çözüm haline gelmektedir.

5G yol haritasında milimetre dalga IC, MTC için IC, Alçak Gürültülü Yükselteç-Güç Yükselteci (Low Noise Amplifier-Power Amplifier-LNA-PA), faz kaydırıcı tasarımı gibi RFIC tasarım ve üretimine ilişkin öngörüler Tablo 3-7’de gösterilmiştir:

Tablo 3-7 5G Yolunda RFIC Tasarım ve Üretimi Yol Haritası

Ürün	Açıklama
3,5 GHz Almaç/Göndermeç	5G için 6 GHz altında ilk kullanılacak frekans bandı WRC-2015’de 3,4-3,8 GHz olarak önerilmiştir. Bu frekans bandında ihtiyaç duyulacak birim miktarının çok yüksek sayılara ulaşacağı öngörülmektedir. Bu çerçevede gereksinimleri karşılayacak almaç/göndermeç yonga setlerinin tasarlanıp üretilmesi gerekmektedir. Üretilen ürünler faz dizili antenlerle uyumlu çalışabilecek bir yapıda olmalıdır. Bu sebeple alıcı/verici devreleri faz kaydırıcı ve genlik ayarlayıcı alt bloklarını içerecektir. Ayrıca üretilen

	<p>yongalar çok kanallı tasarlanarak tek bir yonga ile birden çok anten giriş/çıkışı kontrol edilebilecektir.</p> <p>Bu frekanslarda üretim teknolojisi olarak silikon tabanlı Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken (Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS), SiGe-BiCMOS veya III-V materyal tabanlı GaAs teknolojilerinin kullanılabilceği değerlendirilmektedir. SiGe teknolojisi hem radyo devrelerinin hem de temel bant bloğunun beraber üretilmesine, ayrıca çok sayıda kanalın entegrasyonuna izin vermektedir. Yüksek seviyede entegrasyon devre maliyetini düşürmenin yanı sıra üretimden sonraki test ve birleştirmeyi de kolaylaştırarak bu alanlarda da maliyet avantajı sağlamaktadır. Ayrıca bu frekanslarda SiGe tabanlı transistörler gürültü, doğrusallık ve çıkış gücü bakımından III-V materyal tabanlı (GaAs, GaN) transistörlere alternatif olabilirler.</p> <p>Öte yandan, özellikle 3,5 GHz frekans aralığında, CMOS devreleri de performans ve maliyet olarak SiGe ile rekabet edebilmekte veya bazen daha iyi özellikler sunabilmektedir. Bu yüzden bu teknoloji kullanılarak da araştırma çalışmaları yapılmalıdır.</p> <p>Bu frekans aralığında tasarlanacak çok yüksek güçlü güç yükselteçleri için de Yanal Dağınık Metal Oksit Yarı İletken (Laterally Diffused Metal Oxide Semiconductor-LDMOS) temelli CMOS teknolojileri öne çıkmaktadır.</p>
<p style="text-align: center;">26/28 GHz Almaç/Göndermeç</p>	<p>5G'de 6 GHz üzeri frekanslar WRC-2019 konferansında belirlenecektir. Mevcut durumda ABD ve Uzakdoğu yoğun biçimde 28 GHz merkez bandında çalışmaktadırlar. Ancak Avrupa'da bu frekansın uydu bağlantıları ile çakışmasından dolayı 26 GHz merkezli bant öne çıkmaktadır. Bu frekanslardaki bant genişliğinin ileride ihtiyaç duyulacak 5G veri hızını karşılayabileceği düşünülmektedir. Burada</p>

	<p>tasarlanacak almaç/göndermeç yongalarının faz dizili antenlerle uyumlu çalışabilmesi gerekmektedir. Bu sebepten yongalar faz kaydırıcı ve genlik ayarlayıcı alt bloklarını içerecektir. Ayrıca yongalar çok kanallı tasarlanarak tek bir yonga ile birden çok anten giriş/çıkışı kontrol edilebilecektir. Üretim teknolojisi alternatifleri CMOS, SiGe-BiCMOS veya GaAs'dır. Silikon tabanlı teknolojilerin yüksek frekans kabiliyetlerinin orta seviye güç yükselteçleri ve düşük gürültü faktörleri açısından iyileşmesi ve tüm alt bloklarının tek bir yonga üzerinde entegrasyonuna izin vermesi SiGe-BiCMOS'u maliyet, test ve birleştirme süresi konularında avantajlı kılmaktadır. Ancak öte yandan PA, LNA gibi yüksek RF performans gerektiren blokların tasarımında ise GaAs öne çıkmaktadır. Bu durumda maliyetin, test ve birleştirme süresinin biraz artmasını göze alarak her iki teknolojinin de üstün özelliklerinden faydalanan çok yongalı çözümler de tercih edilebileceği değerlendirilmektedir.</p>
<p>W-bandı Almaç/Göndermeç</p>	<p>Mevcut durumda hücresel iletişim ağlarının sınır bölgelerinde performans kaybı olmaktadır. 5G'de bunun önüne geçmek için hücreler küçültülecek ve small cell sayısı artacaktır. Öncelikli olarak fiber yatırımının yapılmasının zor ve maliyetli olduğu bölgelerde kablosuz bağlantı kurma imkânı sağlayan backhaul ürünleri kullanmak tercih edilebilecektir. Hâlihazırda 60 GHz ya da 70-80 GHz bantlarında çalışan tasarımlar mevcuttur¹⁰. Fakat 5G'de ihtiyaç duyulacak veri kapasitesini sağlamak daha geniş RF bant genişliklerini gerektirecektir. Bu bant genişlikleri iletim frekanslarının da daha üst seviyelerde olduğu çözümleri öne çıkaracaktır. 90 GHz üzerindeki frekanslarda çalışan ve yüksek bant genişliğinden yararlanan yenilikçi ürünler bu</p>

¹⁰ Avrupa'da CEPT/ECC tarafından 66-71 GHz frekans bandı üzerine çalışmalar yapılmakta olup bu band CEPT 5G için Yol Haritasında yer almaktadır.

konuda çözüm oluşturacaktır. Bu ürünler faz dizili antenlerle beraber kullanılacağı için tasarlanacak almaç/göndermeç devreleri faz kaydırıcı ve genlik ayarlayıcı alt bloklarını içermelidir. Test ve birleştirme sürelerini kısaltmak ve yüksek seviyede entegrasyon sağlamak için tümleşik devreler çok kanallı tasarlanıp birden çok anten giriş/çıkışını kontrol edebilmelidir. Kanal sayısı arttırılmak istendiğinde birden çok RFIC bir paket içerisinde birleştirilebilir. Yüksek seviyede entegrasyon maliyet düşürmek için gereklidir. Ayrıca burada dikkat edilmesi gereken diğer hususlar 94 GHz alıcı/verici yongalarının faz dizili antenlerle performans kaybına mahal vermeden birleştirilmesi ve hedeflenen menzilde yüksek veri hızına ulaşmak için dalga şekli çözümleri geliştirmektir.

3.3.3. Son ürün yol haritası

Daha önce de belirtildiği gibi, bu sahada yüksek hacimde üretim yapan çok büyük firmalar yer almakta olup bu alanda yer alacak firmaların son ürünü çok düşük karla pazarlamaları ve kaliteli teknik destek sağlamaları gerekmektedir. Sektörde söz sahibi olunabilmesi için çok büyük yatırım gereklidir ve sektördeki devamlılık çok önemlidir. Ülkemizde son yıllarda son ürüne yönelik yerli baz istasyonu ve anten geliştirmeleri gibi somut önemli adımlar atıldığı görülmekte olup, bu adımların güçlenerek devam etmesinin ülkemizin bu alanda uzun vadeli olarak yer alabilmesi ve güçlü bir ekosistem oluşturulması için son derece önemli olduğu değerlendirilmektedir. Ülkemizde fiziksel katmanda yer alacak son ürünlere yönelik olarak NR baz istasyonu, small cell baz istasyonu, kablosuz fronthaul backhaul sistemler ile kullanıcı terminallerine ilişkin çalışmalar yapılabileceği değerlendirilmektedir:

- **Yeni Radyo (NR) Baz İstasyonu**

5G teknolojisi, makineler arası, insanlar arası, insanlar ve makineler arası haberleşmenin gelecekteki ihtiyaçlarına göre tasarlanmaktadır. Esnek hava

arayüzü, esnek kaynak tahsisi, yeni dalga boyları, geniş bant genişliği desteği, ileri seviye huzme izleme, huzme oluşturma ve yüksek seviyeli MIMO, esnek kaynak yönetimi, bulut teknolojileri, yazılım tanımlı ağ teknikleri, yeni radyo kaynak yönetimi algoritmaları gibi farklı teknikler 5G ile beraber fiziksel katman çözümlerinde kullanılıyor olacaktır. 5G aynı zamanda heterojen ve entegre bir hava arayüzü desteği getirecektir. 6 GHz altı düşük band 5G uygulamaları, 2G, 3G, 4G şebekeleri ve 6 GHz üstü yüksek bantlı 5G frekanslarıyla beraber, WiFi gibi ya da farklı 3GPP teknolojileri ile birlikte çalışıyor olacaktır. 5G haberleşme teknolojilerinin saç ayakları olarak kabul edilen eMBB, mMTC ve uRLLC kavramları kapsamında hız ve gecikme duyarlı servislerin ihtiyaç duyduğu servis kalitesinin sağlayabilecek baz istasyonlarının geliştirilmesi son derece önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bu kapsamda CEPT bölgesi tarafından da önceliklendirilen 3400-3800 MHz, 694-790 MHz, 24.25-27.5 GHz frekans bandlarında öncelikli olarak Yeni Radyo ürünleştirme çalışmaları yapılabilir. 5G bantlarının zaman içerisinde kullanımı düşecek olan 3 GHz altı mevcut bantlara doğru ilerlemesi yüksek ihtimallidir. Mevcut bantların 5G için harmonizasyonuna yönelik olarak CEPT/ECC/ ECC PT1 çalışmalarına 900 MHz/1800 MHz /2100 MHz ve 2600 MHz frekans bandlarına öncelik vererek başlamıştır. Bu bantlarda da benzer şekilde orta vadede 5G planlamaları yapılabilir. Benzer şekilde Avrupa'da IMT için belirlenen 1427-1518 MHz frekans bandı ile CEPT 5G Yol Haritasında halihazırda yer alan 40-43.5 GHz ve 66-71 GHz frekans bandlarında da çalışmalar yapılabilir. 5G hava arayüzü tasarımında ayrık olmayan mimari yapı ile başlangıç aşamasında 4G-5G beraber çalışacağı gözönüne alınmalı (non standalone), yerli 4G baz istasyonu ile entegrasyon ve 4G'de yapılan geliştirmelerin üstüne geliştirmeler yapılarak ilerlenmesi de planlanmalıdır.

- **Küçük Hücre (Small Cell) Baz İstasyonu**

Küçük hücre baz istasyonlarının ağ kapasitesini ve kapsama alanını önemli ölçüde arttırabilmeleri sebebiyle 5G ağlarının önemli bir bileşeni olacağı değerlendirilmekte olup bu yöndeki çalışmalar önem arz etmektedir. Small cell'lerin ve heterojen şebekelerin yaygınlaşacağı ve ultra yoğunluklu (ultra dense) şebekelere dönüşeceği düşünülmektedir. 6 GHz altı bantlarda small cell ve makro hücrelerin birlikte çalışabilmesi önemli olacaktır. 6 GHz üstü frekanslarda small

cell'lerin ilk etapta ürünleştirilebileceği varsayılabilir. Bu frekanslarda aynı zamanda WiFi ile 5G'nin birlikte çalışabilir olması beklenmektedir.

- **Kablosuz Fronthaul/Backhaul Sistemler**

5G'deki ayrık uç birim ve merkezi birim mimarisi, düşük gecikmeyle yüksek hızlı olarak radyo ve merkezi birim arasında veri transferini gerektirmektedir. 5G'de fronthaul ve backhaul iletim hatlarında yakınsama öngörülmektedir. 5G ile beraber yazılım tanımlı optik transmisyon şebekeleri, milimetre dalgaboylarında çalışan radyolink sistemleri, yeni CPRI teknoloji geliştirmeleri beklenmektedir. Özellikle fiber altyapı yatırımı yapılmasının zor ve maliyetli olduğu bölgelerde, kablosuz bağlantı ile yüksek hız sağlayacak Radyo Link ürünlerinin tercih edilebileceği değerlendirilmekte olup bu alanda çalışmalar yapılması önemlidir. 7 GHz, 13 GHz ve 80 GHz frekans bandlarında da BTK tarafından yeni yapılan düzenlemelere bağlı olarak kısa vadede yerli ürün çıkarma ihtiyacı bulunmaktadır. İlk aşamada, E Band ürününün daha sonra da W, D band gibi yeni ve yüksek genişlikli bandlarda radyolink ihtiyaçları öncelikli olacaktır.

- **Kullanıcı Terminalleri**

5G sistemlerde kullanıcı ekipmanı ve sensörler ile baz istasyonu arasında yer alan ağ geçidi yapılarının (gateway) yerli olarak üretilmesi önem arz etmektedir. Terminallerin hem fiziksel hem çekirdek katmanda birbiri ile uyumlu olması tasarım kriteri olmalıdır. 5G fiziksel ağı hizmete alındığında terminallerin bu fiziksel ağ ile haberleşebilmesi için çok yüksek sayıda 3GPP standartlarına uyumlu ekipmana ihtiyaç olacaktır.

3.3.4. 5G Test yol haritası

5G teknolojilerinin fiziksel katman alanında yerli ürün ve teknoloji geliştirme ve üretimini sağlayabilmek adına Ar-Ge faaliyetleri ile kavramsal çalışmalar, ürün geliştirme çalışmaları yapılmasının yanında, testler, saha denemeleri, demo çalışmaları, şebeke hazırlıklarının yapılabilmesi de çalışmaların verimliliği için önem arz etmektedir. Ülkemizde bu kapsamda da çeşitli çalışmalar yürütülmekte olup öne çıkan çalışmalar ve ihtiyaç duyulabilecek test sistemlerine ilişkin öngörüler bu kısımda özetlenmiştir.

3.3.4.1. 5G Vadisi açık test sahasındaki çalışmalar

Ülkemizde 5G ve Ötesi'ne dönük üretken bir ekosistem oluşturulması amacıyla BTK koordinasyonunda yürütülen çalışmalardan biri de bu alanda Ar-Ge, Ür-Ge ve denemelerin yapılabileceği bir açık test sahasının oluşturulmasına dönük çalışmalardır. Bu amaçla hazırlanan “5G Vadisi Açık Test Sahası İşbirliği Protokolü” BTK, Hacettepe Üniversitesi, Bilkent Üniversitesi, ODTÜ, Avea, Turkcell ve Vodafone tarafından 15 Ağustos 2017 tarihinde imzalanmıştır. İlk etapta, Ankara'da oluşturulması ve 5G Vadisi Açık Test Sahası olarak anılması öngörülen bölge, Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü, Bilkent Üniversitesi ve ODTÜ yerleşkeleri, teknoparklar, BTK merkez ve laboratuvar binası başta olmak üzere dikey sektörlerin kamu temsilcilerini, şehir hastaneleri, alışveriş merkezleri ve büyük kamu binaları ile yüz bine yakın üniversite öğrencisine ev sahipliği yapmaktadır. 5G VATS kapsamında:

- 5G test-şebeke altyapısı kurulmasına,
- Çeşitli test ortamlarının oluşturulmasına,
- Ülkemizin kısa orta ve uzun vadede 5G ve Ötesi konularında ihtiyaç duyacağı nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesine katkı sağlamak üzere üniversiteler ve disiplinler arası bir ortak lisansüstü programı oluşturulması amacıyla, 24.05.2018 tarihinde 5G VATS işbirliği protokolü tarafları arasında “5G ve Ötesi Ortak Lisansüstü Destekleme Programı Mutabakat Zaptı” imzalanmış olup programın yürütülmesine

ilişkin çalışmalar devam etmektedir.

5G VATS'dan akademisyenler, doktora öğrencileri, işletmeciler, üreticiler, teknoloji şirketleri gibi 5G ve ötesi konularda çalışmalar yürüten tüm tarafların faydalanması, 5G Vadisinde elektronik haberleşme sektörünün tüm paydaşları için etkili araştırmalar ve projeler yürütülmesine imkân sağlayacak bir platform oluşturulması hedeflenmektedir.

3.3.4.2. 5G Test sistemleri

5G'yi hayata geçirecek temel teknolojiler üzerine çalışılırken ve ilgili test sistemlerini tasarlanırken öncelikle tasarım ve ölçüm zorluklarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu alanda karşılaşılan çeşitli zorluklar Tablo 3-8'de özetlenmiştir. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için genellikle tek bir cihaz kullanmak yeterli olmamakta, problemin çözümüne imkân sağlayan, tasarım ve doğrulama testleri sırasında çok daha iyi performans verebilen özel test altyapılarının kullanılması gerekebilmektedir.

Tablo 3-8 5G Tasarım Teknolojilerine İlişkin Karşılaşılan Zorluklar

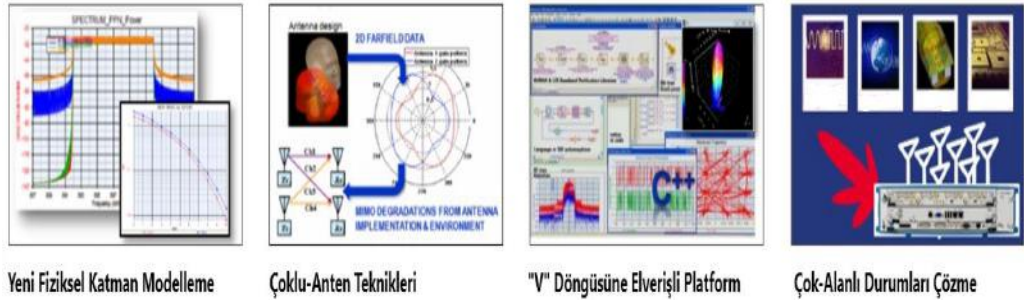
Teknolojiler	Zorluklar
cm Dalga ve mm Dalga Frekans Bantları	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek bantgenişliği (2 GHz'e kadar veya daha üzerinde)• Tam ve doğru kanal modelleri (Massive MIMO dâhil)• Yönlü ve aktif antenlerle ilgili ölçümler• PHY uygulama zorlukları (Faz kararlılığı, quadrature hatalar, I/Q uyumsuzluğu, Tx gücü gibi)
Massive MIMO Antenler	<ul style="list-style-type: none">• Eksiksiz ve doğru kanal modelleri• Antenlerin frekans cevabının karşılıklılığı (reciprocity)• Sayısal-RF güç tüketimi• PHY ve MAC tasarımı• Yükselteç ve anten tasarımı
Yeni Dalga Formları ve Radyo Erişim Teknolojileri	<ul style="list-style-type: none">• Çoklu-RAT için destek• Mevcut 3G/4G standartları için performans testleri• Kanal içinde ve dışında performans• Yeni kullanım uygulamaları (IoT, M2M gibi)
Yüksek Hızlı Fiber ve Veri	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek seviyeli optik modülasyon• Milimetre dalga frekansında sayısal devre tasarımı

5G ve ötesi ile ilgili yapılacak araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde kullanılması öngörülen en temel test altyapılarını Tasarım Simülasyonu ve Doğrulama; Sinyal Üretme ve Analizi; Milimetre Dalga Komponent Karakterizasyonu; Huzme Şekillendirme; 5G Kanal Sondajlama test altyapıları olarak gruplandırmak mümkün olup bu altyapılarda yer alacak yazılım ve donanımlar yapılacak olan araştırma ve test faaliyetlerinin detaylarına göre farklılıklar gösterebilmekte ve konfigüre edilebilmektedir:

- **Tasarım Simülasyonu ve Doğrulama**

Sistem seviyesi tasarım otomasyon platformları fiziksel katmanda iletişim sistemlerinin tasarım ve doğrulama süreçlerini kolaylaştırmakta, bu katmanda ileri seviye dijital sinyal işleme RF ile buluşmaktadır. Bu platformlardaki yazılımlar 5G için farklı aday dalga formlarının kullanılabilmesi için fiziksel katman modelleri, MIMO ve beamforming modelleri, ek olarak da erken prototip testlerinde önem arz eden real-time FPGA işleme kabiliyeti sağlamaktadır. Söz konusu yazılımlar yeni fiziksel katman modelleme, gelişmiş çoklu anten teknolojileri, algoritma tasarım/doğrulama ortamı, çoklu düzlem simülasyon platformlarına entegrasyon gibi alanları destekleyebilmektedir (Şekil 3-13).

Şekil 3-13 Tasarım Simülasyonu ve Doğrulama Yazılımı



- **Sinyal Üretme ve Analizi**

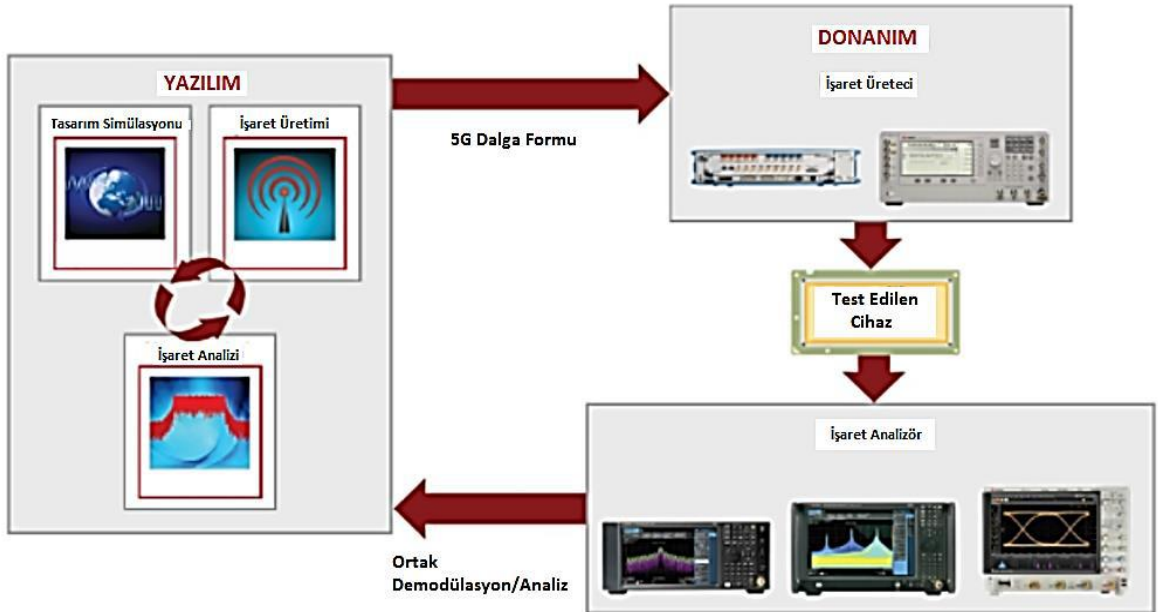
5G için öngörülmekte olan yeni dalgaşekilleri çoklu frekans bantları, geniş bant genişlikli işaretler ve yüksek performanslı modülasyon gereksinimi güç yükselteçleri tasarımı ve DPD (Digital Pre-distortion) teknikleri için yeni zorluklar yaratmaktadır. Yüksek hızlı veri çıktısı gereksinimi de gelişmekte olan kablosuz haberleşme teknolojileri için her zaman söz konusudur. 5G'de bu hususlar çok taşıyıcılı dalga şekillerini mikro dalga frekanslarında, milimetre dalga

frekanslarında ve geniş band genişliğinde çalışmaya yönelmektedir. 5G testleri için test altyapılarında dalgaşekli geliştirme konusunda aşağıdaki senaryoların gerçekleştirilebilmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir:

- 6 GHz'e kadar:
 - FBMC ve LTE'nin birlikte olduğu koşullar
 - Aday 5G dalgaşekli ile 4G, 3G ve PAN'in birlikte olduğu koşullar
- Mikrodalga Senaryoları (28 GHz):
 - Tek taşıyıcı
 - Aday 5G dalgaşekli ile uydu sinyalinin birlikte olduğu koşullar
- Milimetre Dalga Senaryoları:
 - 44 GHz'e kadar, 1 GHz band genişliğine sahip aday dalga şekli koşulları

Şekil 3-14'de sinyal üretme ve analizi test altyapısının örnek blok diyagramına yer verilmektedir.

Şekil 3-14 Sinyal Üretme ve Analizi Test Altyapısı



- **Milimetre Dalga Komponent Karakterizasyonu**

5G ile ilgili araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde transmitter, receiver, güç yükseltici komponentlerin testlerinde kullanılacak birçok test altyapısı bulunmaktadır. En basit ve temel test yapısı ise sinyal üretici cihazı ve sinyal analiz

cihazıdır. Bu iki temel cihazı farklı yazılımlar ile kullanarak aşağıdaki temel ölçümlerin yapılabilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir:

- Komponent ve verici testleri:
- CCDF
- EVM (Vektördeki Sapma Oranı)
- Kanal Gücü
- Kullanılan band genişliği
- Spektrum
- Alıcı Testleri:
- Alıcı zinciri içerisinde component testi
- Alıcı hassasiyeti
- Kodlanmamış BER

Şekil 3-15’de milimetre dalga komponent karakterizasyonu test altyapısının örnek blok diyagramına yer verilmektedir.

Şekil 3-15 Milimetre Dalga Komponent Karakterizasyonu Test Altyapısı

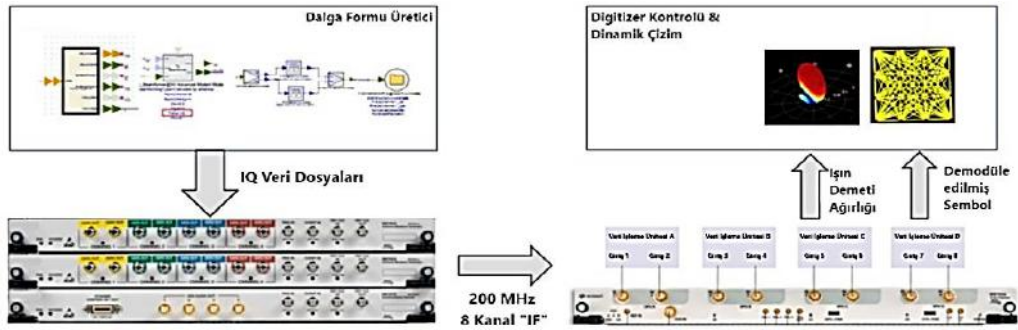


- **Huzme Şekillendirme (Beamforming)**

Huzme şekillendirme 5G için önemli konulardan biridir. Huzme şekillendirme ile ilgili dijital, RF ve hibrit olmak üzere üç farklı teknik kullanılabilir. Bu tekniklerden hibrit şekillendirme yapısı analog ve dijital beamforming yapılarının birleştirilmiş gücüne sahip olup, bu sayede donanım karmaşıklığı azaldığından bu tip test altyapılarının kullanılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Hibrit şekillendirme yapısında kodlama ve birleştirme hem temelbantta hem de RF’te

yapılabilmektedir. Hibrit hüzme şekillendirme yapısından, dijital hüzme şekillendirme yapısına benzer bir performans alınabildiği gibi güç ihtiyacı ve karmaşıklığı azaltmak için kullanılan analog-dijital çeviricilerin sayısı düşürülmektedir. Şekil 3-16’da huzme şekillendirme test altyapısının örnek blok diyagramına yer verilmektedir.

Şekil 3-16 Huzme Şekillendirme Test Altyapısı

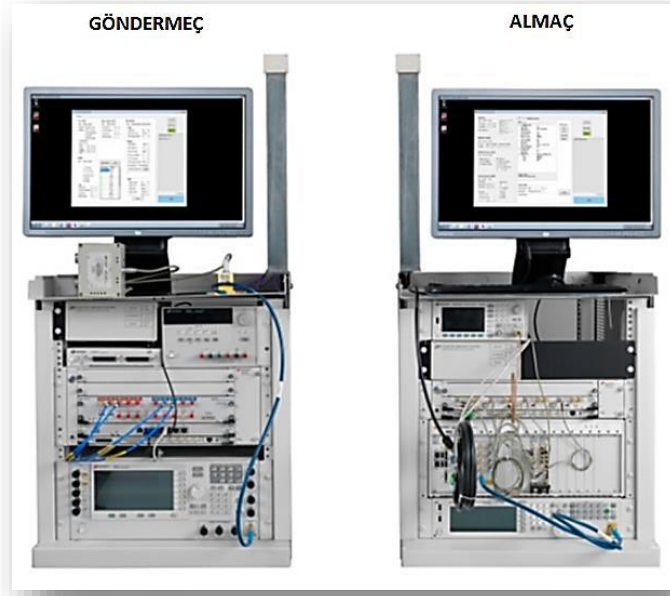


- **5G Kanal Sondajlama (5G Channel Sounding)**

Radyo kanal yapısının farklı frekanslarda gecikme, emilim, çoklu yol kaybı, sönümlenme, doppler gibi karakteristiklere, farklı arazi koşulları ile yağmur, kar gibi koşullara nasıl tepki vereceğini anlamak için RF kanal karakterizasyonu yapılarak analiz edilmesi gerekmektedir. Kanal karakterizasyonunun ilk adımı, RF kanal ölçümleri olup bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar kanal parametreleri olarak adlandırılmakta, kanal parametreleri girdi sayılarak kanal modelleri oluşturulmaktadır. Hazırlanan bu modeller kanal emülasyonu ve simülasyonu ile tekrarlanarak RF kanal etkilerinin kablosuz haberleşmeyi nasıl etkilediği gözlemlenmektedir. Kanal sondajlama olarak adlandırılan bu işlem, sistem tasarımı, geliştirilmesi, değerlendirilmesi ve optimizasyonu sırasında yapılabilmektedir. 5G sistemler için kablosuz haberleşme kanallarının karakteristiğinin anlaşılması önemli olup, kanal sondajlama test altyapılarının bu alandaki çalışmalara katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Şekil 3-17’de kanal sondajlama test altyapısının örnek blok diyagramına yer verilmektedir.

Şekil 3-17 Kanal Sondajlama Test Altyapısı



3.3.5. Fiziksel katman projelerinin zamana bağlı planı

5G fiziksel katmanında kullanılacak, Türkiye’de çalışılarak ürünleşmiş, sahada kullanımına başlanmış veya geliştirilerek kullanılacak ayrıca yine 5G kapsamında kullanılan araştırma çalışmaları Tablo 3-9’da yer almaktadır:

Tablo 3-9 Fiziksel Katmanda Mevcut Ürün ve Çalışmalar

ÜRÜN-ARAŞTIRMA	ÜRÜN-ARAŞTIRMA DETAYI	SINIFI / DURUM	FİRMA
ULAK 4.5G eNodeB	5G’ye evrimleşecek 4.5 G Radyo ve Baseband ürünü. Evrensel Hizmet Kanunu kapsamındaki şebekeler ile üç işletmecinin ticari şebekelerinde kullanılmaktadır.	Son ürün / Kullanımdadır	ULAK Haberleşme, ASELSAN, NETAŞ, ARGELA

4.5G Anteni (1L3H)	5G frekansları, Massive MIMO gibi eklemelerin yapılabileceği 800, 900, 1800, 2100, 2600 MHz frekanslarında yayın yapan 1L3H anten. Saha testleri devam etmektedir.	Son Ürün / Pilot ürünler kullanımdadır	ASELSAN
Radio Link	60 GHz’te çalışabilen V-Band Radio Link ürünü. İşletmeciler ile testleri yapılmaktadır.	Son Ürün / Test Aşamasındadır	CTech
Kutupsal Kodlar	3GPP tarafından 5G NR UL/DL Kontrol Kanalı Kanal Kodlama yöntemi olarak seçilmiştir.	Temel Araştırmalar	Bilkent Üniversitesi, Polaran

5G fiziksel katmanına yönelik olarak iki-üç yıl ay içerisinde ürünleşip sahada kullanılacak devam eden çalışmalar Tablo 3-10’da yer almaktadır:

Tablo 3-10 Fiziksel Katmanda İki-Üç Yıl İçerisinde Ürünleşip Kullanılabilecek Çalışmalar

ÜRÜN-ARAŞTIRMA	ÜRÜN-ARAŞTIRMA DETAYI	SINIFI	FİRMA
ULAK 4.5G eNodeB Yeni Release’leri ve İleri Seviye Özellikleri (Release 11, 12)	5G’ye evrimleşecek 4.5 G Radyo ve Baseband ürünü.	Son ürün	ULAK Haberleşme
ULAK 4.5G eNodeBR13, R14, R15 Özellikler ve New Radio	5G’ye evrimleşecek 4.5G Radyo ve Baseband ürünü.	Son ürün	ULAK Haberleşme, ASELSAN

Yeni Tip 4.5G Anteni (2L3H)	5G frekansları, Massive MIMO gibi eklemelerin yapılabileceği 800, 900, 1800, 2100, 2600 MHz frekanslarında yayın yapan 2L3H anten.	Ara-Alt Ürün	ASELSAN
28 GHz SiP Verici ve Anten	28 GHz Çoklu Giriş Çıkışlı (Massive MIMO) anten.	Ara-Alt Ürün	ASELSAN
5G Entegre Anten ve Radyo Ürünleri	5G Entegre Anten ve Radyo ürünleri	Son Ürün	ULAK Haberleşme, ASELSAN, HTK
RAN Şebeke Dilimleme Yazılımı	Şebeke dilimleme çözümü. Mevcutta small cell'ler ile kavramsal testleri yapılmıştır.	Ara-Alt Ürün	ARGELA
W-bandı Backhaul (SiGe IC)	16 Tx/Rx kanallı faz dizili, 4'e kadar arka arkaya eklenebilen backhaul çözümü.	Ara-Alt Ürün	ASELSAN
FSO Backhaul Link	Kızılötesi frekansları kullanan backhaul sistemi.	Ara-Alt Ürün	Hyperion Technologies
Radio Link	Geleneksel bantlarda ve 80 GHz, 94 GHz Bantlarda çalışacak, operatör seviyesi ürünler	Son Ürün	ASELSAN, Ctech, TÜBİTAK, HTK

5G fiziksel katmanına ilişkin beş yıl içerisinde ürünleştirilebilecek öncelikli alanlar Tablo 3-11'de yer almaktadır:

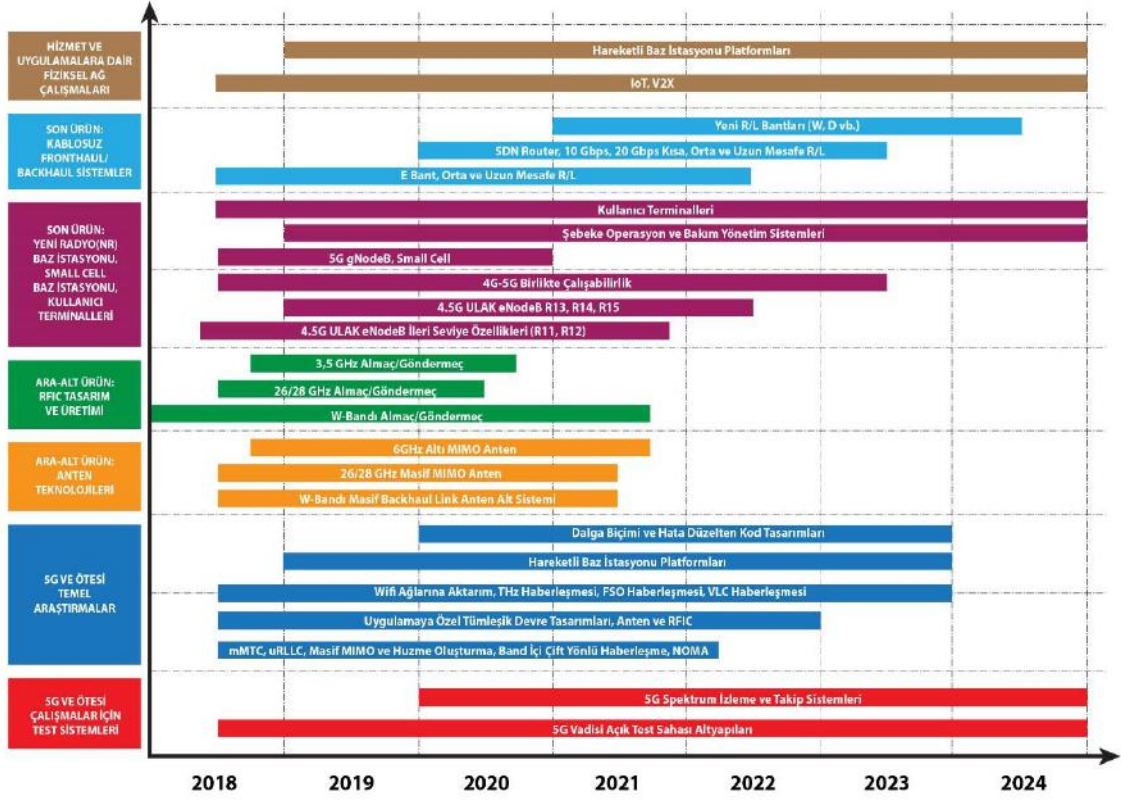
Tablo 3-11 Fiziksel Katmanda Beş Yıl İçerisinde Ürünleştirilebilecek Çalışmalar

ÜRÜN-ARAŞTIRMA	ÜRÜN-ARAŞTIRMA DETAYI	SINIFI	FİRMA
5G gNodeB	5G'ye Radyo ve Baseband ürünü.	Son ürün	ULAK Haberleşme, ASELSAN, HTK
5G Anteni	5G frekansları, Massive MIMO, beamforming gibi eklemelerin yapılabileceği düşünülmektedir.	Son Ürün	ASELSAN, HTK

3.4 Fiziksel Katmana İlişkin Sonuç ve Öneriler

5G ve Ötesi haberleşme teknolojilerine yönelik olarak, ulusal şebekelerin yanı sıra uluslararası pazarda da yer alabilecek alt-ara ürün ve son ürün geliştirilmesine dönük çalışmaların yanı sıra patentlenebilir ve uluslararası standartlara girebilir nitelikte temel teknolojik çözüm ve algoritmalar geliştirilmesine dair, yukarıda detaylı olarak sıralanan çok sayıda çalışma ve projenin eş zamanlı olarak yürütmesinin son derece önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bu bakış açısıyla, bu bölümde yapılan değerlendirmeler ışığında, olası zaman planlamasını da içerecek şekilde hazırlanan ve hayata geçirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilen 5G ve Ötesi Fiziksel Katman Zaman Çizelgesi Şekil 3-19'da sunulmuştur.

Şekil 3-18 5G ve Ötesi Fiziksel Katman Zaman Çizelgesi



5G fiziksel katman alanında sahada kullanılacak olan son ve ara-alt ürünler olan gNodeB (yeni radyo), small cell, radyolink, router, anten ve ayrıca hizmet ve uygulamalara dair V2X için araç üzeri birimi (On Board Unit-OBU) ve yol kenarı birimi (Road Side Unit-RSU) gibi ünitelerin yanı sıra yazılım tanımlı şebeke elemanları, bunların alt ürünleri ve tamamlayıcı ürünler de planlanarak dünya ile beraber 2020 ve 2021 yıllarında yerli olarak piyasaya sürülebilecek şekilde planlanabileceği değerlendirilmekte olup bu bölümde yer alan yol haritası ve zaman çizelgesi bu kapsamda bir genel çerçeve çizilmesi amacıyla hazırlanmıştır.

5G ve Ötesi fiziksel ağ katmanına ilişkin olarak bu bölümde ele alınan konular, ortaya konulan yol haritaları, fiziksel katman projelerinin zamana bağlı planı ve Şekil 3-19'da yer alan zaman çizelgesi birlikte ele alındığında aşağıda özetlenen ve belirtilen hususların önemli olduğu değerlendirilmektedir:

- 5G ve ötesi haberleşme teknolojileri alanında fiziksel ağ katmanında ülke olarak etkin olabilmemiz için çok uzun vadeli planlama ve koordineli çalışma yapılması gerekmektedir. 5G teknolojisi dünyada rekabetin çok yüksek olması ve büyük rakiplerin çok yüksek sayıda üretim yapması nedeniyle uzun süre karlı bir sektör olmayacaktır. Ancak alanın hâlihazırda pek çok fırsata açık olduğu daha da önemlisi şebeke güvenliği gibi stratejik unsurlar içerdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Dünyada 2G, 3G ve 4G teknolojilerinden ciddi maddi kazanç, uzman insan kaynağı ve bilgi birikimi elde etmiş teknoloji firmaları bulunmaktadır. Bu firmalar 5G teknolojisine yüksek bütçeli Ar-Ge yatırımları yapmakta, uzman insan kaynağını sürekli olarak yüksek nitelikli personel ile arttırmaktadır. Haberleşme teknolojileri yarışında bu firmalarla rekabet edilebilmesi için ülkemizdeki kısıtlı mühendislik kaynağının ve bütçenin çok etkin kullanılması gerekmektedir. Haberleşme teknolojileri, stratejik önemi ve başarı yakalanması durumunda getireceği yüksek katma değer nedeniyle kamu tarafından destek sağlanması gerektiği değerlendirilen bir alandır. Bu sektörde geliştirilen yerli ve milli ürünlere finansal destek sağlanması büyük önem arz etmektedir.
- Türkiye’de 5G teknolojileri alanında bilgi birikimi ve mühendislik tecrübesine sahip pek çok üniversite, araştırma kurumu, büyük ve küçük ölçekli şirket faaliyet göstermektedir. Ancak beklenen hedeflere ulaşılabilmesi için mevcut kısıtlı mühendislik ve finansal kaynakların, iyi kurgulanmış, ilgili konuda uzman ve yetenekleri kanıtlanmış ekipleri bir araya getiren ve somut çıktılar (patent, makale, ara-alt ürün, son ürün) hedefleyen projeler için kullanılması gerektiği değerlendirilmektedir.
- Ülkemizde 5G ve Ötesi’ne ilişkin üretken bir ekosistem oluşturulması ve sektörünün tüm paydaşları için etkili araştırmalar ve projeler yürütülmesine imkân sağlayacak bir platform oluşturması amacıyla, bir işbirliği protokolü çerçevesinde oluşturulan 5G VATS’a katkı sağlayacak çalışmalar devam etmeli, ihtiyaç duyulan test altyapılarının kurulmasına ve test altyapılarının sürekliliğinin sağlanmasına dönük her tür destek sağlanmalıdır. Söz konusu test altyapıları 5G ve ötesi şebekelerin diğer katmanları gibi fiziksel ağ katmanına ilişkin çalışmaların etkin bir şekilde yürütülmesi için de kritik önem taşımaktadır.

- 5G ve ötesi ile ilgili yapılacak araştırma ve geliştirme faaliyetleri için temel test altyapıları arasında yer alan ve Bölüm 3.3.2.'de detaylı olarak belirtilen, özellikle Tasarım Simülasyonu ve Doğrulama, Sinyal Üretme ve Analizi, Milimetre Dalga Komponent Karakterizasyonu, Huzme Şekillendirme türü test altyapılarının 5G VATS gibi geniş bir paydaş topluluğuna hizmet edebilecek platformlar kapsamında sağlanmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Geliştirme faaliyetleri için gereksinim duyulan ekipmanın her kurum ve kuruluş tarafından ayrı ayrı yatırım yapılması yerine, ortak havuz için temin edilmesi ve paydaşların kullanımına açılması yararlı olacaktır.
- 5G teknolojilerinin fiziksel katman alanında yerli ürün ve teknoloji geliştirme ve üretimini sağlayabilmek adına Ar-Ge faaliyetleri ile kavramsal çalışmalar, ürün geliştirme çalışmaları yapılmasının yanında, testler, saha denemeleri, demo çalışmaları, şebeke hazırlıklarının yapılabilmesi de çalışmaların verimliliği için önem arz etmektedir.
- 5G'ye yönelik spektrum izleme ve takip sistemlerinin kurulmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Dünya üzerinde farklı amaçlarla kullanılması düşünülen bantların testleri Türkiye'de yapılmalıdır.
- Haberleşme cihazlarının var olan standartlara uygunluğunun testini yapacak ve sertifikasyon verecek merkezler Türkiye'de kurulmalıdır.
- Fiziksel katmana dair çalışmalar için de son derece önemli olan temel araştırmalara ilişkin olarak, Bölüm 3.3.1'de yer alan Temel Araştırmalar Yol Haritası'nda detaylı şekilde belirtildiği üzere:
 - Yoğun Makine Tipi İletişim (mMTC),
 - Ultra Güvenilir ve Düşük Gecikmeli İletişim (uRLLC),
 - Masif MIMO ve Huzme Oluşturma,
 - WiFi Ağlarına Aktarım/Birlikte Çalışılabilirlik (WiFi Offloading/Interworking),
 - Bant İçi Çift Yönlü Haberleşme (Full Duplex Communication),
 - Dikgen Olmayan Çoklu Erişim (NOMA),
 - Dalga Biçimi ve Hata Düzeltme Kod Tasarımları,
 - THz, Görünür Işık (VLC), Serbest Uzay Optik (FSO) Haberleşmesi,
 - İndis Modülasyonu,

- Sensörler ile Birleştirilmiş ve Uygulamaya Özel Tümüleşik Devre Tasarımları,
- Hareketli Baz İstasyonu Platformları,
- Fiziksel Katmanda Ağ Güvenliği

konularında araştırma çalışmaları yapılmasının önemli olduğu değerlendirilmekte olup, bu kapsamda hazırlanan ve genel bir çerçeve sunması amaçlanan zaman çizelgesi Şekil 3-19'da gösterilmiştir.

- Bölüm 3.3.2'de detaylı olarak belirtildiği üzere ülkemizde ara-alt ürüne yönelik olarak:

Anten teknolojilerinde;

- 6 GHz Altı MIMO Anten
- 26/28 GHz Faz Dizili (Massive) MIMO Anten
- W-bandı Faz Dizili Backhaul Link Anten Alt Sistemi

RFIC Tasarım ve üretiminde;

- 3,5 GHz Almaç/Göndermeç
- 26/28 GHz Almaç/Göndermeç
- W-bandı Almaç/Göndermeç

üzerine çalışmalar yapılmasının faydalı olacağı değerlendirilmekte olup bu kapsamda hazırlanan zaman çizelgesi Şekil 3-19'da gösterilmiştir.

- Ülkemizde fiziksel katmanda yer alacak son ürünlere yönelik olarak Bölüm 3.3.3.'de de detaylı olarak belirtildiği üzere:

- Yeni Radyo (NR) Baz İstasyonu
- Küçük Hücre (Small Cell) Baz İstasyonu
- Kablosuz Fronthaul/Backhaul Sistemler
- Kullanıcı Terminalleri

konularında çalışmalar yapılabileceği değerlendirilmekte olup bu kapsamda hazırlanan detaylı zaman çizelgesi Şekil 3-19'da gösterilmiştir.

- 5G teknolojilerin gelişimi için son derece önemli olan ile dikey sektörlerin gereksinimlerinin uçtan uca karşılanmasına yönelik olarak ayrıca hizmet ve uygulamalara dair fiziksel ağ katmanında çalışmalar yapılmasının son derece önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bu alanda IoT, V2X, Hareketli Baz İstasyonu Platformları konularına yönelik çalışmalar gerçekleştirilebileceği düşünülmekte olup önerilen zaman çizelgesi Şekil 3-19'da gösterilmiştir.

- 5G ve Ötesi teknolojilerde hem araştırma geliştirme alanlarını ve uzun vadede geliştirilecek ürünlerin özelliklerini, gereksinimlerini doğru belirleyebilmek için hem de bu alanlarda katkı sağlayarak yüksek katma değer yaratabilmek için haberleşme teknolojileri alanında öne çıkan ve özellikle ürün geliştirme alanında önem arz eden 3GPP ve Wi-Fi standardını geliştiren IEEE 802.11 çalışma grupları gibi standart belirleme konsorsiyumlarına ve spektrumun kullanımına yönelik birlikte çalışabilirlik, uyumluluk, paylaşım ve harmonizasyon çalışmalarını yürüten ilgili çalışma gruplarına (mobil genişband haberleşme ile ilgili olarak görev yapan CEPT/ECC altında ECC PT1, ITU-R/SG5 altında WP5D) düzenli katılım sağlanması, Türkiye'nin ITU kapsamındaki faaliyetlerini takip etmek üzere bir de telekom elçisi görevlendirilmesi ve bilgi paylaşımının sürekliliğinin sağlanması, Avrupa'da bulunan Türk araştırmacılarla iletişimi kuvvetlendirilmesi faydalı olacaktır.
- Ülkemizde kullanılacak frekans bantlarının Milli Frekans Planı ile uyumlu olması esas olup, söz konusu plan ITU-RR Bölge-1 planlaması ile Avrupa Frekans Tahsis Tablosu ve bu kapsamda ITU ve ECC tarafından yayımlanan karar ve tavsiye kararlar dikkate alınarak hazırlanmaktadır. Bu açıdan üreticilerin ve uygulama geliştiricilerin frekans bandına ilişkin uygunluk durumunu üretim safhasından önce BTK ile koordine etmesi veya belirtilen karar ve tavsiye karar ile uyumlu olmasını garanti etmesinin olası ekonomik zararların önlenmesi açısından önemli olduğu değerlendirilmektedir.
- Standartlar için yapılacak katkılar mutlaka uluslararası patentlerle güvence altına alınmalıdır. Haberleşme konusunda araştırmacıların geliştireceği patentlerin başvuru ve satış aşamasında onlara destek olunması, haberleşme konulu patentlere ilişkin bir havuz oluşturulması, araştırmacılara patent alma konusunda destek olunması önem arz etmektedir.
- Fiziksel katmana ilişkin yol haritası temel araştırmalar, ara-alt ürün, son ürün bağlamında değerlendirilerek, önerilen zaman çizelgesini de içerecek biçimde bu bölümde detaylı olarak sunulmuştur. Bu alanda çok sayıda çalışma ve projenin eş zamanlı olarak yürütmesinin son derece önemli olduğu değerlendirilmekle birlikte, kaynak kısıtları da göz önünde bulundurularak fiziksel ağ ile ilgili olarak öncelikle desteklenmesinin faydalı olacağı değerlendirilen konu başlıkları aşağıda sıralanmıştır.

Bu konu başlıklarına ilişkin üzerine çalışılması gerekli olan ve Bölüm 3.3.1.'de yer alan temel araştırmaların da bu kapsamda değerlendirilerek desteklenmesi gerektiği düşünölmektedir.

- Yeni radyo (NR) baz istasyonu
- Milimetre dalga haberleşme/Küçük hücre (small cell) baz istasyonu
- Masif MIMO anten
- Uygulama ve servisler için modül veya terminal geliştirilmesi
- Bulut kontrol ve sanallaştırma
- Fiziksel ağ katmanı güvenliği
- Fiziksel ağ katmanı için test altyapılarının oluşturulması

4. HİZMET VE UYGULAMA

5G teknolojisinin ortaya çıkışı, haberleşme sektörü ile ilgili olan ve dikey sektörler olarak adlandırılan alanlarda ve endüstrilerde yeniliği tetikleyerek sürdürülebilir toplumsal değişimi harekete geçirecektir (5G PPP, 2015).

5G'nin yüksek veri hızı, düşük gecikme süreleri, daha fazla veri kapasitesi, enerji ve maliyet verimliliği unsurları ile dikey sektörler olarak adlandırılan enerji, otomotiv, sağlık, enerji, kentleşme, tarım ve eğlence gibi sektörlerde ciddi değişimler yaşanacaktır. 5G, teknik ve işletme yeniliği sağlayan bir ekosistem oluşturacaktır.

Birçok ülke, üretim altyapılarını geliştirmeye ve yenileştirmeye yönelik olarak sayısallaştırma süreçlerini içeren bir dijital geçiş stratejisi belirlemiştir. 4G, fiber ve gündemde olan 5G gibi yeni teknolojilerin ve nesnelerin interneti, bulut, büyük veri gibi yeni hizmetlerin ortaya çıkması sektörlerin dijital geçişini kolaylaştıracaktır. Çok geniş bir kullanım yelpazesine sahip olması ve sektörlerin dijital teknolojilere ve çözümlere geçişine imkân sağlaması nedeniyle 5G'nin çok yönlü bir teknoloji olması beklenmektedir (ARCEP, 2017).

Dijital teknolojilerin ekonomik ve toplumsal süreçlere girişi, toplumsal uyum, sürdürülebilir kalkınma gibi ekonomik ve toplumsal zorlukların çözümünde anahtar bir rol oynamaktadır. 5G ağ altyapıları, bu toplumsal dönüşümü desteklemek için önemli bir varlık olacak ve endüstriyel değişim, birden fazla sektörü etkileyecektir. Bu dönüşümlerin bir sonucu olarak, dikey sektörler yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini tetiklemek için mevcut teknik kapasitesini artıracaktır. Dikey sektörlerin ihtiyaçlarını belirlemek, ilgili eğilimleri erken tahmin etmek ve bunları 5G tasarımında haritalamak, 5G'nin başarısı için önemli bir yer tutacaktır. Bu nedenle, dikey sektörlerin ve 5G altyapı sağlayıcılarının yakın işbirliği, karşılıklı fayda sağlayacaktır (5G PPP, 2015).

Dikey sektörler, toplumsal değişimler, ekonomik zorluklar ve nüfusun yaşlanması da dahil olmak üzere birçok faktörün yol açtığı yeni nesil dönüşüm dalgası içinde dağıtımli üretim, bağlı mallar, düşük enerji süreçleri, artan otomasyon, işbirlikçi robotlar, entegre üretim ve lojistiğe doğru evrimleşme göstermektedir (5G Americas, 2017).

Hizmet ve uygulama bölümünde dijital dönüşümde öne çıkan 10 sektör incelenmiş ve sektör bazında; mevcut durum ve pazara, ihtiyaç ve fırsatlara, teknolojilere, örnek uygulamalar ve önerilere yer verilmiş olup ülkemizde yapılabilecek ve yapılması gerekli çalışmalar ele alınmıştır.

4.1. Otomotiv

4.1.1. Mevcut durum ve pazar

Ülkemizde otomotiv sektörünün, 1960’larda ticari araç üretimiyle başlayan üretim yolculuğu, 70’li yıllarda otomobil üretimini de içrisine alan, teknoloji ve kapasite yatırımlarının da ardından küreselleşen dünyada rekabet edilebilirliğin artırılması çabalarıyla devam etmiştir.

Otomotiv bugün, lokomotif sektörlerden biri olarak hak edilmiş bir unvanı taşıırken, gerek ana ve gerek tedarik sanayi ile yarattığı ihracat değerleri, ulaşılan iç pazar adetleri, sağladığı istihdamla ülkemizde çok değerli bir konumda olup ekonomimize önemli oranda katma değer yaratırken ekonominin seyrinden de en fazla etkilenen sektörler arasında bulunmaktadır.

Türkiye ile Avrupa Birliği arasında 01.01.1996 tarihi itibariyle yürürlüğe giren Gümrük Birliği ile otomotiv sektörü, teknik mevzuat uyumunu büyük ölçüde tamamlayarak Avrupa Birliği’ne en hazırlıklı sektörlerden biri konumuna ulaşmıştır. Ayrıca, bu süreç AB ile Türkiye arasındaki ticaret ve yatırımın büyümesini desteklemiş ve rekabet ortamını canlandırmıştır. Artan ticaret hacmi ve rekabetle birlikte firmaların yeni model geliştirme ve kalite iyileştirici yatırımları artmış, Türk Otomotiv Sanayii küresel bir otomotiv üretim merkezi haline dönüşmüştür. 1996 - 2017 yılları arasında toplam 16,165 milyar ABD doları otomotiv ana sanayi yatırımı gerçekleştirilmiş, üretim kapasitesi üç, üretim ise altı katına çıkmış, ihracat 39 bin adet seviyesinden 1,33 milyonu aşmıştır. 1996 yılında 1,9 milyar ABD doları dış ticaret açığı veren sanayi, 2017 yılında 6,518 milyar ABD doları dış ticaret fazlası vererek tarihi rekor seviyeye ulaşmıştır.

Son 10 yıllık dönemde otomotiv pazarının gelişimine bakıldığında; Türkiye otomotiv sektörü toplam pazarı ülkemizde ilk olarak 2015 yılında 1 milyon eşğine ulaşmış olup (1.011.194 adet) 2016 yılında da bu seviyeyi aşmaya devam etmiştir. (1.007.857 adet) Türkiye otomotiv

sektörü toplam pazarı 2017 yılında ise, geçen yılın aynı dönemine göre %2,74 azalarak 980 bin 277 adet olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 2017 yılı toplam satışlarıyla (980.277 adet), Dünya Motorlu Araçlar satışında 18'inci sırada yer almıştır.

Son 10 yıllık dönemde otomotiv sanayii üretiminin gelişimine bakıldığında ticari araç üretiminin %5, otomobil üretiminin ise %84 seviyesinde arttığı görülmektedir. 2015, 2016 ve 2017 yıllarında üst üste üretim rekoru kıran sanayinin toplam üretimi 1 milyon 696 bin adet seviyesine ulaşmıştır. OICA'nın (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles - Uluslararası Motorlu Araç İmalatçıları Örgütü) açıklamış olduğu 2017 yılı üretim verilerine göre Türkiye'nin otomotiv sanayi üretiminin toplam dünya üretimi içinde aldığı pay %1,7 seviyesine gelmiş, kapasite kullanım oranı %88 ile yeni bir rekora daha imza atılmıştır.

12 yıldır sektörel ihracat sıralamasında lider konumda olan otomotiv sanayi, 2017 yılında gerçekleştirdiği 29 milyar ABD dolarlık ihracat ile Türkiye ihracatının %18'ini gerçekleştirmiştir. Ana sanayi grubunda 2017 ihracatının %82'si AB ülkelerine gerçekleştirilmiştir. AB'ye ihracat yapan ülkeler arasında ilk sırada yer alan Türkiye, AB'nin ihraç pazarları arasında üçüncü sırada yer almaktadır.

Bir kişilik istihdam artışının, diğer sektörlerde beş kişilik istihdam artışına yol açtığı bilinen otomotiv sanayinin ülkemizde yaklaşık 500 bin kişiye istihdam sağladığı değerlendirilmektedir. GSMH içinde %4'lük paya sahip olan otomotiv sanayii, sanayi üretiminin %6,6'sını, imalat sanayi üretiminin %8,14'ünü oluşturmaktadır.

Onbirinci Kalkınma Planı Otomotiv Sanayii Çalışma Grubu Raporu için ODD ve OSD tarafından hazırlanan Türkiye otomotiv sektörü İç Pazar, İhracat ve Üretim tahmin analizleri Tablo 4-1'de gösterilmiştir.

Tablo 4-1 Türkiye Otomotiv Sektörü İç Pazar, İhracat ve Üretim Tahmin Analizleri

Toplam Otomotiv (x1000)		2018	2019	2020	2021	2022	2023
Büyüme Tahmini %3,5	İç Pazar	1.000	1.055	1.113	1.174	1.239	1.307
	İç Pazara Üretim *	350	369	390	411	434	457
	İhracat	1.333	1.350	1.370	1.390	1.400	1.410
	Üretim	1.683	1.719	1.760	1.801	1.834	1.867
Büyüme Tahmini %5,5	İç Pazar	1.000	1.105	1.221	1.349	1.491	1.647
	İç Pazara Üretim *	350	387	427	472	522	576
	İhracat	1.333	1.350	1.370	1.390	1.400	1.410
	Üretim	1.683	1.737	1.797	1.862	1.922	1.986
Büyüme Tahmini %7,0	İç Pazar	1.000	1.135	1.288	1.462	1.660	1.884
	İç Pazara Üretim *	350	397	451	512	581	659
	İhracat	1.333	1.350	1.370	1.390	1.400	1.410
	Üretim	1.683	1.747	1.821	1.902	1.981	2.069

Kaynak: ODD & OSD

* İç pazarın %65'inin yerli araçlardan oluşacağı varsayılmıştır.

Otomotiv sektörü pek çok yeniliğin tecrübe edildiği bir süreci yaşamaktadır. Bu süreç ve yenilikler yalnızca otomotiv ana ve tedarik sanayideki oyuncuları değil aynı zamanda sektördeki teknolojik gelişmeleri sağlayan diğer bağlantılı sektörleri de yakından ilgilendirmektedir. Çevreci araçlar, bağlantılı araçlar, bulut teknolojileri, akıllı ulaşım sistemleri, hareketlilik, nesnelerin interneti ve verilerin güvenliği konuları başta Avrupa ülkelerinde olmak üzere dünyada hızla yol kat etmektedir. Bu teknolojiler konusunda sektöre destek veren paydaşlar yoğun iş birlikleri ve altyapı hazırlıkları da her geçen gün sayıca artış göstermektedir.

Ülkeler, otomotiv sektöründeki bu yeniliklerin hızlı değişiminin farkında olup geleceğin teknolojisi olarak adlandırılan ve yukarıda bahsi geçen yeniliklere büyük Ar-Ge ve inovasyon yatırımları yapmaktadırlar.

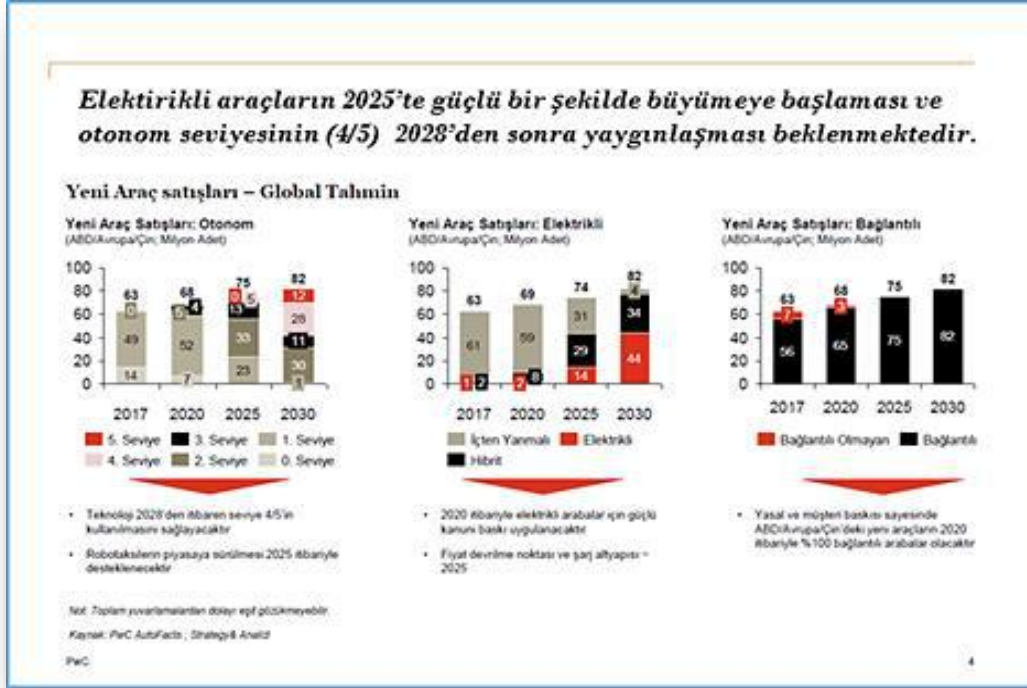
Türk otomotiv sektörünün, küresel pazardaki konumunu koruması ve geliştirmesi için gelişmeleri yakından izlemesi ve gerekli planları bugünden yapması önem taşımaktadır. Ülkemizin lokomotif sektörü konumundaki otomotivin sahip olduğu rekabet avantajını korumak, yarattığı katma değeri, dış ticaret fazlasını artırmak ve geleceğe yönelik teknolojilerde geri planda kalmamasını sağlamak büyük önem taşımaktadır. Teknolojik gelişmelerin ülkemize getirilebilmesi, yatırımların artırılması, gerekli altyapı hazırlıkları ile sürdürülebilirlik yönünden kamunun da bu konulardaki katkısı ve desteği oldukça önemli görülmektedir.

Türkiye’de üretilen ve satılmakta olan otomobil ve ticari araçlar, ülkemizin tabi olduğu ve Avrupa Birliği ülkeleri ile paralel düzenlemeler sayesinde her geçen gün tüketicilerimize daha çevreye duyarlı ve daha güvenli teknolojilerle donatılmış olarak sunulmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin temelinde yer alan araç elektroniği ve iletişim teknolojileri, artık otomotiv sanayinde rekabetin en önemli ve vazgeçilmez unsuru haline gelmiştir. Bu çerçevede elektroniğin, araç maliyet yapısında gittikçe ağırlığını arttıran bir konuma ulaşacağı gözükmemektedir. 2030 yılında araç maliyeti içinde elektroniğin payının %50 seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Elektrikli araçların 2025'te güçlü bir şekilde büyümeye başlaması ve otonom seviyesinin (SAE 4./5. Seviye) 2028'den sonra yaygınlaşması beklenmekte olup Şekil 4-1'de gösterilmektedir.

Şekil 4-1 Elektrikli Araçların Büyümesi ve Yaygınlaşması



Teknolojik ilerlemeler ve tüketici davranışlarındaki gelişmelerin bir sonucu da otomotivdeki gelir yapısının değişmesi ve geleneksel gelir kaynaklarının giderek öneminin azalacağı, akıllı hareketlilik ve veri ekonomisi kaynaklı faaliyetlerin hızla gelişeceği bir yapının ortaya çıkması olacaktır.

KPMG tarafından yapılan bir araştırmaya göre OEM tabanlı, bağlantılı araç çözümlerinin 2022 yılında küresel otomobil pazarının %40'ını oluşturacağı öngörülmektedir. Ayrıca üçüncü partilerin sağladığı ve kısmen veya tamamen entegre çözümlere sahip araçların pazar payının ise %52 olacağı tahmin edilmektedir. Sensör teknolojilerinin gelişmesi ve ucuzlaması ile araç-araç (V2V) ayrıca araç-altyapı (V2I) sistemleri her geçen gün gelişmektedir. Bunun için özellikle telekom sektörü ve altyapı sağlayıcıları ile birlikte küresel ve AB düzeyinde geliştirme çalışmaları büyük bir hızla devam etmektedir.

Araçların elektrifikasyonu, önümüzdeki on yılda, büyük olasılıkla en büyük yıkıcı eğilim olacaktır. Otomatik sürüş ve akıllı hareketlilik hizmetlerinin zaman içinde otomotiv sanayiinde mevcut iş modellerine meydan okuyacağı ve yeni iş modellerinin çıkmasına vesile olacağı öngörülmektedir. Bu gelişmelerin üreticiler, tedarikçiler ve teknoloji sağlayıcılar arasında ortaklıklar, ittifaklar ve yeniden yapılandırmaları daha fazla hale getireceği beklenmektedir.

4.1.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Geleceğin araçlarında güvenli, çevreci ve konforlu ulaşımı sağlayacak teknolojiler üzerinde çalışılmaktadır. Fırsatları aşağıdaki başlıklarda inceleyebiliriz:

Bağlı Araçlar (Connected Vehicles)

Sürüş konforunu, trafik etkinliğini ve sürüş güvenliğini artırma amacıyla diğer araçlar ve çevreleri ile iletişim kuran ve veri paylaşabilen araçlara bağlı araçlar denilmektedir. Bağlı araçlar için gerekli servisler, DSRC (Dedicated short-range communications) tabanlı araç-araç iletişimi ve araç-altyapı iletişimi ile de sağlanabilmektedir. Ancak, V2N iletişimini sağlayan 5G teknolojilerinin en büyük etkisi, her zaman her yerde bu bağlılığı sağlayabilecek olmasıdır. Bunun yanında, araçların ihtiyaç duyacağı yüksek veri aktarım hızı da 5G teknolojileri ile daha güvenilir bir şekilde sağlanabilecektir. Özellikle otonom sürüş uygulamaları ve bazı bağlı araç uygulamaları için yüksek veri aktarım hızı çok önemli olup bu ihtiyaç ancak 5G teknolojileri ile karşılanabilecektir. Otonom sürüş ve bağlı araç uygulamaları için bir diğer önemli ihtiyaç ise düşük gecikmeli veri iletimidir. 5G teknolojileri bu ihtiyacı da yine daha güvenilir olarak sağlayacaktır.

Bağlı araç terimi, 5G teknolojilerinden öncede hücreli ağ servislerinde kullanılan bir terimdir. Hücreli ağ (3G/4G) servisleri ile araçlara benzer şekilde veri aktarılması amaçlanmıştır. En önemli ve yaygın kullanım örneklerinden birisi eCall uygulamasıdır. Bağlı araçların diğer ilk örnekleri ise bazı araç modellerinde desteklenen;

- Harita ve rota optimizasyonu
- Yazılım güncellemesi
- Eğlence/bilgilendirme sistemleri

uygulamalarıdır. Ancak 5G ile hedeflenen bağı araç servisleri, bunlardan çok daha fazlasını kapsamakta olup tanımlanan uygulamalar yukarıda belirtildiği gibi öncelikli olarak sürüş güvenliği ve sonrasında trafik etkinliği ve sürüş konforuna yönelik uygulamalardır. 5G yolunda bu yeni servislerin sağlanabilmesi için standartlar ilk olarak 3GPP Release 14 ile Haziran 2017 tarihinde tanımlanmıştır.

Otonom Araçlar (Autonomous Vehicles)

Otonom araçlar ve gelişmiş sürücü yardım sistemleri (Advanced Driver Assistance Systems - ADAS) aynı fikrin farklı seviyelerdeki uygulamalarıdır. Ana fikir, aracın çevresini algılayarak sürücüyü uyarması, aracın kontrolünü belirli bir süreliğine sürücüden alması ve en son aşamada aracın sürücüsüz olarak ilerlemesidir. Araç sensörler yardımıyla diğer araçlarla olan mesafeyi, trafik ışıklarını, trafik uyarı işaretlerini algılar. Farklı sensörlerden gelen bilgiler sensör füzyonu teknolojisi ile birlikte değerlendirilir ve en güvenilir sonuç elde edilir. Otonom araçlarda, LIDAR (Light Detection and Ranging - Laser Imaging Detection and Ranging), RADAR (Radio Detection and Ranging), kamera ve ultrasonik sensörler ile mesafe ve çevre algılaması yapılmaktadır.

5G teknolojileri sayesinde otonom araçlar çevrelerinden aldıkları bilgileri kullanarak, kendi algılayamadıkları araç ve cisimlerden de haberdar olacak ve çok daha güvenli bir sürüş sağlanabilecektir.

Otonom seviyesi ve yoldaki motorlu taşıtların otomatik sürüş sistemine ilişkin terimleri, 2014 yılında Otomobil Mühendisleri Topluluğu (Society of Automotive Engineers - SAE) tarafından yayınlanmıştır. Buna göre otonom sürüş bağlamında 5 adet seviye vardır:

1. **Sürücü Asistanı:** Araç çeşitli durumlarda direksiyon yönlendirmesi ya da hız konusunda sürücüye destek olabilir fakat yine de tüm sorumluluk insana aittir.
2. **Kısmi Otonom:** Araç çeşitli durumlarda direksiyonu ve hızı tümüyle kontrol edebilir fakat sorumluluk yine de insana ait olacaktır.
3. **Koşullu Otonom:** Araç direksiyonu ve hızı kontrol eder, sensörleriyle yolu sürekli izler fakat gerekli durumlarda müdahale etmek için insan hazır beklemelidir.

4. **Yüksek Otonom:** Araç her detayı kontrol eder, gerekli durumlarda insandan yardım ister, yanıt alamasa bile çalışmayı sürdürür.
5. **Tam Otonom:** Araç bir insanın yapabileceği her şeyi yapar.

Paylaşımlı Araçlar (Shared Vehicles)

Paylaşımlı araç servisi kiralık araç servisi ile taksi servisinin birleşimi olarak düşünülebilir. Bağlı ve otonom araçların merkezi veya dağıtık bir sistemi kontrolünde insanları ve kargoları verimli bir şekilde taşınması fikri, üstteki iki teknolojinin gelişmesiyle uygulanabilir olacaktır.

5G ve ötesi teknolojileri sayesinde çok yüksek sayıda araç bir merkezden kontrol edilebilecek ve verimli bir ulaşım sağlanabilecektir.

Elektrifikasyon ve Alternatif Güç Sistemleri

Gelişen teknolojiler ve bağlı olarak CO2 ve kirletici emisyonlara karşı geliştirilen regülasyonlar ile küresel olarak alternatif güç kaynaklı araçların kullanımında artış öngörülmektedir.

5G ve ötesi teknolojileri sayesinde çok yüksek sayıda elektrikli aracın gideceği rotanın hız ve yol bilgisi kullanılarak aracın sahip olduğu şarj ile ne kadar gidebileceği hesaplanabilecek böylece doğru zamanlarda araç şarj edilerek en konforlu seyahat sağlanacaktır. Ayrıca, elektrikli araç konumları ve rotaları takip bilgileri kullanılarak enerji sektöründeki akıllı altyapı (smart grid) vasıtasıyla daha verimli bir enerji dağıtımını sağlanabilecek ve araçların altyapı için uygun yerlerde şarj edilmesi daha uygun fiyatlandırma ile teşvik edilebilecektir. Elektrikli araçların yakın gelecekte adetsel olarak dolaşımının artması söz konusu olduğu üzere, şehir içerisindeki şarj istasyonlarının bağlantılı olarak çalışmasının sağlanması gerekecektir.

Tüm bu gelişmeler neticesinde siber güvenlik uygulamaları otomotiv sektöründe kaçınılmaz hale gelmektedir. Araç içinde sayısal sistemlerin daha fazla kullanılmasıyla birlikte, her bir sistemin kendi içerisinde bir risk ortaya çıkarma ihtimali bulunmaktadır. Bu sebeple, her bir alt sistemin risk analizi ve güvenlik gereksinimleri incelenmeli ve önlemler alınmalıdır.

Araçlara havadan (over-the-air) yazılım güncellemelerinin yapılabilmesi, araç anahtarı yerine akıllı telefonların kullanılması gibi çözümler güvenlik ihtiyacını arttırmaktadır.

Araç içi sistemler ile birlikte, araç içi sistemlerin haberleştiği araç dışı sistemlerde de güvenliğin sağlanması gereklidir. Araç dışı sistemlerde meydana gelebilecek potansiyel güvenlik zaafiyetleri, haberleşme sırasında, araç içine gönderilen bilginin güvenliğini tehdit etmektedir. Böylelikle araç içi sistemler de kontrol edilebilir olacaktır. Araç içinde gerekli önlemler alınmadığı takdirde risk oluşturabilecek durumlar aşağıda sıralanmıştır;

- Algılayıcı bilgilerinin yanlış aktarılması ve kötüye kullanılması,
- Aktif ve pasif güvenlik sistemlerinin (motor, direksiyon, fren, hava yastığı, vb) ele geçirilmesi,
- Uyarı ve arıza sistemlerinin ele geçirilmesi,
- Araç ile araç dışı sistem haberleşme bilgisinin ele geçirilmesi

Araçların diğer sistemlerle olan bağlantıları, hücresel bağlantılar üzerinden olabileceği gibi, Bluetooth, WiFi gibi kısa mesafe haberleşme sistemleri üzerinden de gerçekleşebilir. Aynı zamanda, araç arıza tespit ve muayene/test amaçlı sistemler de araçlara entegre edilebilir. Her bir durum kendi içerisinde çeşitli riskler barındırabilir. Özellikle, 5G ile birlikte V2X sistemler ele alındığında bu sistemler için gerekli olan düşük gecikme süreleri, gereksinimlerinin neden olabileceği performans gecikmeleri birlikte değerlendirilmeli ve optimum tasarım ortaya çıkarılmalıdır.

Bugünün ağları pek çok uygulamayı kaldırırken, 5G anlık olarak birbirleriyle, binalarla ve alt yapı ile iletişim kurmak zorunda olan bağlantılı araçlar ve otonom araçlar için anahtar rol oynayacaktır. 5G aynı zamanda araç içindeki bağlantılı hizmetleri zenginleştirecek, böylece yolcu deneyimini artırarak mobilden kazanılacak potansiyel geliri artıracaktır.

4.1.3. Teknolojiler

Otomotiv ile ilgili 5G teknolojileri aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir.

4.1.3.1. Araçtan herşeye (Vehicle to Everything - V2X) İletişim

Araçların, diğer araçlar, yol kenarı altyapı birimleri (uygulama desteği veren ağ erişim noktaları, trafik ışıkları, trafik levhaları vb.) ve hücresel ağ erişim noktaları ile arasındaki veri paylaşımı için gerekli olan iletişim yöntemlerinin tümüne araçtan-herşeye anlamında V2X iletişimi denilmekte olup aşağıda tanımlanan iletişim yöntemlerini kapsamaktadır:

- Araçtan Araca (Vehicle to Vehicle - V2V)
- Araçtan Altyapıya (Vehicle to Infrastructure - V2I)
- Araçtan Şebekeye (Vehicle to Network - V2N)
- Araçtan Yayaya (Vehicle to Pedestrian - V2P)

V2V ve V2I iletişimini sağlayan standartlara ve bunlara ait uygulamalara uzun yıllardır çalışılmakta olup Kısa Mesafe Veri İletimi (Dedicated Short Range Communication - DSRC) olan iletişim yöntemi benimsenmiştir. ABD’de IEEE 802.11p ve IEEE 1609 protokol ailesi ile AB’de ise ITS G5 ve ETSI’nin ilgili diğer ITS standartları ile standartlaştırılmıştır. Frekans spektrumunda lisans gerektirmeyen 5.9 GHz frekansında 70 MHz’lik bir band genişliği ayrılmış olup sadece V2X iletişimde kullanımı için düzenlemeler ile korunmaktadır. Temel amacı, sürüş emniyeti ve trafik etkinliğini sağlamak olan DSRC tabanlı bu kısa mesafe veri iletim yöntemi, her zaman her yerde sürekli araç bağlılığını sağlayamacağı için hücresel ağa erişim ile bağlılığın sürekli olması ve her yerde erişimin sağlanması bir zorunluluk haline gelmektedir. Ağ bağlılığı, 3G/4G servisleri ile sağlanabiliyor olsa da düşük veri gecikmesi gibi gereksinimleri olan V2X iletişimi ile tanımlanan hizmetler, ilk olarak LTE Release 14 ile tanımlanmıştır. Bu teknolojiye LTE-V2X denilmekte olup 5G yolunda çıkarılacak olan Release 15 ve Release 16 standartları ile 5G-V2X olarak adlandırılacaktır. Hücresel ağ erişim modülleri ile araç-araç (V2V), araç-altyapı (V2I) iletişimi de yapılabilmektedir. Bu modüllere, hücresel ağ V2X anlamında C-V2X denilmektedir. V2X iletişimde araçlara hücresel ağ üzerinden yüksek veri iletim hızı da sağlanabilmektedir. Böylece, araçlara multimedya uygulamalar ile otonom sürüş uygulamaları için gerekli yüksek veri iletimi sağlanabilecektir.

IEEE ve ETSI’nin V2X iletişimi için çıkarmış olduğu standartlarda çok katmanlı (TCP/IP benzeri) bir protokol yığını kullanılmaktadır. LTE ve 5G iletişiminde ise 3GPP’nin standartları kullanılmaktadır. IEEE ve ETSI’nin çıkardığı protokol yığınının oldukça olgun olması nedeniyle 3GPP, üst katmalarında bir değişikliğe gitmeden sadece hücresel ağa

erişimde gerekli katmanlarda tanımlamalar yapmıştır. Bu nedenle, hücresele ağı erişim modülleri (C-V2X) ile yapılan V2X iletişimde 3GPP iletişim tanımları kullanılmaktadır. DSRC-tabanlı ve hücresele ağı tabanlı iletişim kanalı tanımlamaları, Tablo 4-2’de gösterilmiştir.

Tablo 4- 2 DSRC-Tabanlı ve Hücresele Ağı Tabanlı İletişim Kanalı Tanımlamaları

	DSRC Tabanlı İletişim	C-V2X ile İletişim
Araç-Araç İletişimi (V2V)	IEEE802.11p (ABD) ITS G5 (AB)	PC5
Araç-Altyapı İletişimi (V2I)	IEEE802.11p (ABD) ITS G5 (AB)	PC5
Araç-Yaya İletişimi (V2P)	IEEE802.11p (ABD) ITS G5 (AB)	PC5
Araç-Hücresele Ağı İletişimi (V2N)	-	Uu

Release 14 ile tanımlanan V2X özelliklerine sahip hücresele ağı erişim çipleri, 2018 yılından itibaren üretilecektir.

4.1.3.2. Milimetre dalga (mmWave)

Özellikle yeni geliştirilen sistemlerde milimetre dalga boyunda (26 GHz, 28 GHz) bulunan yüksek veri iletim hızı sayesinde araçların kamera, RADAR, LIDAR ve ultrasonik gibi sensörlerden edindikleri verileri hücresele ağı üzerinden diğer araçlar veya yol kenarı birimleri ile paylaşmaları mümkün olabilecek ve bu sayede sürüş güvenliği artırılabilir.

4.1.3.3. Görünür ışıkla haberleşme (Visible Light Communication)

Görülebilir ışık kullanarak veri transferi, direkt iletişim için önemli bir alternatiftir. Özellikle V2V iletişimde yüksek bant genişliği gerektiren işlemler için şu ana kadar veri transferi için kullanılmayan bu spektrum çok faydalı olacaktır.

4.1.3.4. Tam çift yönlü haberleşme (Full Duplex Communication)

Günümüzde kullanılan kablosuz iletişim sistemleri genellikle yarım çift yönlü haberleşmeye dayanır. Bir alıcı/verici sistemi aynı anda aynı frekans ve zaman bloğunda ya alıcı ya da verici olarak çalışır. Tam çift yönlü haberleşme ise cihazların aynı frekans ve zaman bloğunda hem alıcı hem de verici olarak çalışabildikleri sistemlerdir. Cihaz antenlerinde, cihazların kendi gönderdikleri sinyallerin alınmaması sağlanarak tam çift yönlü haberleşme mümkün kılınmaktadır.

4.1.3.5. Uç bilişim (Edge Computing)

Bulut veya veri merkezinde saklanan, işlenen ve analiz edilen verinin, kullanıcıya daha yakın ağ erişim noktalarında saklanması, işlenmesi, analiz edilmesi, servis edilmesidir. Bu yaklaşım ile bulut bilişimde oluşabilecek işlem yükü, kullanıcıya daha yakın noktalara dağıtılmaktadır. Böylece, ağ kaynakları daha etkin kullanıldığı gibi, kullanıcıya daha kısa sürelerde servis verilmesi de sağlanmaktadır.

Araçların ihtiyaç duyduğu düşük gecikme veya yüksek veri iletim hızı gerektiren birçok uygulama ve hizmetler 5G V2X iletişimi ile sağlanabilecektir. Ancak, otonom sürüş gibi otomotivdeki bazı uygulamalar, düşük gecikme ve yüksek veri iletim hızının aynı anda olmasını gerektirdiği gibi, yüksek veri iletim güvenilirliğini de gerektirmektedir. Bu tür servislerin, uçtan-uca iletimde gecikmelerden dolayı 5G teknolojileri ile sağlanması mümkün değildir. Bu nedenle, otonom sürüş gibi hizmetlerin sağlanabilmesi için Uç Bilişim bir gerekliliktir. Uç Bilişim sayesinde, otonom sürüş gibi servisler için ultra düşük gecikme (2ms), yüksek veri iletim hızı ve ultra yüksek güvenilirlik aynı anda sağlanabilecektir.

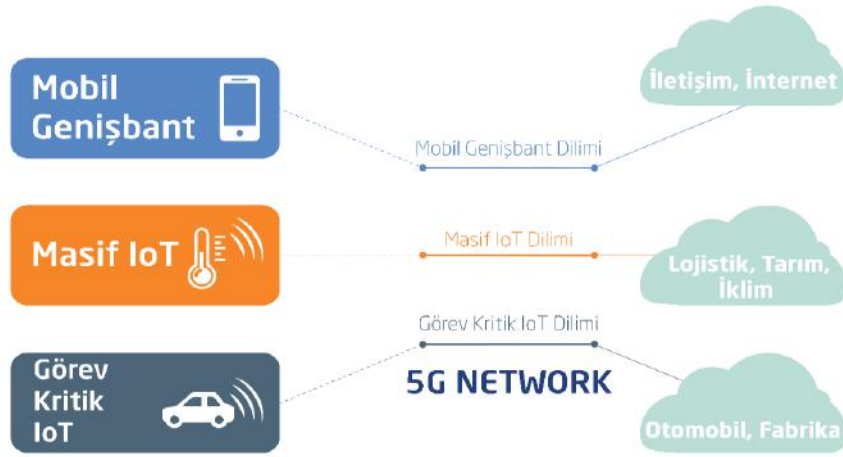
Uç Bilişim, bazı uygulama ve hizmetlerin uca taşınmasını amaçlamaktadır. Benzer bir kavram olan **Sis Bilişim (Fog Computing)** de ise analiz ve karar vermenin yanında, birçok farklı servis, hem uç noktalarda hem de ağda gerekli/istenilen noktalarda (ağ geçidi, yönlendirici gibi) verilebilmektedir. Uç Bilişim ve Sis Bilişim gibi bir diğer teknolojik kavram ise Bilgi Merkezli Ağ (Information-Centric Networking) olup aynı amaçlar için kullanılmaktadır. 5G teknolojileri ile farklı isimlere sahip bu benzer teknolojiler kullanılabilir duruma gelecektir.

Otomotiv sektörüne ait uygulamalar, bu teknolojilerin kullanılmasını gerektiren en önemli uygulamalar olacaktır.

4.1.3.6. Ağ dilimleme (Network Slicing)

Ağ dilimleme her odak alanı için gereken önceliklendirme, ağda her servise ayrı bir dilim ayrılarak verilmektedir. Özellikle araç trafik emniyeti uygulamalarında bu özellik ön plana çıkacaktır. Ağ dilimlemeye örnek Şekil 4-2’de yer verilmektedir.

Şekil 4-2 5G Ağ Dilimleme



4.1.3.7. Yazılım tabanlı ağ (Software Defined Networking)

Büyük ve karmaşık ağlar oluşturmak ve bu ağları etkin olarak yönetmek, ağ alt yapısını donanımdan mümkün olduğu kadar soyutlaştırmak ve sanallaştırmak üzerine kurulmuş bir teknolojidir.

4.1.3.8. Ağ fonksiyonlarını sanallaştırma (Network Functions Virtualization)

Biraz daha üst katmanda, özellikle yeni servislerin geliştirilmesinde, hızlı bir şekilde denenmesinde ve tüm bunların düşük maliyetle gerçekleştirilmesine yönelik bir teknoloji alanıdır. Bu teknolojiler, 5G Otomotiv alanında hazırlanacak servis ve uygulamalar için haberleşme kaynaklarını etkin kullanmayı amaçlar.

4.1.3.9. Geniş alana mesaj yayılımı (Enhanced Multimedia Broadcast Multicast Systems)

Bugün piyasadaki akıllı araç sistemleri sürücü destek sistemleri kapsamında yoğun olarak manevra ve sürüş için kendi algılayıcıları ve kameralarını kullanmaktadırlar.

4.1.4. Örnek uygulamalar

Otomotiv sektöründe hâlihazırda birçok hizmet ve uygulama, araç sürücülerine, yolculara ve bu alanda hizmet veren kuruluşların iş süreçlerinde çalışanlara hücrel ağlar üzerinden verilebilmektedir. En basit haliyle, araçlardaki kullanıcılara ait mobil telefonların hücrel ağa erişmesi ile ihtiyaca göre her türlü hizmet hücrel ağ üzerinden verilebilmektedir. 5G ile beraber son kullanıcılara mobil cihazlar üzerinden verilen hizmet ve uygulamalar çeşitleneceği gibi mevcut uygulamaların kalitesi ve hizmet yetkinliği de artacaktır. Ayrıca, 5G teknolojilerinde yer alan IoT bileşenleri ile araçlardan bilgi toplama ve analize yönelik birçok uygulama geliştirilebilecektir.

Araçlara sürücülere ve yolculara sunulan hizmetler bu güne kadar navigasyon ve rotalama gibi trafik etkinliğine yönelik uygulamalardan oluşmaktaydı. Araç üreticisine ve araç sınıfına bağlı olarak, infotainment (bilgi-eğlence) gibi hizmetlerde verilmektedir. Ancak, son yıllarda araçların sürüş emniyetini artırma ve insan hayatını koruma amaçlı hücrel ağ üzerinden hizmet vermeye yönelik çok yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bunların örneğini eCall hizmeti oluşturmaktadır. eCall uygulaması ile araçların kaza yapması durumunda, araç konum ve kaza bilgisinin otomatik olarak hücrel ağ üzerinden Çağrı Merkezine aktarılması ve ambulans, itfaiye ve polis gibi ilk yardım birimlerinin kaza yerine yönlendirilmesi, kazaya kısa sürede müdahale edilerek can kayıplarının ve yaralanmaların gecikmeden dolayı olası etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Teknoloji bölümünde belirtildiği gibi, V2X teknolojileri ve Uç Kenar Bilişimi gibi teknolojiler ile çok yeni hizmetlerde verilebilecektir. Uzun yıllardır V2X uygulamaları ve hizmetleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. DSRC tabanlı iletişim yöntemini kullanarak başlayan bu çalışmalar, V2X iletişiminin hücrel ağ üzerinden verilmeye başlanacak olması nedeniyle hem çeşitlenmiş hem de hücrel ağların daha geniş kapsama alanı sunması nedeniyle daha yapılabilir hale gelmiştir. 5G ile V2X iletişiminin ihtiyaç duyduğu çok düşük

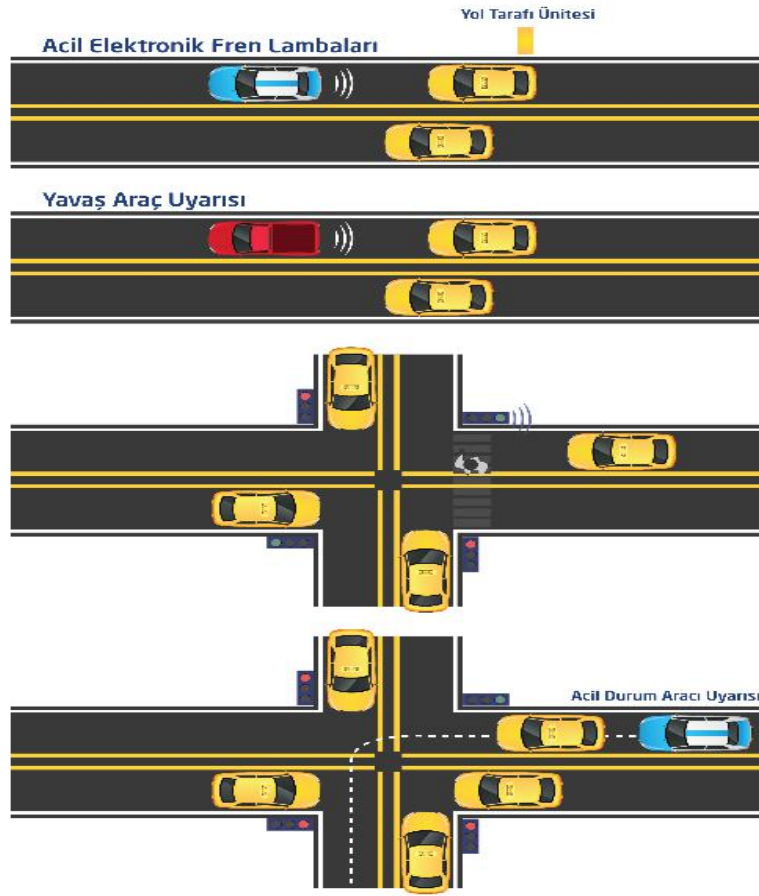
veri gecikmesi, yüksek veri iletimi hızı, yüksek veri güvenirligi sağlanabilecek, Uç Kenar Bilişimi ile bu performans ölçütleri daha iyi kalitede verilebilecektir.

V2X iletişimi ile sağlanabilecek hizmetler, daha önceden belirtildiği gibi, sürüş güvenliği, trafik etkinliği ve sürüş konforuna yönelik olarak üç ana kategoride tanımlanmıştır. Öncelik, sürüş güvenliğine ve trafik etkinliğine yönelik uygulamalara verilerek, pilot çalışmaları ve saha uygulamaları yapılmaktadır. 5G teknolojilerinin, mevcut DSRC tabanlı iletişim ile verilen hizmetlerin yerini alması beklenmektedir. V2X iletişimini kullanarak önerilen/standartlaşan hizmet ve uygulamaların bazıları aşağıda tanımlanmıştır. Bu uygulamaların ve ilave uygulamaların 5G teknolojileri kapsamında standartlaşma çalışmaları devam etmektedir.

4.1.4.1. Güvenli seyir

Araç, altyapı veya ağ vasıtasıyla araç durum uyarıları paylaşılarak trafik daha güvenli hale getirilebilir. ETSI standartlarındaki bazı örnek uygulamalar; acil durum fren lambası (V2V/V2I), sorunlu/bozuk araç uyarısı (V2V/V2I), acil durum aracı yaklaşma uyarısı (V2V), yavaş araç uyarısı (V2V/V2I/V2N) olarak özetlenebilir. Güvenli seyire örnek Şekil 4-3'de yer verilmektedir.

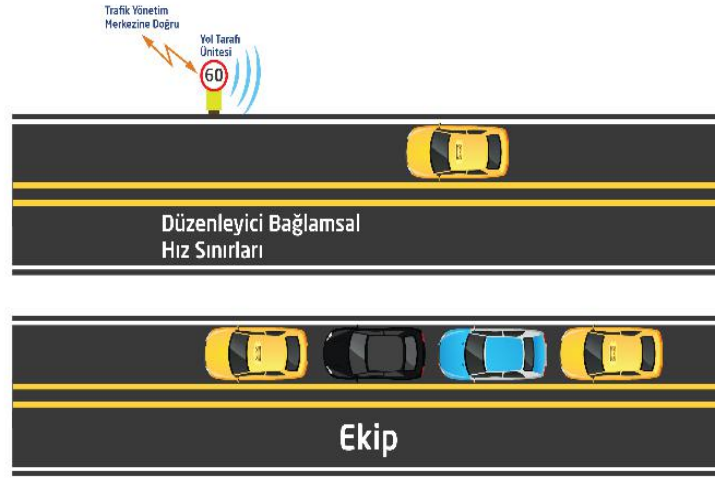
Şekil 4-3 Güvenli Seyir



4.1.4.2. Trafik etkinliği

Altyapı veya ağ vasıtasıyla anlık bilgiler paylaşılarak trafik daha verimli hale getirilebilir. ETSI standartlarındaki bazı örnek uygulamalar; genel hız limitlerinin paylaşılması (V2I/V2N), trafik akışını kontrol etmek için değiştirilebilir hız limitlerinin paylaşılması (V2I/V2N), yeşil trafik ışığı zamanlamasına yetişmek için araçlara hız tavsiyesi gönderilmesi (V2I/V2N), gelişmiş yönlendirme (navigasyon) sistemleri (V2I/V2N, katarlama (V2V) ve katarlama sistemlerine ilerideki trafik bilgisinin gönderilmesi (V2N) olarak özetlenebilir. Trafik etkinliğine örnek Şekil 4-4'de yer verilmektedir.

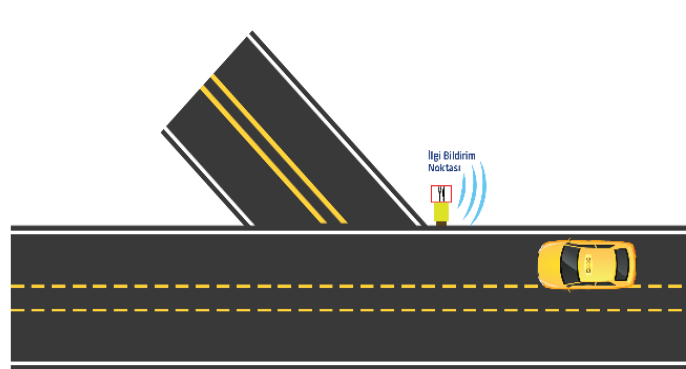
Şekil 4-4 Trafik Etkinliği



4.1.4.3. Sürüş konforu

Altyapı veya ağ vasıtasıyla anlık bilgiler paylaşılarak trafik daha konforlu hale getirilebilir. ETSI standartlarındaki bazı örnek uygulamalar; ilgi çekebilecek hizmetlerin veya bölgelerin bildirilmesi (V2I/V2N), uzaktan araç diyagnostiği ile araç bozulmadan önce servis verilmesi (V2N) ve ağ üzerinden sürüş ve yükleme planlamalarının araçlar ve yükleme alanları ile paylaşılması (V2N) olarak özetlenebilir. Sürüş konforuna örnek, Şekil 4-5’de yer verilmektedir.

Şekil 4-5 Sürüş Konforu



4.1.5. Öneriler

Otomotiv ile ilgili önerilere aşağıda yer verilmektedir;

- Teknik mevzuat ve standartların geliştirilmesi ve uygulanmasında AB ve küresel yaklaşımlara ve uygulamalara paralel bir yol haritası oluşturulması,
- Uluslararası standart geliştirme süreçlerine aktif katılım sağlanması,
- Otonom sürüş, trafik emniyeti ve etkinliğinin sağlanması için uç bilişim teknolojileri ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi,
- Milimetre dalga boyunda araç haberleşmesi için modül geliştirilmesi,
- Görünür ışık ile araç haberleşmesi için modül geliştirilmesi,
- Tüm paydaşların geliştirdikleri teknolojileri test edebilecekleri uygun test ve simülasyon altyapısının oluşturulması,
- İşletmeciler tarafından sağlanan yüksek bant genişliği düşük veri iletimi ile araç sürücüsü ve diğer yolculara sağlanan hizmetler için araç içi ağ altyapısına ve bilgi/eğlence sistemlerine yönelik çalışmalar yapılması,
- Özellikle hizmetler alanında kişisel verilerin kullanımı söz konusu olabileceği için gerekli yasal düzenlemelerin yapılması

gerekmektedir. Ayrıca önerilerin test ve fizibiliteler sonucunda uygulanabilir olduğuna karar verilmesi gerekmektedir.

4.2. Ulaşım ve Lojistik

4.2.1. Mevcut durum ve pazar

Ulaşım ve lojistik sektörü, bilgi ve iletişim teknolojilerinin en çok kullanıldığı sektörlerin başında gelmektedir. Bu yönü ile 5G'nin etkisini göstereceği en önemli dikey sektörlerden biri olacaktır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ulaşım sektöründe kullanılması ile beraber ortaya çıkan Akıllı Ulaşım Sistemlerinin (AUS), özellikle iletişim teknolojilerinin gelişimi sonucunda bağlantılı araç teknolojilerinin ortaya çıkması ile yepyeni bir evreye geçmesi beklenmektedir. Bağlantılı araçlar sadece araçların bir biri ile haberleştiği bir kavramın ötesinde, araçların aynı zamanda yol altyapısı ve hücreli ağ altyapısı ile haberleştiği bir kavramı ifade etmektedir. Bu yönü ile bağlantılı araçların akıllı ulaşım sistemlerinin merkezinde, akıllı ulaşımın ise akıllı şehirler kavramının merkezinde olacağını ifade etmek yerinde bir yaklaşım olacaktır.

Günümüzde karayolu taşımacılığı, kablosuz iletişimi kullanmaktadır. Lojistik değer zincirlerinde de sürekli izlemeye imkan veren ürünlerin takibinde kablosuz kullanım önemli bir yer tutmaktadır. Önümüzdeki yıllarda, otonom araçlar, insan ve eşya taşımacılığında pay alacak ve bundan sonraki otuz yıl içinde sayıları artıyor olacaktır (IEEE, 2017b).

Ulaşım ve lojistik alanında ülkemizde mevcut durumu ortaya koymak için Akıllı Ulaşım Sistemleri ile ilgili iki önemli çalışmanın sonuçları incelenmiş ve aşağıda bazı alıntılar yapılmıştır. Daha detaylı bilgi için aşağıda yer alan iki doküman incelenebilir:

1. “Akıllı Ulaşım Otomasyonunda Yasal Çerçeve ve Düzenleyici Politikalar: AB ve Türkiye’de Durum” (AUSDER, 2017)
2. “Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2018-2020 Eylem Planı”, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2018

Karayolu taşımacılığı taşıma kapasitesi, güzergâh seçiminde esneklik sağlaması ve diğer tüm yolcu taşıma modlarının tamamlayıcısı durumunda olması sebebi ile tüm dünyada diğer taşıma türlerine göre daha hızlı bir gelişme göstermiştir.

Ülkemizde karayolu taşımacılığı talebi ve motorlu araç sayısı sürekli artmaktadır. Gelişmiş ekonomiler kişisel araç sahipliği oranında doyuma ulaşmışken, Türkiye’de ise bu oran istikrarlı bir şekilde artmaya devam etmektedir. Bu durum, ülkemizde başta trafik sıkışıklığı olmak üzere mevcut trafik sorunlarının gitgide daha geniş kitlelerce hissedileceğini ve özellikle büyükşehirlerde önemli bir sorun olmaya devam edeceğini göstermektedir.

Kentlerin karşı karşıya kaldığı pek çok sorunun temelinde hızla artan nüfus önemli bir yer tutmaktadır. Dünya nüfus artışına ek olarak kırsal alanlardan kentlere göç kentlerin nüfusunu önemli oranda çoğaltmaktadır. Dünyadaki eğilimlere benzer şekilde Türkiye’de de nüfus ve nüfusun içinde kentlerin payı hızla artmakta ve kırsaldan kentlere göç öncelikli olarak büyük kentlerde yoğunlaşmaktadır. Kentlerde artan nüfus ve araç sayısı trafik sıkışıklığına neden olurken buna paralel olarak bir yandan da trafik kazalarında artış gözlenmektedir. Zira düzensiz trafik akışı kaza riskini artırmakta olup denetimin etkili ve sürekli bir şekilde sağlanamaması kuralların çiğnenmesini kolaylaştırmaktadır.

Trafik kazalarının sosyoekonomik maliyeti ülkemizde olduğu kadar, gelişmekte olan ülkelerde de büyük rakamlara ulaşmaktadır. Trafik kazalarına ait istatistikler incelendiğinde Türkiye'nin Avrupa Birliği ülkeleri arasında en yüksek kaza sayısına ve en az yıllık kaza düşüş oranına sahip ülkelerden biri olduğu görülecektir. Bu durum özellikle araç içi emniyet sistemleri ile trafik yönetimi ve denetimine yönelik AUS uygulamalarının ülkemizde önemli bir ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

AUS'un amaçları arasında insan-araç-altyapı-merkez arasında çok yönlü veri alışverişi, trafiğin güvenliliği, yolların kapasitelerine uygun olarak kullanımı, mobilitenin artırılması, enerji verimliliği sağlanarak çevreye verilen zararın azaltılması gibi başlıklar genel kabul görerak standartlaşmıştır. Karar verme yükümlülüğünün araç kullanıcısının üzerinden alınmasının yalnızca işleri kolaylaştırmadığı çok yönlü olarak birçok amaca hizmet ettiği sıralanan bu amaçlarla daha da netleşmektedir.

Türkiye'de lokal bazda AUS alt sistemlerinden bazıları mevcuttur. Fakat etkili ve sürdürülebilir bir ulaşım yönetimi çok boyutlu, kapsamlı, planlı ve ülke çapında koordineli bir AUS kurulumu ile sağlanacaktır. Bağlantılı araç teknolojisinin gelişimi ile birlikte AUS uygulamalarının sayı ve etkinliğinin artması beklenmektedir.

4.2.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Şehirlerdeki nüfus yoğunluğunun her geçen gün artmasına bağlı olarak araç satışlarının da paralel olarak artmasının doğal bir sonucu olarak insanların büyük şehir içerisindeki ihtiyaçları da farklı şekillere bürünmektedir. Bu sebeple şehirlerin "Akıllı Şehir" olarak dönüşmesinin önemi her geçen gün artmaktadır. Şehirlerin gelişimine katkıda bulunulmasının yanı sıra şehirleri alınacak dinamik verilerle izlemek ve yönetmek, aynı zamanda sürücülerin hayatını kolaylaştırmak adına bağlantılı araçlar ile ilgili ortaya çıkan çeşitli fırsatlar mevcuttur.

Trafikte dolaşan araçların birbirleriyle haberleşmelerinin yanı sıra şehirdeki farklı noktalar ile de haberleşmeleri gerekmektedir. 5G altyapısı sayesinde hızlanacak olan iletişim altyapısı ile sürücü, yolcu ve yayalara çeşitli imkânlar sağlanabilecektir.

Yine sokak lambalarına yerleştirilecek algılayıcılar sayesinde, sokaklardaki park alanları da işaretlenebilir ve takibi sağlanabilir olacaktır. Bu sayede sürücülerin kolaylıkla park alanı bulması sağlanacak, arama sırasında harcanan sürüş zamanı ve yakıttan tasarruf sağlanacak, çevre kirliliği de azaltılmış olacaktır.

Şehir içerisine yerleştirilecek izleme algılayıcıları sayesinde, trafik yoğunluğunun hangi güzergâhlarda yoğunlaştığı tespit edilecek, bağlantılı araçlar için trafik yoğunluğu az alternatif güzergâh önerileri yapılabilecektir. Sürücülerin trafikte kaybettiği zamanı büyük ölçüde giderecek olan bu sistem sayesinde, yakıt tasarrufu ve buna bağlı olarak hava kirliliğinin azaltılması sağlanacaktır.

Trafik lambalarının bağlantılı hale getirilmesi sayesinde, şehir içerisindeki trafiğin nerelerde yoğun olduğu tespit edilebilecek, merkezi izleme olması halinde trafiğin yoğun olduğu güzergâhlardaki trafik lambalarına müdahale edilerek trafiğin daha akıcı olması sağlanabilecektir. Geliştirilebilecek akıllı trafik lambaları sayesinde, engelli vatandaşlar için de birtakım kolaylıklar sağlanabilecek, örneğin; yaya geçidinden geçmek isteyen engelli vatandaşın trafik ışığının rengini değiştirmesi mümkün olabilecektir. Bu sayede bekleme süresi azaltılarak güvenli şekilde geçiş yapması sağlanan engelli vatandaşlara kolaylık sağlanmış olacaktır.

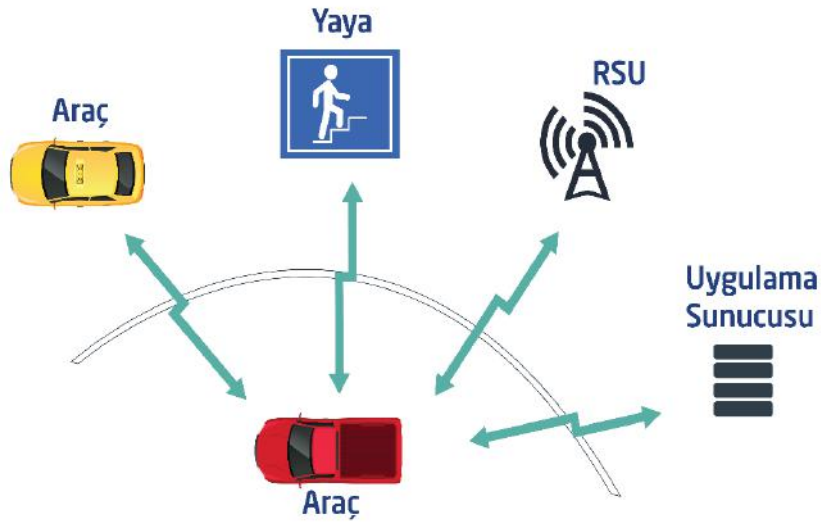
Şehir içi sürüş güvenliğinin sağlanması adına, bağlantılı araç çözümleri kapsamında şehir içerisine yerleştirilecek algılayıcılar sayesinde yaşanan kazalar anlık olarak tespit edilebilecek, kaza yerine ilgili sağlık ve güvenlik birimlerinin dakikalar içerisinde ulaşması sağlanabilecek ve bu sayede olası can kayıpları engellenebilecektir. Gelişmekte olan tüm bu yeni teknolojiler ile elde edilecek veriler sayesinde, sürücülerin ve yayaların hayatlarını kolaylaştıracak çeşitli akıllı şehir uygulamaları geliştirilerek ekonomik tasarruflar sağlanabilecek ve yaşam kalitesi arttırılabilecektir.

4.2.3. Teknolojiler

IoT kavramının ortaya çıktığı günümüzde artık araçların bir biri ile haberleşmesinin de ötesinde elektronik haberleşme yeteneği olan her bir cihazın bir haberleşme ağına bağlandığı ve bu ağ üzerinde yepyeni uygulamaların kullanılmaya başlandığı bir devir yaşanmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemlerinin merkezinde yer alacak olan bağlantılı araç teknolojisi, hücresel altyapının kullanılmasını da mümkün kılacak olan V2N iletişimi ile beraber yeni bir boyut kazanmıştır. 3GPP standartları ile tanımlanan C-V2X teknolojisine ait dört farklı haberleşme yöntemi, Şekil 4-6'de verilmektedir¹¹.

Şekil 4- 6 C-V2X Teknolojisine Ait Dört Farklı Haberleşme Yöntemi



Otomotiv dikey sektöründe değinilen V2X iletişimine dair tamamlayıcı bilgiler bu bölümde, devam eden paragraflarda verilecektir.

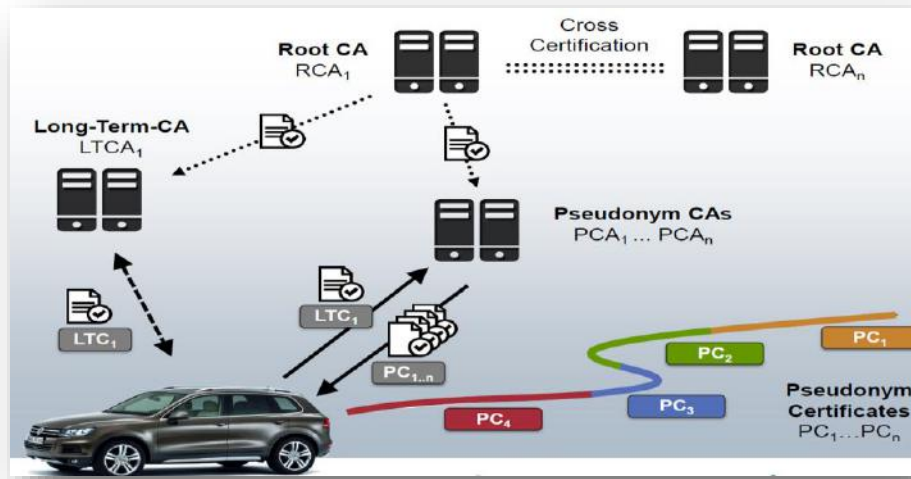
V2X haberleşme birimleri temel olarak Araç İçi Ünitesi (On Board Unit - OBU), Yol Kenarı Ünitesi (Road Side Unit - RSU) ve yaya için akıllı telefon (Smart Phone) ve hücresel ağ tarafında baz istasyonu birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimlerin birbirleri ile güvenli bir şekilde haberleşmesini sağlayan V2X iletişim teknolojisinin yaygınlaşması ile birlikte edinilecek genel faydalar şöyle özetlenebilir:

- Araç ve yol güvenliliğinin artırılması
- Trafik sıkışıklığının azaltılması
- Enerjinin daha etkin kullanımı
- Araç egzoz çıkışlarının azaltılarak çevre kirliliğinin azaltılması

¹¹ 3GPP TS 22.185 version 14.3.0 Release 14

5G ile beraber her geçen gün iletişim kapasitesinin artması ile birlikte ortaya çıkan V2X uygulamalarının da sayısı artacaktır. Diğer taraftan, daha fazla iletişim bir takım tehditleri de beraberinde getirecektir. Bunun başında siber güvenlik ve mahremiyet (privacy) konuları gelmektedir. Hatta V2X teknolojisinin yaygınlaşmasının önündeki en önemli güçlükler olarak siber güvenlik tehditleri ve mahremiyet endişeleri görülmektedir. Bu iki konuda çözüm olarak Avrupa Birliği ortak akıllı ulaşım sistemleri (Cooperative Intelligent Transport System-C-ITS) platformu tarafından kriptolu haberleşme altyapısı için ilk taslak tanımlar yapılmıştır (EC, 2017d). Car-2-Car Communication Consortium tarafından önerilmiş olan kriptolu haberleşme altyapısı Şekil 4-7’de şematize edilmektedir¹².

Şekil 4- 7 V2X Haberleşmesi İçin Temel Kripto Altyapısı

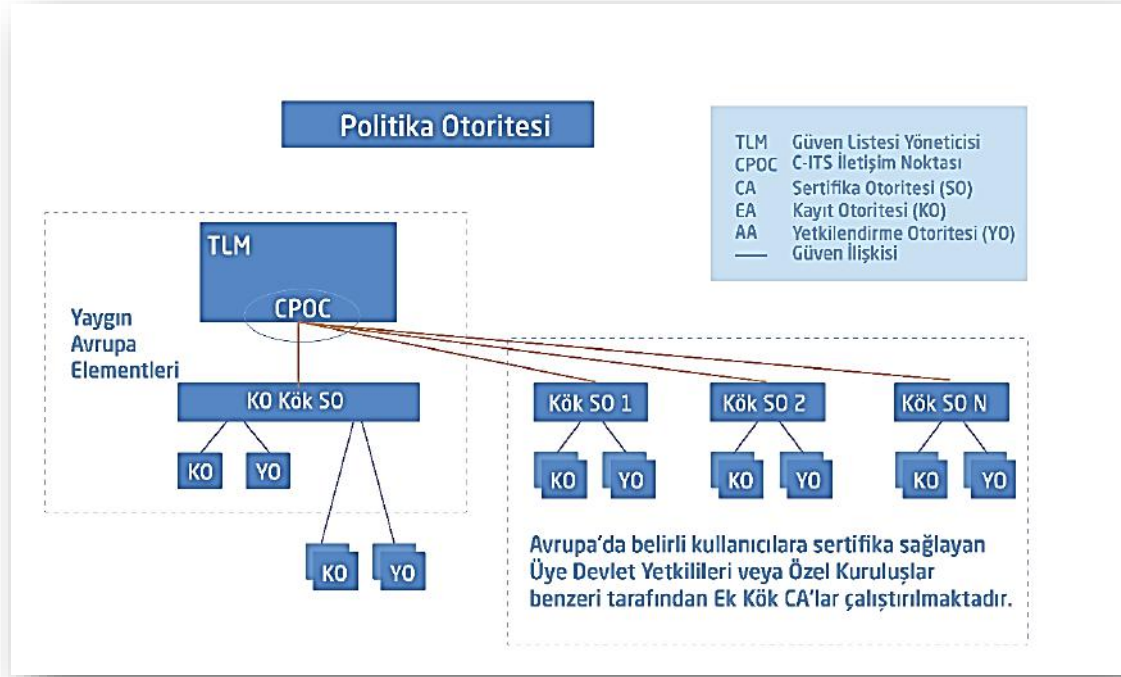


C-ITS veya V2X kripto altyapısı olarak adlandırabileceğimiz bu sistemde OBU ve RSU, uzun vade (long term) ve kısa vade (pseudonym) olmak üzere iki farklı kripto anahtar çifti ve ilgili açık anahtar sertifikalarına sahip olacaktır. Uzun vadeli açık anahtar, araç veya yol kenarı ünitesi kimlik bilgisi ile sertifikalandırılacak ve araç için plaka kaydı yapılmadan önce, yol kenarı ünitesi için ise yol kenarına kurulmadan önce OBU/RSU içerisindeki güvenli bölgeye (Hardware Security Module - HSM) gerekli güvenlik prosedürleri uygulanarak yüklenecektir (kişiselleştirme). Kısa vade anahtar çiftleri ve ilgili açık anahtar sertifikasyonu araç trafiğe çıktıktan sonra yapılabilir. Bu süreçlerin yürütülebilmesi için en az bir adet kripto kök anahtar sertifika otoritesi kurulması gerekmektedir ve bu kök sertifika otoritesinin de Sayısal Takograf kripto anahtar altyapısındaki benzer bir şekilde olduğu gibi Avrupa Otoritesinin

¹² Car2Car Consortium Sunumu

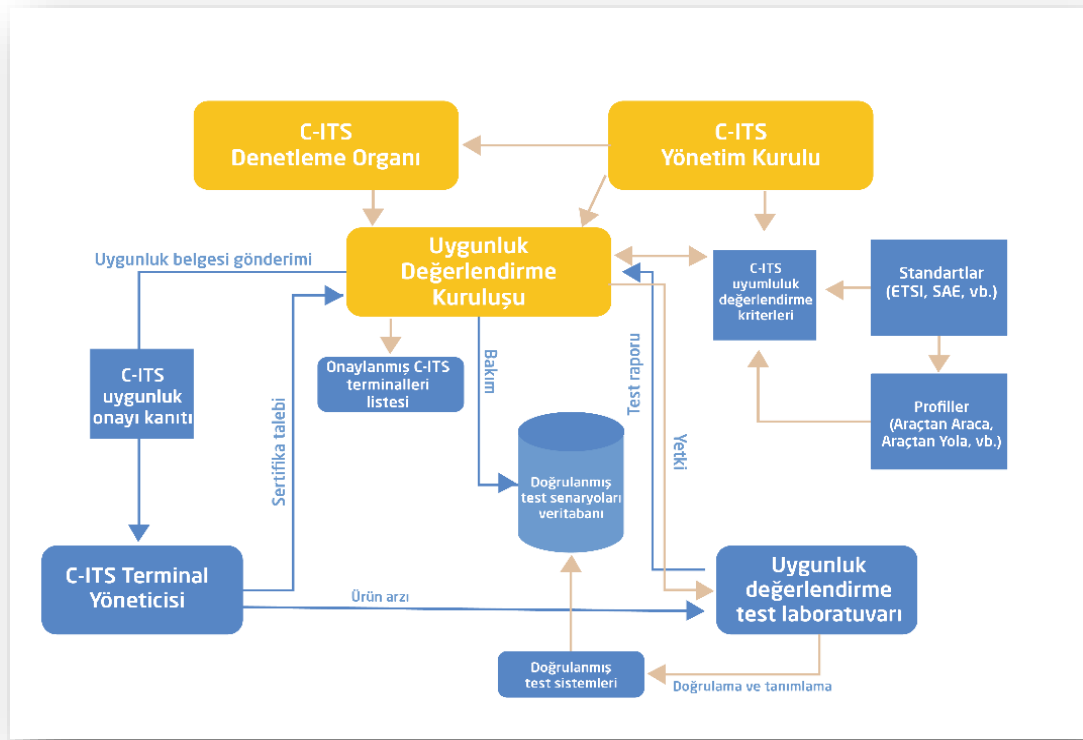
bir parçası olması öngörülmektedir. Şekil 4-8’de krypto altyapısına ait taslak mimari görülmektedir (EC, 2017d).

Şekil 4-8 C-ITS Kripto Altyapısı Mimarisi



Bütün bu kriptografik süreçlerin güvenliği açısından OBU ve RSU modüllerinin kurcalamaya karşı güvenli olduğu uluslararası güvenlik laboratuvarları tarafından belgelendirilecektir (Örnek: Ortak Kriterler EAL4 seviyesi). Bu modüllerin sağlaması gereken tip onayı (compliance assessment) kriterlerine ait ilk taslak doküman (EC, 2017e), C-ITS platformu tarafından 2017 yılı ikinci yarısında yayınlanmıştır. Buna göre yine ülke bazında Şekil 4-9'da (EC, 2017e) görüldüğü gibi çeşitli rol ve sorumlulukların paylaşıldığı birimlerden oluşan bir tip onayı altyapısının kurulması gerekecektir ve bu altyapı sayısal takograf için kurulmuş olan altyapıya büyük ölçüde benzerlikler göstermektedir.

Şekil 4-9 C-ITS Tip Onayı Altyapısı



V2X haberleşme altyapısının uluslararası standartlara uygun olmakla beraber yerli imkânlar ile ve Türkiye’de geliştirilmesi ilerde bu haberleşme altyapısı üzerine milli uygulamaların güvenle eklenmesi açısından önemli olacaktır.

5G ile birlikte otonom hava araçları teknolojileri de oldukça kritik kullanım alanları bulacaktır. Lisanslı frekans tayfında yönetilebilir servisleri ile yüksek güvenilirlik ve servis kalitesi sunması, milyarlarca cihazın bağlı olduğu dünya çapında bir ağa sahip olması ile her zaman ve her yerde kapsama sağlaması, ağ bütünlüğünü sağlarken kontrol edilebilir komutlarla güçlü bir güvenlik mekanizmasına sahip olması ve kesintisiz dolaşıma imkan veren yapısı ile hücresel ağlar ve özellikle 5G ağlar, İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanımını için mükemmel bir alt yapı hizmeti vermektedir.

5G ağlar kullanılarak, çoklu otonom İHA’lar ile adrese paket teslimatları güvenli bir şekilde yapılabilecek ve bunların merkezlerden takibi yapılabilecektir. Ayrıca, acil durumlarda gıda ve ilk yardım malzemelerinin gerekli yerlere transferinde de kullanılabilir.

4.2.4. Örnek uygulamalar

Otomotiv dikey sektöründe bahsedilen uygulamalar ulaştırma/lojistik sektörü içinde de sayılabilir ve teknoloji ilerledikçe ulaşım sektöründe benzer uygulamalar artış gösterecektir. 5G ile beraber bağlantılı araçlar ve akıllı ulaşım kapsamında aşağıdaki uygulamalar, öncelikli olarak hayata geçmesi beklenen uygulamalardan bazılarıdır:

- Yavaş veya duran araç uyarısı
- Yol çalışması var bilgilendirme uygulaması
- Hava koşulları bilgilendirmesi ve buzlu/karlı yol uyarısı
- Acil fren bilgilendirme uygulaması
- Acil durum aracı yaklaşıyor uyarısı
- Trafikte önceliklendirme uygulaması

4.2.5. Öneriler

Akıllı ulaşımın merkezinde yer alan bağlantılı araç teknolojisinin hem uluslararası standartlara uygun hem de yerli olarak geliştirilmesi önemsenmeli, bunun için gerekli kript altyapısı ve tip onayı altyapısı ile ilgili süreçler yakından takip edilmeli ve ülkemizde zamanında bu altyapılar kurulmalıdır. C-V2X teknolojisi stratejik öncelikli bir alan olarak değerlendirilmeli ve milli ürünler geliştirilmesi için desteklenmelidir. Geliştirilecek milli C-V2X araç içi ünitelerinin başta milli araç projesinde kullanılması ve uluslararası piyasada rekabet edebilir maliyet ile uluslararası standartlara uygun yüksek kalitede geliştirilmesi önemli olacaktır.

4.3. Sanayi

4.3.1. Mevcut durum ve pazar

Sanayi sektörü, ülkelerin ekonomik gelişimine önemli ölçüde katkıda bulunmakta, istihdam, ihracat, Ar-Ge yatırımı ve katma değer gibi önemli iktisadi faktörler için lokomotif görevi görmektedir. Günümüzde gelişen teknolojiler ve sayısal yetkinliklerin sağlamış olduğu fırsatlar, sanayi sektörü için önemli bir gelişim potansiyeli sunmaktadır. Endüstri 4.0, akıllı sanayi, endüstriyel IoT gibi isimler altında sürdürülen ve tüm dünyada büyük ilgi gören yeni dönüşüm süreci, 5G teknolojileri ile doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple sanayi sektörü, gelişen

haberleşme teknolojilerinin verimlilik adına en çok etki gösterebileceği sektörlerden birisidir. Değişen pazar şartları sanayicileri, seri üretimden çok hızlı bir şekilde kişiselleştirilmiş ürünler üretebilecekleri çevik üretim araç ve teknolojilerine yöneltmekte, fabrikaların tasarım, üretim ve planlama süreçlerinde ve imalat zincirinin her halkasında (tedarik, lojistik, müşteri ilişkileri) bu değişim yaşanmaktadır.

Sanayi sektörünün ekonomik olarak ne ifade ettiğine bakıldığında (Eurostat 2014) Avrupa Birliği için sanayi sektörü 2,1 milyon şirketten oluşan, 30 milyona yakın insanı istihdam ile yılda 7100 milyar avro ciro ve 1710 milyar avro değer üreten bir sektördür. Avrupa’da her 10 şirketten %1’i sanayi sektöründe yer almakta, ihracatın %80’i ve özel sektör Ar-Ge harcamalarının %80’i sanayi sektörü tarafından gerçekleştirilmektedir.

Endüstri açısından bakıldığında ise istihdamın 50 milyon kişiye ulaştığı ve her beş kişiden birinin bu sektörde çalıştığı görülmektedir. Endüstri kapsam olarak, imalat sektörünün (Nace Section C) yanı sıra, madencilik (Nace Section B), elektrik, gaz, buhar ve havalandırma (Nace Section D) ve su kaynakları, atık yönetimi vb. (Nace Section E) sektörlerini de içine almaktadır. Sanayi sektörü özelinde bakıldığında ise en büyük alt sektörler “Makine ve Ekipman”, “Motorlu Araçlar” ve “Gıda” sektörleridir (Eurostat, 2014).

Endüstriyel üretim ile ilgili olarak OECD üzerinden alınan verilere bakıldığında Türkiye 2017’nin 4. çeyreğinde üretim hacminin artışına göre dokuzuncu sıradadır (Deleoitte, 2016). TÜİK tarafından yayımlanan istatistiklere göre, 2017 Aralık ayında sanayi üretimi bir önceki yılın aynı ayına göre madencilik ve taş ocaklığı sektöründe %14, imalat sanayi sektöründe %8,9 elektrik gaz buhar iklimlendirme üretimi ve dağıtımında ise %5,7 artarak ortalama %8,7 artış göstermiştir (IDC, 2017). Dünya Bankası verilerine göre sanayinin Türkiye’de ülke ekonomisine 243 milyar ABD doları değer kattığı görülmektedir (TÜSİAD, 2017).

Ülkeler bazında, Türkiye 2014 yılında şirket sayısı bakımından 333 bin şirket ile İtalya’dan sonra Avrupa’da ikinci sırada bulunmaktadır. Türkiye’de 3,8 milyon kişi sanayi sektöründe istihdam edilmektedir (Eurostat, 2014). Ekipmana yapılan yatırım büyüklüğünde Türkiye Avrupa genelinde dördüncü sırada bulunmaktadır.

2016 yılında yapılan “Küresel Üretim Rekabet endeksi-Global Manufacturing Competitiveness Index” (Deleoitte, 2016) çalışmasının sonuçlarına göre sanayi sektöründe liderlik Çin’e aittir. Çin’i sırayla ABD, Almanya, Japonya, Güney Kore ve İngiltere takip etmektedir. Türkiye dünyada 16. sıradadır. Rapora göre, BRIC ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin), Çin dışında düşüşe geçmiştir. Bunun yerine Asya-Pasifik bölgesinde yükselişte olan “Mighty Five” (veya MITI-V: Malezya, Hindistan, Tayland, Endonezya ve Vietnam) ülkelerinin gelecek yıllarda sanayi rekabetçilik endeksinde dünyada ilk 15’e girmesi beklenmektedir.

Gelecekte sanayi sektöründe önemli ve etkin bir büyüme beklenmektedir. Pricewaterhouse Coopers endüstride sayısallaşma için 2020 yılı itibarı ile yıllık 900 milyar ABD Doları harcanmasını beklemektedir. IDC (IDC, 2017) IoT harcamalarının 2018 yılında 772,5 milyar ABD Dolarına çıkacağını yani 2017 yılına göre % 14,6 artacağını öngörmüştür. Bu büyümenin 2017 - 2021 aralığında yıllık %14,4 (Yıllık Büyüme Oranı - Annual Growth Rate - CAGR) olacağı ve 2021 yılında 1,1 trilyon ABD dolarına erişeceği tahmin edilmektedir.

4.3.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Avrupa’da sanayi sektörünün, BRIC ülkeleriyle olan rekabet nedeniyle, zarara uğraması ve finansal kriz durumuna girmesi sebebiyle Avrupa Komisyonu, “Geleceğin Fabrikaları” kavramını ortaya atmış ve 2020 itibarıyla, sanayinin toplam ekonomiye katkısının artırılmasını hedeflemiştir. Bu kapsamda, “Siber Fiziksel Sistemler” kavramı ortaya çıkmış ve bu kavramın işletimi için, kablosuz, güvenilir, genişbant, mobil ağ teknolojilerinin gerekliliği vurgulanmıştır. Bu teknolojiler ile birlikte üretimin sayısallaşması ve servis haline getirilmesi ve servisten elde edilen gelirin üründen elde edilen gelirin üzerine çıkması hedeflenmektedir. Seri üretimden yüksek teknolojili özel üretime doğru olan geçişte yapılan araştırmalar firmaların fırsatlardan haberdar olduklarını ancak yatırımlar ve gerekli adımların atılması konusunda ilerleme hızının düşük olduğunu göstermektedir (TÜSİAD, 2017). Sanayi sektöründe, sayısallaşma ve yeni nesil fabrikalara dönüşüm kavramına uyum sağlanması için ortaya çıkacak ihtiyaçlar; servis haline getirilmiş üretim kavramı, küresel tedarik ağları, güvenilir kablosuz haberleşme teknolojileri, siber güvenlik kapsamındaki uygulamalar, sistem geri dönüş zamanlarının minimum seviyeye indirilmesi ve yüksek

kullanılabilirliğin sağlanması, fiyatların düşürülmesi ve verimliliğin artırılması olarak sıralanabilir.

Bu kapsamda ortaya çıkacak fırsatlar ise 5G teknolojilerinin sadece iletişim teknolojisi anlamında bir iyileştirme sağlamayla kalmayıp yeni iş modelleri doğurabilecek bir ortam sunması, servis odaklı ürün geliştirme kavramı sonucunda ürünle birlikte, ürün üzerinden verilen servisler sayesinde elde edilen servis gelirlerinin ürün gelirlerinden daha fazla hale getirilmesi, tedarik ağlarının küreselleştirilmesi olarak görülmektedir.

4.3.3. Teknolojiler

Sanayi sektöründe kullanılabilecek teknolojiler aşağıda yer almaktadır:

- IoT,
- Siber güvenlik,
- Bulut bilişim,
- Büyük veri,
- Robotik,
- Yapay zeka,
- Makine/derin öğrenme,
- Sanal ve artırılmış gerçeklik,
- Algılayıcılar ve
- SDN, NFV, NV

Bu teknolojiler, kullanım amacı ve ihtiyacına göre, kritiklik seviyeleri kapsamında kabaca beş sınıfta görülebilir. Her bir sınıf içinde ihtiyaç duyulan veri yoğunluğu ve tepki değerleri göz önünde bulundurulmaktadır.

Zaman Kritik Fabrika içi Sistemlerin Süreç Optimizasyonu

Üç Boyutlu (3D) Tarama, kapalı devre robot sistemleri, algılayıcılar, otonom sistemler, kritik görevler için 3D sanal gerçeklik uygulamaları, 3D robot-insan etkileşimi video uygulamaları, kritik görevler için IOT sistemlerinin yer aldığı belirli ve kısıtlı bir gecikme süresinin altında tepki vermesi gereken sistemlerdendir.

Zaman Kritik Olmayan Fabrika İçi Haberleşme

Operasyonel verimliliği arttırmaya yönelik fabrika içi sistemler olup; bakım sistemleri, sayma sistemlerinde kullanılacak lokal teknolojilerde yer alan büyük veri teknolojileri, gerçek zamanlı olmayan algılayıcı sistemleri, otonom teknolojilerden oluşmaktadır.

Uzaktan Kontrol ve Bakım

Uzaktan kalite kontrol amacı güden 3D sanal gerçeklik teknolojilerini içerebilen ve video destekli bakım gibi yoğun veri trafiği oluşturabilecek teknolojilerdir.

Dağıtık Sistemler Haberleşme Teknolojileri

Dağıtık üretim alanlarındaki üretim sistemleriyle haberleşme amacıyla kullanılacak olan haberleşme teknolojileri, algılayıcılar, lojistik teknolojileridir.

Ürün Haberleşme Teknolojileri

Ürünlerle izleme amaçlı ve yeni servis sunma amaçlı, gerçek zamanlı olarak haberleşmenin sağlandığı düşük-güç ve düşük-maliyet isteyen haberleşme teknolojileridir.

Fabrikalar ve üretim alanlarında birden fazla ve farklı sistem aynı anda çalışmaktadır. Sistemler içindeki bileşenler; Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (Programmable Logic Controller - PLC) sistemleri, gömülü otomasyon sistemleri, kablosuz haberleşme sistemleri, robotik sistemler, mekanik sistemler ve bütün bu sistemlerin yönetim ve kontrolünü sağlayan kullanıcı arayüzü sistemleridir.

Fabrikalarda yer alan güvenlik teknolojilerine ek olarak 5G teknolojisi SDN/NFV, Ağ Dilimleme gibi kavramlarının kullanımını bu ortama sunmaktadır. Sistem içerisinde yer alan her bir sistemin farklı güvenlik ihtiyaçları olacağından, her bir alt sistem, network slice şeklinde değerlendirilerek ilgili güvenlik gereksinimleri sağlanmalı, SDN ve NFV yapısıyla yönetilmesi önerilmektedir.

4.3.4. Örnek uygulamalar

Sanayi sektörü uygulamaları, “Akıllı Fabrikalar”, “Akıllı Tedarik Zincirleri” ve “Akıllı Ürün Yaşam Döngüsü” biçiminde değerlendirilebilir.

Akıllı Fabrikalar

Akıllı Fabrikalar kapsamlı bir konu olup içine 3D yazıcılar, robotlar, öngörücü analitik, algılayıcı ağları, PLC, SCADA gibi otomasyon yazılımları, bulut bilişim, akan ve durağan veri analizi, karar destek sistemleri, simülasyon uygulamaları, sayısal (sanal) ikiz, siber fiziksel sistemler, bakım ve eğitim için sanal gerçeklik kullanılması, kişiselleştirilmiş ürün ve servislerin üretilmesi konularını kapsamaktadır. Üretim hattında birbirleri ile ve sanayi destek sistemleri ile siber-fiziksel bir ortamda haberleşen robotların kişiselleştirilmiş ürünler için farklı işlemleri uygulamaları buna örnektir. Bu uygulama içinde bir yazılım olan imalat destek sistemi, sipariş bilgisini alarak üretim hattını planlar. Bu planlar, üretim hattında bulunan robotlara aktarılır ve üretilecek ürünün özelliklerine göre robotlar arasında görev paylaşımı yapılarak, hangi işlemlerin hangi sıra ile uygulanacağı belirlenir. Robotlar işlemlerini bitirdiğinde diğer robotlara haber vererek onların devam etmesini sağlar. Bu sayede, insan müdahalesi gerekmeden birçok farklı özelliğe sahip kişiselleştirilmiş ürünler üretilebilir. Bunun sağlanması ancak garantili servis kalitesine sahip yüksek hızlı bağlantı ve karar sistemleri için uygun büyük veri altyapısı ile mümkündür.

Akıllı Tedarik Zincirleri

Tedarikçiler, dağıtıcılar, lojistik firmaları ve satıcılar arasında kurulacak ağ ile bilgi paylaşımına dayanan uygulamalardır. Satış bilgilerinden müşterilerin eğiliminin anlaşılması, ürünlerde yapılan değişikliklerin satışa olan etkisinin gözlemlenebilmesi, tedarik ve dağıtım zincirinde optimizasyon yapılabilmesi, iç ve dış lojistik iyileştirmeleri ve ürünlerin gözlemlenebilmesi buna girmektedir. Örneğin; müşteriler arasında talebi artan bir ürün bilgisi, ürüne ham madde sağlayan tedarikçiler ile gerçek zamanlı paylaşılarak ham maddenin daha fazla temin edilmesi, üretim planlamasının buna göre otomatik bir şekilde yapılması, bölgesel olarak bu ürünün talebe göre lojistik dağıtım planlarının ve envanter dağılımının güncellenmesi, filoların takip uyduları ile izlenmesi verilebilir. Bunun sağlanması paydaşlar arasında kurulacak güvenli haberleşme altyapısı, bir çok kuruluştan, kaynaktan ve

algılayıcıdan alınan verileri birleştirerek işleyebilecek büyük veri altyapısı, güvenli sözleşmeleri temin edecek blok zinciri teknolojisi ve envanter takibi için akıllı barkod teknolojileri kullanılması ile mümkündür.

Akıllı Ürün Yaşam Döngüsü

Ürünün yaşam döngüsünde elde edilen verinin ürünün gelişimi için kullanılmasını kapsar. Elde edilen veri yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesinde, ürün operasyonlarının izlenmesinde, ürün bakım işlemlerinin geliştirilmesinde ve yeniden üretim, geri dönüşüm gibi yöntemlerde kullanılabilir. Örneğin; bir ürünün içindeki algılayıcılar sayesinde özelliklerinden hangisinin daha çok kullanıldığı bilgisi toplanarak bu özelliğin iyileştirilmesinin sağlanması, bu özelliğe sahip yeni ürünler geliştirilmesi, ürünün bozulmasındaki sebeplerin anlaşılması ile bakım süreçlerinin iyileştirilmesi ve hatta ürün bozulmadan bozulabileceğinin anlaşılması, iade edilen ürünler içindeki sağlam parçaların diğer ürünlerde kullanılabilmesi verilebilir. Bir diğer örnek ürünlerin servis olarak verilmesidir. Buna günümüzden örnek arabaların satın alınması yerine kiralanması, “as a service” uygulamaların sunulması olabilir. Gelecekte bu sektörün daha da yaygınlaşacağı kişiye özel üretim (mass customization) yapılacağı, fotokopi makinası yerine fotokopi hizmetinin, kıyafetlerin ürün olarak değil hizmet olarak sunulması öngörülmektedir. Bunun sağlanması IoT teknolojilerinin yanı sıra, haberleşme altyapısı, büyük veri, yapay zeka ve makine öğrenmesi yöntemlerinin uygulanması ile mümkündür.

4.3.5. Öneriler

Bu başlık altında, sanayi sektörünün sayısallaşması ve 5G ve ötesi teknolojilerden faydalanması için uluslararası çalışmalar da incelenmiş ve ülkemizin için faydalı olabilecek öneriler belirlenmiştir.

Sayısal Sanayi Platformlarının Geliştirilmesi

AB bünyesinde yapılan çalışmalarda üzerinde durulan önemli bir nokta, sayısal sanayi platformlarının tanımlanması ve geliştirilmesidir (EC, 2017a). Fabrikalar için sayısallaşmanın önündeki en önemli problem, fabrikaların sahip oldukları kaynakların (algılayıcılar, robotlar, cihazlar) belirli protokoller ile tanımlanmamış olması ve her fabrika için geliştirilecek sayısal

sistemin ortak çalışma (interoperability) için uyarlanması gereği, uyum sağlamayan makineler için özel çözümler üretme ve sayısal uygulamalarda buna özgü değişiklikler yapılması zorunluluğudur. Bir diğer problem ise özel çözümlerin kendi protokollerini kullanması ve dışa herhangi bir arayüz (Uygulama Programlama Arayüzü - Application Programming Interface-API) sunmayarak benzer ürün zincirini kullanmayı zorunlu kılmasıdır (EC, 2017b).

Bu problemlerin çözülmesi için ortaya çıkan fikir, fabrika kaynaklarını standartlar ve katmanlar ile tanımlayarak, tıpkı bir bilgisayarda bulunan işletim sistemi gibi sanayiye özgü platformlar geliştirilerek uygulamaların ve nesnelerin entegre edilmesinin sağlanmasıdır. Bu sayede sayısallaşma için fabrikaların tek yapması gereken ilgili platformun gerekliliklerini sağlamak olacak, böylelikle o platform için geliştirilen bütün uygulamaları kolaylıkla entegre edebilir seviyeye gelecektir.

Sayısal imalat platformları arasında en bilinenleri Siemens ve SAP tarafından geliştirilen Mindsphere platformu ve H2020 kapsamında geliştirilen FIWARE IoT platformudur. Ülke olarak tanımlanma sürecinde olan Sayısal Sanayi Platformları sürecinde platformlarımızın geliştirilmesi ve örnek projeler ile uygulamalarına başlanması sayısallaşma yarışında ülkemize hız kazandıracaktır

İnovasyon (Digital Innovation Hub) Merkezleri Kurulması

Digital Innovation Hub (EC, 2017c) adı verilen oluşumlar, üniversiteler, araştırma kurumları, kamu kurumları öncülüğünde kurulan, bölgesel çok taraflı iş birliğine dayanan, şirketlerin sayısal teknolojileri kullanarak üretim süreçleri, ürünler veya hizmetler açısından daha rekabetçi olmalarını sağlayan kuruluşlardır. Hub'lar teknoloji altyapısına dayanan konularda müşterilerine sayısal yeniliklerin aktarılması, yatırımcılarla bağlantı kurularak finansmana ulaşılması ve pilot uygulamaların yapılmasında yardımcı olmaktadır. Dijital Hub'lar teknolojik ve iş bağlamında olmak üzere iki sınıfta katma değer oluşturmaktadır.

Türkiye'de 5G teknolojilerini sanayi sektörü kapsamında destekleyecek Digital Hub'lar kurulabilir. Avrupa genelinde 501 adet Digital Innovation Hub bulunmaktadır (EC, 2016). Bu sayı Almanya'da 74 Yunanistan için 9 iken Türkiye'de herhangi bir hub bulunmamaktadır.

“Big Data Value Association Strategic Research and Innovation Agenda” (BDVA, 2017)’da tanımlanan I-Spaces kavramı Büyük Veri alanındaki Hub’lara örnektir;

I-Spaces (Innovation Spaces) içinde tanımlı olanlar için,

- Teknoloji ve uygulama geliştirmeyi birleştiren noktalar olmaları
- Odak noktası veri olan, erişilebilirlik bütünlük ve gizliliğinin sağlandığı
- Teknolojilerin ve iş modellerinin test edildiği
- Yetenek geliştiren ve bunları paylaşan
- Hukuki destek sağlayan merkezlerdir.

I-Spaces’in sağlaması gereken özellikler aşağıdadır:

- Büyük veri odaklı altyapı
- Çevrimiçi depolama
- Ağ erişim tesisleri
- IT personeli
- Kullanıcı odaklı veri çekme ve işlemedir.

Bir diğer örnek, Industrial Data Spaces (Fraunhofer, 2016), 2014 Yılında Almanya’da Fraunhofer tarafından başlatılan araştırma projesidir. Aynı zamanda 78 şirkete ulaşmış bir kullanıcı birliğidir. Birlik, birlik üyesi şirketlerin ihtiyaçlarını tespit, analiz etme ve değerlendirme görevini üstelenerek ilgili referans mimarisinin geliştirilmesine ve standartlaşmasına katkı sağlamaktadır. Amacı endüstri ekosistemlerindeki verilerin güvenli değişimini ve birleştirilmesini kolaylaştırmak için tanımlanmış standartları ve ortak yönetim modellerini kullanan sanal veri alanlarının ve mimarilerinin tanımlanmasıdır. Bu sayede akıllı hizmetler ve yenilikçi iş süreçlerinde verinin kullanımı için bir temel oluşturulmuş olacaktır.

Ar-Ge için Kamu Alımları Modelinin Desteklenmesi

Kamu alımlarının yenilikçiliği desteklemesi ve endüstrinin gelişmesine katkıda bulunması için çeşitli modeller uygulanmaktadır. Bunlar içinde en bilinen ve başarılı olan model, ABD’de 1982 yılından beri uygulanan US SBIR (Small Business Innovation Research Program) programıdır. SBIR programında yer alan bakanlıklar ve kamu kurumları yıllık bütçelerinin %2,5 gibi bir oranını, yüksek teknoloji odaklı yenilikçi çözümlerin satın alınmasına ayırmak zorundadır. Her yıl ilgili kamu kurumları ihtiyacı olan Ar-Ge konu

başlıklarını ve bütçesini kamuya duyurur. Açıklanan bütçeler için firmalar üç aşamalı bir seçim sürecine dâhil olurlar. Yıllık 2 milyar ABD doları toplam bütçe, yılda yaklaşık 5000 projeyi %100 destek oranıyla ödüllendirmek için kullanılmaktadır (SBIR, 2018b). STTR programı ile özel sektörün araştırma kurumları ve üniversitelerle işbirliği yapması, böylece araştırma sonuçlarının ticarileşmesi hedeflenmektedir (SBIR, 2018a).

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (mülga Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı), Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı gibi bakanlıkların ve kamu kuruluşlarının bütçelerinin bir kısmı Ar-Ge alımlarına tahsis edilebilir ve bu amaçla çağrılı bir program açılabilir. Benzer şekilde, özel sektör kuruluşları ile araştırma kurumları ve üniversitelerin işbirliği yapmasını sağlayacak çağrılı programlar tasarlanması önerilmektedir.

Kamu Özel Sektör İşbirliği platformları (Public Private Partnership) Kurulması

Kamu ve özel sektör kuruluşlarının katılımıyla, araştırmaların yürütülmesi ve yenilikçi projeler sürdürülmesi amacıyla kamu-özel sektör (Public Private Partnership-PPP) ortaklıkları kurulmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Nitelikli İş Gücünün Sanayi Sektörüne Çekilmesi Ve Sanayi Sektöründeki İş Gücünün Niteliğinin Arttırılması

Sayısallaşmanın en önemli parçalarından biri olan nitelikli personel açığının giderilmesi için nitelikli personeli sanayi sektörüne çekecek adımların atılması ve hali hazırda sanayi sektöründe çalışan personelin yeteneklerinin arttırılması için eğitim programlarının hazırlanması ve teşvik edilmesi faydalı olacaktır.

Kamunun Alım Yaptığı Yurt Dışı Teknoloji Firmaları İle Ortak Ar-Ge Projeleri Geliştirilmesi

Kamu olarak telekom, enerji, savunma sanayi gibi sektörlerde mal ve hizmet tedarik edilen büyük teknoloji firmaları ile off-set kapsamında yapılan anlaşmaların geliştirilerek, ortak Ar-

Ge projelerinde ve teknoloji kümeleri kapsamında teknoloji geliştirilmesinin offset yükümlülüklerine dâhil edilmesi faydalı olacaktır.

5G Vadisine Akıllı Fabrika ve Endüstriyel IoT (IIoT) Test Ortamının Kurulması

5G Vadisine akıllı fabrika ve endüstriyel IoT (IIoT) test ortamının kurulması faydalı olacaktır. Bu testbed kapsamında, Endüstriyel Robotlar (KUKA, FANUC vb.), İşbirlikçi Robotlar (Collaborative Robots örn. Universal Robot, KUKA, ABB), Bilişsel Robotlar (Cognitive Robotics), Endüstriyel Kontrol Sistemleri (PLC&IPC örn. Siemens, Beckhoff, ABB), Hareket Kontrol Sistemleri (Motion Control örn. SIMotion, Rexroth), 3D Yazıcılar ve Tarayıcılar, Simülasyon Programları, Hızlı Prototip Sistemleri, Görüntü İşleme Sistemleri (Matlab, OpenCV vb.) yer alabilir.

4.4. Enerji

4.4.1. Mevcut durum ve Pazar

Enerji üretim, dağıtım ve tedarik süreçlerinin gözlemlenmesi ve gerektiğinde kontrol edilebilmesi sektördeki en önemli ihtiyaçtır. Son zamanlarda, teknolojinin ilerlemesiyle enerji sektöründe önemli dönüşümler olmaktadır.

Temiz enerji konusunda bazı ilerlemeler kaydetmekte olan Avrupa, 2017 yılı itibarıyla ilk kez kömürü geride bırakarak güneş, rüzgâr ve biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklardan daha fazla elektrik üretmeyi başarmıştır. İklim değişikliği konularında çalışan sivil toplum kuruluşu Sandbag (Futurism, 2018) tarafından açıklanan istatistikte, yenilenebilir kaynaklardan 679 terawatt saat enerji elde edilirken, bu değer kömürde 669 terawatt saatte kaldığı raporlanmıştır.

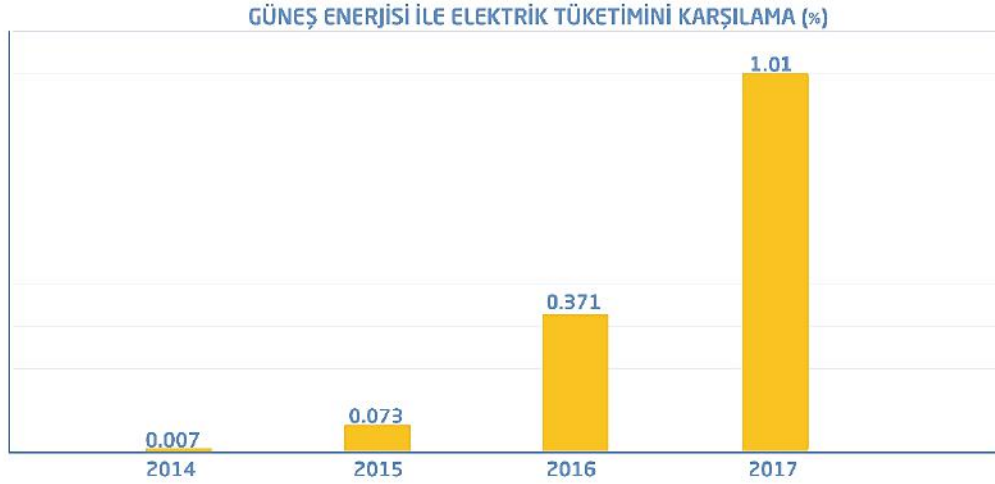
Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine (Enerji, 2018) göre 2017 yılında Türkiye, enerjisinin %34'ünü doğal gazdan, %31'ini kömürden, %24'ünü hidrolik enerjiden, %6'sını rüzgârdan, %2'sini jeotermal enerjiden ve %3'ünü de diğer kaynaklardan elde etmiştir.

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de enerji alanında akıllı çözümlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Örneğin uzaktan okunan sayaçların sayısı ve kullanım çeşitliliğinde artış görülmektedir. Türkiye’de 21 elektrik dağıtım şirketinin otomatik sayaç okuma alt yapısı bulunmakla birlikte sadece tüketimi yüksek sayaçların okumaları bu sistem ile takip edilmektedir. Sayaçların okunması hem şebekedeki enerji ihtiyaçlarının takibi açısından hem de müşteri memnuniyetinin ve ihtiyaçlarının belirlenmesi için önemlidir. 2013 yılından itibaren müşteriler tedarik hizmetinde farklı servis sağlayıcılar arasından seçim yapabildiklerinden, müşteri memnuniyetinin takibi firmalar için önem kazanmıştır.

Elektrikli araçların sayısının artmasının da elektrik dağıtım piyasasında şebeke yeterlilikleri ve kapasite açısından ciddi bir etki yapacağı düşünülmektedir. Dünyada elektrikli araçlar giderek yaygınlaşmakla birlikte ülkemizde henüz önemli bir talep oluşmamıştır. Hâlihazırda ülkemizdeki elektrikli araç sayısı elektrik şebekesine etki edebilecek seviyede değildir. Ancak, hem 2020 yılında üretiminin başlaması planlanan yerli aracın elektrikli olacağı hem de dünya otomotiv piyasasının yönelimi göz önünde bulundurulduğunda 5G teknolojilerinin kullanılacağı 2020-2030 yılları arasında elektrikli araç teknolojisi de yaygınlaşacaktır. Elektrikli araçların sayısı arttığında, akıllı şebekenin verimli çalışması için araçların günlük seyahatleri ve hangi noktalarda şarj edildiklerinin bilgisi önemli olacaktır. Ayrıca, elektrikli araçların bataryalarından faydalanılarak şebekedeki elektrik enerjisinin kontrolü kolaylaşacak ve üretim/tüketim dengesi daha verimli olarak sağlanacağı öngörülmektedir.

Diğer yandan geleneksel olarak elektrik tüketicisi olan fabrikalar veya çiftlikler gibi aktörler artık başta kendi ihtiyaçları için de enerji de üretebilmektedirler. Üretilen enerjinin ihtiyaç olduğu kadarı kullanılıp, fazla enerji üretimlerinin diğer kullanıcılara şebeke üzerinden satılabildiği modellerin yakın gelecekte hayata geçirileceği öngörülmektedir. Şekil 4-10’da görüldüğü üzere şu anda çok düşük bir yüzdeyle de olsa yıllık enerjinin bir kısmı kullanıcıların fazla ürettiği enerji ile karşılanmaktadır. Ayrıca, satış yapan kullanıcıların enerji ihtiyaçlarını da güneş enerjisi ile karşıladığı da hesaba katılmalıdır.

Şekil 4-10 Güneş Enerji ile Elektrik Tüketimi Karşılama



Kullanıcıların ürettiği elektrik genellikle yenilenebilir enerji kaynakları vasıtasıyla üretildiğinden havanın bulutlu veya rüzgârlı olması çevre koşullarından etkilenmekte ve değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, şebekedeki enerji ihtiyacı değişken bir hal almıştır ve ileride yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji üretimindeki payı artıkça bu değişkenlik daha da artacaktır. Şu anda kullanıcı tarafında üretilen elektrik enerjisi esnek bir yapıyı zorlamasa da geleceğe yönelik, bu dinamik enerji kullanım ağını destekleyecek teknolojik altyapı gereklidir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye girmesi ile birden çok kaynağın sistem içinde bulunduğu sanal enerji santrali (virtual power plant) fikri ortaya çıkmıştır. Doğası gereği üretim miktarı tam olarak bilinmeyen yenilenebilir enerji kaynakları, geleneksel kaynaklar ve talep yönetimi yöntemleri ile desteklenerek sürekli enerji dağıtımını sağlanmaktadır. Burada sistem üzerindeki kaynakların son durumlarının bilinmesi ve sanal santralin kontrol edilebilmesi için sürekli erişilebilir, güvenilir ve performanslı iletişim altyapısına ihtiyaç bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu durum da Türkiye’de henüz yaygınlaşmamıştır.

Mevcut durumda elektrik dağıtım şirketleri dağıtım ağını gözlemlene ve gerektiğinde kontrol etme talepleri ile elektronik haberleşme şirketleri ile birlikte çalışmaktadır. Zaman içinde kendi üretimlerini yapıp dışarıya satacak küçük işletmeler veya bağımsız kullanıcılar da bu pazara dâhil olacaklardır.

Şu an için sektörde tüketimleri belli büyüklüğü aşan kullanıcıların verileri 3G alt yapı üzerinden uzaktan okunabilmektedir ve bu şekilde elektrik dağıtımını gerçek-zamanlıya yakın bir seviyede gözlemlenebilmektedir.

Akıllı şebekeler kapsamında halihazırda enerji sektöründe kullanılan teknolojiler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- En alt seviyede ölçüm algılayıcıları,
- Orta seviyede algılayıcılardan toplanan veriyi merkeze ileten bir ağ geçidi (gateway),
- En üst seviyede yüksek hacimli veriyi gözleme ve kontrol için işleyen sunucular,
- Seviyeler arası iletişim için kullanılan kablosuz ağ teknolojileri.

Algılayıcılar ZigBee (WPAN), WiFi (WLAN), LoRa (IoT) ve PLC gibi ağ teknolojileri de kullanılarak bir ağ geçidi üzerinden 2G ve 3G ile internete açılmaktadırlar.

4.4.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Enerji sektöründe süreçleri üretim aşamasında, dağıtım aşamasında ve tedarik aşamasında takip etmek, gözlemek ve kontrol etmek; elektrik tedarik şirketlerinin, elektrik dağıtım şirketlerinin, elektrik üreticilerinin, işletme bakım operatörlerinin ve planlayıcıların temel ihtiyaçlarıdır.

Tüketicilerin elektrik üretimine başlamasıyla elektrik şebekesi merkezi yapıdan dağıtık yapıya geçecektir. Elektrik şebekelerinin öngörülen dağıtık ve akıllı yapıya geçişinin başlangıç aşamalarında olduğumuzdan şu anda sistem üzerinde etkileri görülmemektedir. Ancak, farklı enerji kaynaklarının dağıtık bir yapıda bulunacağı sanal enerji santralleri düşünüldüğünde 3G performansı, hizmet sürekliliği ve güvenilirliği sorgulanacaktır. Arıza anlarında alternatif senaryoların hızla devreye geçirilmesi için esnek ve güvenilir iletişim altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerji üretimi, dağıtımını ve tüketimi düşünüldüğünde temel ihtiyaçlar ölçüm, planlama ve enerji tasarrufu sağlanmasıdır. Bu bağlamda örnek sayılabilecek kimi fırsatlar aşağıda sıralanmıştır:

- Enerji taleplerinin tahmin edilmesi için akıllı sayaç ve akıllı cihazların tüketiciler tarafından kullanılması ile enerji tüketimi planlanabilecektir. Kullanıcılara farklı

zamanlarda farklı fiyatlandırma seçenekleri sunularak şebekedeki azami enerji sınırı düşürülebilecektir.

- Elektrikli taşıt kullanımının artması ile elektrik dağıtım altyapısında gün içerisinde farklı yerlerde yoğunluklar yaşanacaktır. Gündüz ofislerin ve işyerlerinin daha çok bulunduğu bölgeler, akşamları ise hanelerin bulunduğu bölgelerde hâlihazırda bulunmakta olan enerji ihtiyacı daha da artacaktır.
- Kullanıcı tarafında güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi ile elektrik üretiminin artması ile sistem üzerindeki nesnelere anlık olarak enerji taleplerinin bilinmesi enerji tüketimini optimize ederek enerji tasarrufu sağlaması açısından önemlidir. Bu talepler talep yönetim uygulamaları ile takip edilerek enerji dağıtım ve tedarik verimliliği arttırılacaktır.

Mevcut durum itibarıyla Türkiye’de enerji sektöründe bunlar daha çok fırsat olarak düşünülse de bu nokta gelecek vizyonu açısından değerlendirilmeli ve buna özel servis altyapısı sağlanmalıdır. Bu bağlamda da 5G ve ötesi teknolojiler çok sayıda kullanıcı için gerçek-zamanlıya yakın veri iletimi sağlamalıdır. Bunun yanı sıra, bu ihtiyacın karşılanması için ölçüm veya denetim noktasına gerçek zamanlı ve sürekli-erişilebilirlik de önemlidir. Özellikle afet durumlarında enerji kaynaklarının kesilmesi veya yönlendirilmesi gibi kavramlar da bu bağlamda düşünülmelidir.

Geleneksel enerji santrallerinin (nükleer, doğalgaz, termik vb.) enerji üretimleri kontrol edilebilmektedir. Ayrıca, geleneksel enerji santralleri belli merkezlerde toplanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji miktarı ise doğası gereği kesin olarak bilinmemekte ve kontrol edilememektedir. Ayrıca birçok farklı yerde dağılmış halde rüzgâr ve güneş enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir. Şebekeye giren enerji miktarında yavaş da olsa büyüyen bir pay alan yenilenebilir enerji kaynakları hem değişken bir girdi sağlamakta, hem de coğrafi olarak farklı konumlarda bulunmaktadır. Şebekeye toplamda kontrollü ve ihtiyaç olduğu kadar enerji gönderebilmek için yenilenebilir enerji üretimi kısa zaman içerisinde gözlemlenerek tahmin edilmeli ve buradan edinilen bilgiye göre geleneksel üretim arttırılmalı veya azaltılmalıdır. Bu nedenle rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi santrallerinde konumlanmak üzere hassas algılayıcılar ve alınan gerçek-zamanlıya yakın veriyi yüksek hacim ve hızda taşıyacak iletişim cihazlarına ihtiyaç vardır. Bu senaryoya ek olarak, ileride kullanıcıların üretici konumuna geçmeleri de benzer bir etki gösterecektir. Hâlihazırda kendi güneş enerjisi üretimini tüketiminden mahsuplaştıran çözümler Ülkemizde kullanılmaktadır.

Söz konusu modellerin yaygınlaşması ile birlikte dinamik fiyatlandırma senaryolarında bu esnek durumları yönetecek iletişim ağı çözümleri gerekmektedir.

Müşteri kullanım karakteristiğini anlamak ve alt yapıyı düzenlemek, enerji kaynaklarını yönetmek için gerçek-zamanlıya yakın ya da gerçek-zamanlı alınan kullanıcı verilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Sürekli veri iletimi (streaming) ve bulut çözümleri bu alanda ilerisi için değerlendirilmelidir. Bu kapsamda üretilecek cihazların az enerji harcayan ve yüksek performanslı cihazlar olması gerekmektedir. Şu anki durumda, bir sonraki günün talebi ve üretim miktarının önceden tahmin edilebilmesi için serbest tüketici sayaçlardan günlük 2 saatte bir, üretim sayaçlarından ise 2 saatte bir 15 dakikalık veri iletilmesi resmi zorunluluktur. Bunun yanı sıra, trafo kesintilerinin gerçek-zamanlı bildirilmesi de istenmektedir. Bunlarla birlikte, aydınlatma cihazlarına dair kesintiler ve tüketim verileri de 3-4 saatte bir saatlik olarak beklenmektedir. Bu kapsamda, 1s-10s gecikme ile çok yüksek sayıda cihazdan (100000'ler mertebesinde) gelecek veri kapasitesine yetebilecek iletişim servisi ihtiyacı mevcuttur. Veri miktarı, genişbant genişliği istememek ile birlikte düşük gecikme sürelerine ihtiyaç bulunmaktadır. Veri kalitesi de kritik olduğundan veri sürekliliği ve güvenilirliği önemli olacaktır.

İhtiyaç duyulan iletişim ağı; hızlı, güvenilir ve sürekli erişilebilir bir iletişim altyapısı ve buna uyumlu iletişim cihazlarından oluşmalıdır. Bu amaçla kullanılacak teknolojilerin daha az enerji harcayacak, farklı teknolojilere uyumluluğu yüksek ve uzun ömürlü cihazlar olarak tasarlanması gerekmektedir.

Enerji sektörü dâhilinde iletilecek veri hassas kullanıcı tüketim/üretim verilerini içerdiğinden müşteri mahremiyetinin korunmasını gerektirmektedir. Bunun yanı sıra, veri iletimi sadece gözleme değil aynı zamanda kontrolü de içerebileceğinden, iletişim ağındaki verinin değiştirilmesi veya bozulması ciddi can ve mal güvenliğini tehdit edecek sonuçlar doğurabilir.

Enerji sistemlerinde güvenilirlik ve verimliliğin artırılması, sistemlerin çevreye verdiği zararların azaltılması gibi nedenlerle, akıllı enerji sistemlerine geçiş hızla artmaktadır. Akıllı enerji sistemleri, akıllı şehirler, nesnelerin interneti, ulaşım, lojistik, fabrika içi üretim sistemleri de olmak üzere birçok sektörde de doğrudan kullanılmaktadır. Bu bağlamda, akıllı sistemlerde bilgi ve teknoloji sistemlerinin kullanımı kaçınılmaz olmuştur. Enerji dağıtım sistemlerinde ağ tabanlı akıllı sistemlerin kullanımının artması, siber güvenlik

gereksinimlerini ve uygulamalarını zorunlu kılmaktadır. Özellikle birbirinden farklı sistemlerin eklenmesi, kullanılan sistem sayısının artması, saldırı etkisini artırmaktadır. Böylelikle, sistem içerisinde yer alan herhangi bir alt sistem diğer sistemler için merkez özelliği taşıyabilecektir. Bu sebeple her bir alt sistemin güvenlik gereksinimleri ortaya çıkarılmalı ve gerçekleştirilmelidir. Söz konusu sistemlerde, akıllı enerji ve şebeke sistemlerinin ve endüstriyel kontrol sistemlerinin iç içe olması, endüstriyel kontrol sistemleri güvenlik ihtiyacının da değerlendirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Enerji sistemleri elektrik, doğalgaz ve nükleer enerji sistemlerini de içerdiğinden, bu sistemlerde siber güvenlik açısından yaşanabilecek herhangi bir zafiyet hem maddi hem de yaşamsal boyutta tehlikelere yol açabilecektir.

5G teknolojileri ile birlikte akıllı şebeke sistemlerinde hem performans hem de güvenilirlik kapsamında iyileşmeler sağlanacak, 5G teknolojilerinin getirdiği avantajların kullanılmasıyla birlikte, sistemlerde operasyonel değişiklikler olabilecek ve bu değişiklikler ile birlikte siber güvenlik kapsamında gereksinimler ortaya çıkacaktır. Yüksek ve düşük voltaj elektrik ölçümü yapılan bir tesisin 5G üzerinden veri aktarımı kapsamında ihtiyaç duyulan siber güvenlik gereksinimi ile akıllı aydınlatma sistemlerinin güvenlik gereksinimlerinin farklı olacağı örnek olarak gösterilebilir. Bu kapsamda da SDN, NFV, Network Slicing kavramları ön plana çıkmaktadır. Alt sistem ihtiyaçlarına göre gereksinimlerin belirlenmesi ve ilgili güvenlik ortamının yaratılması uygun olacaktır.

4.4.3. Teknolojiler

Ağ Dilimleme (Network Slicing)

Her bir servis içinde gereken önceliklendirmenin de olduğu ayrı bir ağ-dilimi ayırarak sağlayan alt yapıdır.

Nesnelerin İnterneti (IoT)

Çok yüksek sayıda cihaz iletişimi (mMTC) yöntemi ile az veri taşıyan, çok yüksek sayıda algılayıcı iletişim ağına bağlanabilecektir. Bu sayede daha düşük gecikme ile kilometre kare başına bir milyon cihaz bağlanabileceği öngörülmektedir.

Yazılım Tabanlı Enerji Ağları (Software Defined Energy Networking)

Yazılım tabanlı ağ ile türbinleri ve sensörleri de ağ yapısının içinde bir parça olarak algılayarak iletişim sağlanabilir. Bu sayede içerideki ağ için kullanılan iletişim teknolojisi ile dış ağ birleştirilerek farklı QoS servisleri ve farklı ağlar aynı sistem ile yönetilebilir (VirtuWind, 5GPPP).

Bulut Teknolojiler

Sunucuları bulut üzerine taşıyarak daha verimli bir hesaplama ve veri saklama alanlarının oluşturulması sağlanmaktadır.

Yapay Zeka (Artificial Intelligence)

Sanayi sürecinin uzmanlık gerektiren her noktasında üretim kaynaklarının kontrol edilebilmesi ve denetlenmesi amacıyla kullanılabilir. Verimlilik artışına doğrudan katkısı olacağı düşünülen yaklaşım olup yoğun ve anında veriye ihtiyaç duymaktadır.

Büyük Veri (Big Data)

Müşteri kullanım özelliklerinin incelenmesi ve altyapının kontrol edilebilmesi için kullanılabilir.

4.4.4. Örnek uygulamalar

Sanayi için Akıllı Şebekeler; müşteri, dağıtım, iletim ve üretim kademelerinden oluşmaktadır. Her kademedeki farklı uygulama örnekleri bulunmaktadır.

4.4.4.1. Tedarik

Akıllı Sayaç ile Tüketim Verisi Okunması: Kullanıcı tüketim verilerinin uzaktan akıllı sayaçlarla okunması ile yakın gerçek-zamanlı sık aralıklarla kullanım verisi makineler arası iletişim ile dağıtım şirketlerine ve planlama birimlerine iletilmektedir. Buradan gelen yüksek kaliteli ve büyük hacimli verinin pazarlama stratejileri için ve operasyonel faaliyetler için merkeze iletilmesi ve analizinin yapılması gerekmektedir.

Elektrikli Sayaçların Şarj Edilmesi: Elektrikli sayaçların ihtiyaç duyulduğunda sisteme dâhil olduğu bilgisinin akıllı şebeke üzerine iletilmesi gereklidir. Şu an için bu durum Türkiye’de çok yaygınlaşmamıştır.

4.4.4.2. Dağıtım

Aktif Şebeke Yönetimi: Orta-voltaj'dan düşük-voltaja geçiş noktaları başta olmak üzere dağıtım şebekesinin birçok noktasındaki cihazların gözlenmesi ve gerektiğinde kontrolü oldukça kritik bir misyondur. Bunun yanı sıra kestirimci bakım uygulanarak operasyonel hizmetlerin daha etkin karşılanması 'Endüstri 4.0' prensibi ile gerçekleştirilmesi öngörülen gelişmelerdendir. Burada sürekli erişilebilirlik, dayanıklılık, güvenilirlik ve yüksek performans iletişim ağ yapısından beklenen özelliklerdir.

4.4.4.3. İletim

Kaynak ve Talep Tahminleme: Yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş) ve sisteme dahil olma ihtimali bulunan elektrikli taşıtlar kesin olarak bilinebilir miktarlarda sisteme katılım sağlamamaktadır. Bu açıdan, bu kaynakların katılımının tahminlenmesi oldukça önemli bir alandır. Bu kaynakların tahminlenmesi için yakın gerçek-zamanlı algılayıcı verilerinin ve uzak dönemli kullanım verilerinin iletiminin ve analiz edilmesinin önemi yüksektir. Sahadan anlık olarak alınacak hava koşulları bilgisi (rüzgar, güneş ışığı, ısı gibi) ve ölçüm cihazları verileri önemlidir. Bunlarla birlikte, dağıtım şirketleri bir sonraki günün talebini tahmin ederek ona uygun miktarda enerjiyi piyasadan almak istemektedirler. Yine tüketim verileri üzerinde makine öğrenmesi temelli ve istatistiksel algoritmalarla tahminleme hesabının yapılması gerekmektedir. Düşük gecikmesi olan, sürekli erişilebilir, dayanıklı, yüksek veri hacmi için performanslı iletişim servislerine ve veri analiz servislerine ihtiyaç vardır.

Tasarruf: Akıllı şehir kavramı içerisinde, sokak lambalarının bilgi toplaması ve bilgi aktarması sağlanabilir. Tasarlanacak bağlantılı ve akıllı lambalar sayesinde yalnızca lambanın bulunduğu güzergâh üzerinde yaya/araç bulunması halinde belli bir süre devreye girecek ve yaya/aracın güzergâhtan çıkması halinde devre dışı kalacaktır. Bu sayede enerji tasarrufu sağlanacaktır. Kaliforniya'da yapılan çalışmada yıllık 500.000 ABD doları tasarruf sağlandığı belirtilmiştir.

4.4.5. Öneriler

Telekomünikasyon alt yapısı, güvenli, sağlam, güvenilir ve fiyat açısından uzun dönemde

istikrarlı ve kontrol edilebilir olmalıdır. Enerji sektörünün ihtiyaçlarına yönelik yapılabilecek çalışmalar ile ilgili öneriler üç kısımda incelenebilir.

Şebeke Özellikleri

5G telekomünikasyon alt yapısı akıllı şebekelerin hem veri iletimi hem de kontrol amaçlı veri gönderimi ihtiyaçlarını karşılamalıdır. Arıza anlarında alternatif senaryoları işletmek için esnek ve güvenilir olmalıdır, arıza durumlarına karşı dayanıklı ve servis süreleri (Service Level Agreement-SLA) dâhilinde arızadan normale dönebilmelidir. Bununla beraber yüz binlerce algılayıcıdan da verilerinin geleceği düşünülerek aynı anda çok sayıda noktadan veri iletimi konusunda şebeke gelişmiş olmalıdır. Bu bağlamda;

- 5G şebekesinde kullanılacak baz istasyonlarının servis yazılımları enerji sektörünün ihtiyaçları da göz önünde bulundurularak yerli olarak geliştirilebilir.
- 5G ile uyumlu yerli ve akıllı sayaçlar tasarlanmalıdır.

5G üzerinde kritik durumlarda veri iletiminin aksamaması için SLA süreleri konusunda standartların tanımlanması ve işletmelerin yapılacak test ve fizibiliteler sonucunda belirlenen standartlara uyması gerekmektedir. İşletmeciler, bu standartlar sayesinde 5G üzerinde belli bir hizmet kalitesinde hizmet garantisi verilebilir.

Rekabet

Enerji altyapısı uzun dönemli olarak yapılan bir altyapıdır. 5G teknolojilerinin sunacağı hizmetler de uzun-dönemli yapıya uygun olmalıdır ve bir önceki ve bir sonraki nesil ürünlere uyumluluğun olması gerekmektedir. Elektronik haberleşme altyapısı, enerji ağı altyapısının stratejik bir parçasıdır. Bu göz önüne alınarak fiyat istikrarı olan iş modelleri geliştirilmelidir.

Powerline Communication (PLC), LPWAN teknolojiler halihazırda da düşük pil ömürleri ve düşük fiyat imkanları ile tercih edilen ürünlerdir. 5G'nin bunlarla yarışması için gerektiğinde güçlü garanti desteği, hızlı cevap, geniş bant genişliği, düşük enerji harcayan cihaz uyumluluğu gibi farklı seçenekleri ve çözüm paketlerini önerebilmelidir.

Büyük Veri

Enerji sektöründe elde edilen büyük veri faturalandırma, pazarlama, planlama, denetleme gibi farklı veri kanallarında incelenmekte ve her geçen gün yeni veri kanalları ortaya çıkmaktadır.

- Bunlar göz önüne alınarak blok zinciri teknolojisi prensibinin bu sektörde uygulanması düşünülebilir. 5G altyapısı bu bağlamda blok zinciri teknolojisine de destek verebilmelidir.
- 5G teknolojileri kapsamında milyonlarca algılayıcıdan alınan büyük veriyi güvenilir olarak işleyebilecek uygulama yazılımları geliştirilmelidir.

Sonuç olarak; enerji sektörü müşteri odaklı bir yapı ile birlikte, dağıtık kaynaklardan enerjinin toplanıp iletilmesine dair bir duruma doğru evrilmektedir. Bu noktada, iletişim altyapısı kritik ve stratejik olacaktır. 5G teknolojilerinden de buna göre esnek, güvenilir, dayanıklı, uzun ömürlü, fiyatlama açısından cazip ve güvenli çözümler sunması beklenmektedir.

4.5. Sağlık

4.5.1. Mevcut durum ve pazar

Sadece hastalıkları tedavi etmek sağlıklı kalmak için yeterli değildir. Sağlık endüstrisinde de hastalığın tedavisinden çok hastalığın oluşmasının engellenmesi önem kazanmaktadır. Hastalığı tedavi etmeye yönelik çalışan sistemdeki kurum ve uzmanların (doktorlar, ilaç şirketleri, sağlık çalışanları, araştırmacılar vb.) birlikte çalıştırılmasının maliyeti çok yüksektir. Dolayısıyla harcanan kaynak ve zaman düşünüldüğünde hastalıkların oluşumunun engellenmesi bu hastalıkları tedavi etmeye çalışmaktan çok daha etkin bir yaklaşımdır. Avrupa Birliği, OECD Ülkeleri, ABD ve Dünya'daki özel ve kamu sağlık harcamaları sürekli olarak artmaktadır. Avrupa Birliği sağlık harcamalarını bir aralıkta sınırlandırmayı başarmış olmakla birlikte maliyetlerin ABD'de olduğu gibi artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi sağlık harcamalarındaki artış eğilimi önleyici yaklaşımlarla azaltılabilmektedir. Önlenebilir hastalıkların çoğu koroner kalp hastalığı, iskemik felç, tip 2 diyabet, çeşitli kanser türleri, kronik böbrek hastalıkları gibi bulaşıcı olmayan hastalıklardır (BOH). Bulaşıcı hastalıklarla yapılan savaşta edinilen başarılar ile bulaşıcı olmayan hastalıklar günümüzde ölümlerin ana sebebi haline gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2016

raporuna göre her yıl yaklaşık 38 milyon kişi bulaşıcı olmayan hastalıklar sebebi ile yaşamını yitirmektedir. Önümüzdeki on yılda BOH sebebi ile olan ölümlerin Afrika'da %24, dünya çapında da %17 artacağı öngörülmektedir (Carrfsenews, 2014).

2000 yılından 2012 yılına kadar BOH kaynaklı ölümler gözle görülür biçimde artmıştır. Özellikle gelişmiş ülkelerde bulaşıcı olmayan hastalıklar ölümlerin temel sebebi haline gelmiştir. Bulaşıcı olmayan hastalıkların ekonomik gelişmişlikle paralel olarak artmasından dolayı bu hastalıklar “Zengin hastalığı” olarak da adlandırılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde de bulaşıcı olmayan hastalıklardan kaynaklanan ölümler artarak bulaşıcı hastalıklara yaklaşmıştır. BOH kaynaklı ölümlerin dörtte üçü yani yılda 28 milyon ölüm de az ve orta gelişmişlik seviyesindeki ülkelerde gerçekleşmektedir. BOH tüm yaş gruplarındaki insanlarda görülmektedir. Her yıl 70 yaşın altındaki 16 milyon kişinin BOH sebebi ile erken öldüğü kaydedilmektedir. Tütün mamullerinin kullanımı, hareketsizlik, alkol kullanımı ve sağlıksız beslenmenin bulaşıcı olmayan hastalıklara yakalanma olasılığını yüksek oranda artırdığı bilinmektedir (WHO, 2015). Bulaşıcı olmayan hastalıklar yaşam tarzı değiştirilerek önlenmektedir (NCBI, 2012a).

4.5.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Günümüzde tıbbi sağlık uygulamaları ve algılayıcılar esenliğin artırılması, bulaşıcı olmayan hastalıkların yayılmasının önlenmesi ve bunlardan kaynaklanan maliyetlerin azaltılması için kullanılmaktadır. Tıbbi sağlık uygulamaları ve algılayıcıların kullanımı alkol ve uyuşturucu madde kullanımının takibi, travmatik beyin hasarı ve zeka geriliğinde hastanın desteklenmesi, tütün mamulleri kullanımının takibi ve azaltılması gibi davranışsal sağlık uygulamalarının yanında diyabet hastalığının takibi, girişim ve ameliyat sürecinde hasta takibi, bulaşıcı hastalıkların takibi, aşı takibi, ilk yardım eğitiminden radyolojinin özel uygulamaları, dijital görüntüleme uygulamaları ve biyo-optik algılamaya kadar yayılmış bir alana kadar yayılmıştır (NCBI, 2015).

Yaşam tarzımızı takip edip veri toplayabilecek onlarca algılayıcı ve cihaz türü üretilmektedir. Ham veri, enformasyon ve sonrasında da bilgiye çevrilmediği sürece anlamlı değildir. İlk adımda verinin elle ya da otomatik olarak toplanması gerekmektedir. Marka ve modele göre değişmekle birlikte taşınabilir cihazların çoğu ivmeölçer, jiroskop, manyetometre, yakınlık

algılayıcı, ışık algılayıcı, barometre, nemölçer, adım sayıcı, kalp atış hızı algılayıcı, parmak izi okuyucu ve zararlı radyasyon ölçücü gibi birçok algılayıcı ile donatılmaktadır.

Sağlıkta büyük veri kaynaklarına Şekil 4-11’de yer verilmektedir.

Şekil 4-11 Sağlıkta Büyük Veri Kaynakları



4.5.3. Teknolojiler

Günümüzde dünya nüfusunun %70'i akıllı telefon kullanmaktadır. Bu akıllı telefonlar aracılığı ile kullanıcılarının hareket bilgileri elde edilebileceğinden dünya nüfusunun %70'inin günlük aktivite verisi erişilebilir durumdadır. Akıllı telefonlardaki algılayıcıların çoğu esenlik uygulamaları tarafından kullanılmaktadır. Apple ve Google uygulama mağazalarında çoğunluğu zindelik, stres, diyet ve yaşam tarzı olmak üzere 165.000'den daha fazla uygulama bulunmaktadır. Doktorlar, hastalarını takip etmek üzere uygulamaları önermeye ve bu uygulamalar tarafından toplanan verileri kullanmaya başlamışlardır. Telefondaki sadece bir algılayıcıyı kullanarak bile BOH konusunda gerçekçi tahminler yapmak mümkün olmaktadır. Taşınabilir sağlık teknolojileri kullanılarak rastgele bir grup üzerinde yapılan çalışmada uzaktan verilen günlük geri beslemeler sayesinde kişilerin kilo verme miktarlarının arttığı gözlenmiştir (NCBI, 2012b). Taşınabilir teknolojiler kullanılarak müdahale yoluyla davranış değişikliği ve hastalık takibi konusunda yapılan bir çalışmada da cep telefonu mesajlarının sigara bırakma ve ilaç düzenine uyma konusunda artış sağladığı

gözlenmiştir (PLOS, 2013). Son zamanlarda ABD’de hareketi teşvik eden bir taşınabilir telefon oyununu oynayanlar arasında yapılan araştırmada, oyuncuların oyun sırasında ortalama 1473 adım attıkları ve bu sayede de tüm Amerikan toplumunda yaşam süresi beklentisinde toplam 2,825 yıllık bir artışa sebep oldukları iddia edilmiştir (NCBI, 2016).

Taşınabilir teknolojilerdeki gelişmeler sayesinde algılayıcılar aracılığı ile toplanan veri anlık olarak bilgiye dönüştürülebilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi doktorların hastaları takip etmek için uygulamalar önermeleri artık alışılmış bir uygulama haline gelmektedir. Taşınabilir sağlık teknolojileri sigara bırakma, hareketin artırılması gibi birey davranışlarını değiştiren uygulamalarla bulaşıcı olmayan hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır. Sağlık uygulamalarına ek olarak esenlik de taşınabilir uygulamalar ile takip edilebilmektedir. Bireyin esenliğinin doğrudan ölçümü mümkün olmamakla birlikte çeşitli uygulamalardan toplanan veriler aracılığı ile çıkarımlar yapmak mümkündür. Kişiselleştirilmiş taşınabilir sağlık uygulamalarının hastalıkların tedavisine büyük bir etki yapacağı öngörülmektedir. Kanseri konusunda uzmanlaşmış bir yapay zekâ uygulaması bazı doktorlara göre daha fazla tedavi önerisi sunabilmektedir. Algılayıcı türlerindeki artışla birlikte, taşınabilir sağlık teknolojileri, bireyin esenliğinin takibinin yanı sıra hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde de gelecek vaat etmektedir.

Uzaktan sağlık hizmetleri dünyada çeşitli gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde uygulanmakta ve hastanelerin daha iyi ve kaliteli hizmet vermesine büyük oranda gelişim sağlamaktadır. Bu tür uzaktan sağlık hizmetleri ile hastaneler arasında, hastane içi bölümler arasında ve doktor arasında çevrimiçi bir danışma platformu oluşturulacaktır.

İlk aşamasında internet teknolojilerine dayanan bu tür bir sistem ileri aşamalarda 5G ile birlikte sağlık sektöründe bir devrim niteliğinde değişmelere yol açacak olan Sağlık Gereçlerinin İnterneti (IoMT - Internet of Medical Things) ve akıllı giyilebilir cihazlar sayesinde hayat kalitesinde önemli bir artış sağlamanın yanında tıbbi bilgilerinin güvenliğinin korunmasında blok zincir, kitlesel IoT üzerinden 5G ve yapay zeka gibi teknoloji ve standartların kullanılmasında da dünyada bir ilk olarak önyak olma potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak, uzaktan sağlık hizmetleri 5G, blok zincir ve yapay zeka ile geliştirilerek, hastaneler ve sağlık ocaklarını bu sistemlerle donatmak geleceğin sağlık hizmetleri

teknolojilerine temel oluşturmuş olacaktır. Bu sayede, yanlış teşhis vakalarının önlenmesi, tıbbi farkındalığın ve bilginin artması, tıbbi eğitimler için tüm hastanelerin dahil olabileceği dijital bir kütüphane kurulması, tıbbi alanda başarılı uzmanların yurt içi ve dışında danışmaya açılabilmesi, hastalıkların ve acil durumların yapay zeka üzerinden öngörülmesi ve ülke genelinde daha iyi bir sağlık sisteminin sunulması mümkün olabilecektir.

4.5.4. Örnek uygulamalar

Türkiye’de 2017 itibari ile uygulamada olan internet üzerinden hizmet veren uygulamalar ve Kurum/Kuruluşlara örnekler aşağıda yer almaktadır:

- E-Nabız (Sağlık Bakanlığı)
- Pingbit (Biyomod)
- Teleradyoloji (Sağlık Bakanlığı)
- Türk Genom Bulutu (TÜSEB)
- E-MEDIVIP (Tıp Bilişimi Derneği)
- TÜSİAD Türkiye’de Mobil Sağlık Kitabında (2016, Dr.Cenk Tezcan) 2016 yılına kadar Türkiye’de uygulamada olan hizmetleri özetlemiştir.
- Türk Telekom – Akıllı Organ Taşıma Çantası denemeleri yapılmaya başlamıştır. Bu ürün ile birlikte, bağışlanan organların taşınma esnasında ısı, nem, kapağın açık kalması gibi faktörler ortadan kaldırılmayı hedeflenmiştir. Bu gibi faktörler yüzünden nakil edilecek organların fonksiyonları kaybetmeleri önlenecek ve faktörlerin ortaya çıkması durumunda çantalar uyarı, raporlama ve ölçümleme yapabiliyor olacaktır.
- Türk Telekom – Video Konsültasyon

4.5.5. Öneriler

5G uygulamaları geliştirilirken öncelikle gözetilmesini önerdiği başlıklara aşağıda yer verilmektedir:

1. Sağlık Bakanlığı, SGK ve diğer ilgili kamu kuruluşlarının ve sivil toplum örgütlerinin davet edilmesi
2. Uygulamaların ve regülasyonların eş zamanlı kurgulanması ve geliştirilmesi
3. Sağlık alanında 5G kullanım senaryolarının ve etik çerçevelerin görüşülmesi

4. Tıbbi cihazların standardizasyonunun ve sayısal hastane akreditasyonlarının üstünden geçilmesi
5. 5G uyumlu IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) standartlarının kamu ve özel sektörün beraber geliştirmesi
6. 5G tabanlı ileri teknoloji Ar-Ge projelerine yönelik destekleme altyapısının oluşturulması

5G Altyapısı ve Sağlık Altyapısı

Sağlık ile ilgili bilgi, hizmet ve iletişimin sağlanması için İnternet Üzerinden Sağlık (Internet of Health -IoH) altyapısı oluşturulması önem arz etmektedir. İnternet üzerinden sağlık altyapısı, sağlık alanındaki hizmetlerin güvenli, hızlı, fiyat-fayda açısından avantajlı ve yenilikçi uygulamalara açık olmasını destekleyecektir.

IoH, IoMT ve Hizmet Olarak Sağlık (Health as a Service-HaaS)” gibi alt ağların geliştirileceği ve uygulamaya alınacağı teknik altyapıyı oluşturacaktır. İnternet üzerinden sağlık altyapısı genel olarak beş alt başlık altında uygulamalar geliştirilmesini yönlendirebilir.

1. Kişisel Sağlık Yönetimi Uygulamaları
2. Hastanelerin varlıklarını ve müdahalelerinin yönetim altyapısı
3. Robotik: Uzaktan Cerrahi, bulut sistemler, yaşam desteği için robotik teknolojilerin kullanılması
4. Mobil Sağlık: Uzaktan sağlık ve iyilik durumu takibi
5. Akılcı ilaç kullanımı

Kurumların Destekleyebileceği Örnek Uygulamalar

- Hastane veri sistemlerinin yüksek bant genişliği ile paylaşımı
- Sağlık verisinin bilgiye dönüştürülmesi ve anlamlandırılması
- Karar destek sistemleri ile bireye özgü tip uygulamaları
- E-kayıtların entegrasyonu, paylaşımı, güvenliği
- Evde bakım ve uzaktan sağlık hizmeti sunulması
- Sağlık hizmeti veren kişilerin 5G teknolojileri kullanılarak özellikle pratik gerektiren alanlarda eğitimi (AR ve VR tabanlı sistemler)

Bireysel Tıp Hizmetleri Örnekleri

- İlaç Yan Etki Tespiti
- Genom Analizi
- Erken Tanı
- Ayırıcı Tanı
- Tedavi Takibi

Sağlıklı Yaşam Alanında Örnekler

- Takip
- Destek
- Sağlık Koçluğu

4.6. Çevre ve Tarım

4.6.1. Mevcut durum ve pazar

Nesnelerin interneti teknolojileri henüz yeni gelişen, fakat hızlı bir şekilde büyüyen bir platformdur. Geride bırakılan yıl boyunca 700 milyar ABD doları bir pazar olan IoT teknolojilerinin 2020 yılında 1,46 trilyon ABD doları bir pazar olacağı öngörülmektedir. Türkiye’de ise 2017 yılında 6 milyar TL’lik bir hacme sahip olan IoT pazarının 2018’de 7,5 milyar TL’ye çıkması beklenmektedir.

Bu sayı tüm cihazlar dâhil edildiğinde yaklaşık 17,6 milyar olarak tahmin edilmektedir. 2020 itibariyle her biri izlemek ve kontrol etmek için geliştirilmiş uygulama içeren cihaz sayısının 30 milyarı bulması beklenmektedir (Karel, 2017). Önümüzdeki 10 sene içerisinde her sene yaklaşık 1 trilyon algılayıcının konuşlandırılacağı ve 20 yıl içerisinde yaklaşık 45 trilyon algılayıcının ağa bağlı olacağı öngörülmüyor. 5G teknolojilerinin kullanımıyla daha güvenli, hızlı ve verimli iletişim mümkün olacağından, bu dönüşüm bağlı cihaz sayılarının artışında önemli bir etken olacaktır.

Konuyla ilgili yurtiçi mevcut duruma bakıldığında kamu, üniversite ve özel sektörde akıllı çevre ve tarım çalışmalarının yürütüldüğü görülmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Tarım ve Orman Bakanlığı (mülga Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı) bünyesinde çeşitli projelerde bilişim teknolojileri kullanılmaktadır (CSB, 2018), (Tarım, 2018). Diğer taraftan Çiftçi Kayıt Sistemi (ÇKS) beyanlarından destekleme ve hibelerin yönetimine kadar çiftçilerin mobil imza dahil cep telefonu hizmetlerinden faydalanabilecekleri çok sayıda e-devlet hizmeti de bulunmaktadır.

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından başlatılan Tarbil Projesi kapsamında Akıllı Tarım ile ilgili İzleme ve Yönetim Sistemleri geliştirilmiştir. İTÜ Tarım ve Çevre Bilişim Merkezi tarafından da desteklenen Projede 440 adet istasyonda toplam 44000 sensörlü bir altyapı kurulmuş durumdadır. İstasyon sayısının 1200 olması hedeflenmektedir (Tarım, 2017). Akıllı izleme sistemleri sayesinde Proje çalışmalarından elde edilen önemli bazı sonuçlar şöyledir:

- Et fiyatları su tüketimi ile direk ilişkilidir, bir inek günde 85 litre su tüketmektedir. Dolayısıyla hayvancılıkta %10 oranında bir tasarruf şehirlerin su ihtiyacını karşılamaktadır.
- Su kaynaklarının %74'ü tarımda kullanılmakta ve bunun %90'ı boşa gitmektedir. Sene içerisindeki toplam yağış değil, hangi yörede ne kadar yağış aldığımız önemlidir.
- Tarladan sofraya kadar 78 kayıt bileşeni vardır, bunların izlenmesinde cihaz sayısı çok artacağından 5G ile gelecek geniş bant ağlar önemli olacaktır.
- Hayvancılıkta döllenme dönemlerinin sensörlerle takibi önemlidir, bu dönem kaçırılırsa besin ve su tüketiminden zarar edilmektedir.
- Uzun dönemde 28milyon parselin izlenmesi, 1 milyon parselin 5 sene içerisinde veriyle yönetilmesi hedeflenmiştir (ortalama dekar büyüklüğü 60dönümdür, çiftçi başına 6-10 dönüm düşmektedir.) Hâlihazırda Tarbil sistemi ile 81 ilin 56 sında IoT ile gözlem sistemi çalışmaktadır.
- Traktör üzerine takılan 100 ABD Doları değerinde bir kameradan sap boyu ve başak miktarı ölçülebilmektedir. 5G ile gelecek dar bant IoT servisleri de burada önemli bir faktör olacaktır. İlk başlarda kurulan özel iletişim hatların tamamı mobile dönüştürülmüştür. İşe özel şebeke oluşturmak verimsiz bir çalışmadır.
- 230 çeşit parametre üretilmekte, sensörlerin her birinin hesabı ve haritalanması yapılmaktadır. GPUlar hariç 2000 işlemcili makine kullanılmaktadır.

TABİT tarafından başta Türkiye olmak üzere kırsal alanda yaşayan ve teknolojiye erişimi olmayan göçe eğilimli orta ve düşük gelirli çiftçilerin hedef alındığı, geleneksel tarım yöntemlerini ileri teknolojinin olanaklarıyla birleştiren, üretimin verimini bilgi ve iletişim teknolojileriyle artırmayı ve üreticinin sosyal yaşam standartlarını nitelikli bilgiyle yükseltmeyi tek bir hedef haline getiren, yeni nesil kırsal yaşam modeli olan Akıllı Köy projesi gerçekleştirilmiştir. Bu modelde, günümüzde ileri teknolojinin büyük yatırımcılara sağladığı olanakların kırsalda tarım sektörü ile buluşması; küçük üreticilerin verim ve kârlılığının

artırılması; aile çiftçiliğinin teknolojik tarımla buluşması hedeflenmiştir (Vodafone, 2016), (Tabit, 2004).

Bilgi ve teknolojiye uzak olan 3 milyon çiftçi ve ailesini hedef alan, Türk çiftçisinin kendisi için faydalı bilgilere en kısa sürede kişisel olarak ulaşip bilgilenmesini ve çiftçilik faaliyetini daha verimli, etkin ve sağlıklı yapmasını sağlayan Vodafone Çiftçi Kulübü projesi ile çiftçiye iletilecek somut verilerin oluşturulmaya başlanmıştır (Vodafone, 2009).

Tarsens, Tarımsal Sensör Sistemleri firması, bitki sağlığını algılamakta kullanılan, multispektral kameraları geliştirmek üzere faaliyetlerine başlamıştır. Geliştirdiği multispektral kameraların yanında, tarımsal üretim alanları takip ve gözlemi için kablosuz sensör ağları da (IoT) geliştiren firma, bugün yapay zeka hızlandırması ile multispektral ve modifiye kamera görüntülerinden, bitki sağlığı hesaplamasını, klasik yöntemlere göre %25-%35 daha sağlıklı yapabilmektedir. İnsan gözüne yeşil gözükten bitkiler, eğer sağlıklı ise kızılötesi, sağlıklı ise sınır-kırmızı (rededge) yansıtmaktadır. Bu tür veriler, modifiye yada multispektral kameralarla toplanarak analiz edilmekte ve bu sayede bitki gübreleme, ilaçlama haritaları oluşturulabilmektedir. Uzak kızılötesi, termal kameralar kullanılarak bitkilerin sulama ihtiyacı haritaları çıkarılıp, buna göre sulama haritaları oluşturulabilmektedir. Yapay zekaya sahip kameralı araçlar kullanılarak, bitkisel üretimde kullanılan yabancı ot ilacı kullanımını %99'a kadar azaltılabilmektedir. Bu tür teknolojilerin üretilmesi, kullanılması sayesinde, ülkemizin, tarımsal üretimin hammadresi olan, gübre ve ilaç gibi, bir kısmı yurtdışından temin edilen maddelere bağımlılığı azalacaktır (Tarsens, 2018).

Boğaziçi Üniversitesi, tarım teknolojilerinde İngiltere-Türkiye işbirliğini desteklemek için Kapasite Geliştirme ve Ağ Oluşturma Projesi Agritech'i başlatmıştır. Proje ile sektörle üniversiteler arasında işbirliğini artırmak, teknoloji transfer ofisleri, teknoparklar ve inovasyon merkezlerini bilgiyi yayma faaliyetlerine dâhil etmek, İngiltere tarım teknolojileri sektörünü çok düzeyli ortaklıklar geliştirerek kıyas kriteri kılmak suretiyle Türk tarım teknolojileri sektörünün kapasitesini güçlendirmek amaçlanmıştır (Agritech, 2017).

Çevre konusunda ise yurt içi çalışmalardan örnek olarak Eskişehir Tepebaşı Belediyesi'nin ve Kayseri Büyükşehir Belediyesi'nin akıllı şehir projeleri verilebilir. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Yaşam Köyü Projesi, Avrupa Komisyonu Akıllı Şehirler ve İnovasyon Projeleri'ne

(Horizon 2020) seçilmiştir. 30 dönümlük alana yayılacak olan proje kapsamında akıllı şehir izleme portalı geliştirilmesi hedeflenmektedir. Enerji tüketimi takibi, kullanılan enerji kaynakları (yenilenebilir enerji), sera gazı salımı azaltılması, elektrikli otobüs kullanımı, LED çevre aydınlatmaları, güneş panelleri kullanımı, organik atık kazanlarının kullanımı, elektrikli bisiklet kullanımı gibi uygulamaların çalışmalarına başlanmıştır.

Eskişehir Tepebaşı Belediyesine benzer şekilde Kayseri Büyükşehir Belediyesi de, Kayseri Akıllı Şehir Portalını hayata geçirmiştir ve Akıllı Şehir Kayseri Mobil Uygulaması ile harita, arama, kent bilgi sistemi gibi hizmetler sunmaktadır. Akıllı aydınlatma uygulaması ile %32 tasarruf yakalanmıştır ve %50'ye kadar tasarruf sağlanması hedeflenmektedir. Akıllı aydınlatmaya ek olarak, akıllı sulama, sürdürülebilir enerji, hava kalite istasyonları, katı atıktan enerji yönetimi, akıllı kütüphane, akıllı durak, trafik kontrol merkezi, akıllı kavşak, ambulans geçiş üstünlüğü, elektrikli otobüs, belediye araçları için filo takibi ve yönetimi, otonom toplu taşıma araçları gibi uygulamalar geliştirmektedirler. Yapılan IoT çalışmaları ile pilot bölgede karbondioksit ve rüzgâr ölçümleri yapılarak algılayıcı uygulamalarına da yer vermeye başlanmıştır. Toplanan algılayıcı verileri GSM üzerinden sunucu uygulamasına gönderilerek canlı veri takibi sağlanmış ve raporlanmıştır.

İSKİ tarafından Ericsson desteği ile bazı akıllı sulama denemeleri yapılmaktadır. Üniversitelerimizde konuyla ilgili araştırmalar yapılmış makaleler yayınlanmıştır. Bazı örnekler aşağıda yer almaktadır:

- Büyükbaş Hayvan Takibinde Uluslararası Elektronik Veritabanı Oluşturulması ve Türkiye İçin Uygulanması (O. Ayhan Erdem, Haydar Tuna, Gazi Üniversitesi, Şubat 2008)
- Tarımsal Üretimde Örnek Bir IoT Uygulaması ve Yaşlı Tarım Çalışanlarının İzlenebilirliği (Bülent ÇAKMAK, Emrah MERCAN, Ege Üniversitesi, Ocak 2017)
- RFID Taşıyıcı Yongaları Kullanılarak Büyükbaş Hayvanların İnternet Üzerinden Kimliklendirilmesi (O. Ayhan ERDEM, Gazi Üniversitesi, Eylül 2006)
- Gömülü Sunucu ile Tasarlanmış İnternet Tabanlı Sera Otomasyon Sistemi Uygulaması (Mesut BAYTÜRK, Gürcan ÇETİN, Aydın ÇETİN Gazi Üniversitesi, Haziran 2013)
- Tarımda kablosuz algılayıcı ağları (Poster)
- Celil Serhan Tezcan, Kemal Sulhi Gündoğdu

- İnsansız hava aracı ile bitki gelişimi takibi (Poster)
- Celil Serhan Tezcan, Kemal Sulyi Gündoğdu, Uğur Bilgili, Fikret Yöner (poster)

4.6.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Tarım teknolojileri ile ilgili çok sayıda teknoloji geliştirilmiştir. Uzman insan kaynaklarımızın verimli kullanımı açısından, bu alanlarda çalışacak kuruluşlara yön gösterecek bir oluşuma ihtiyaç görülmektedir.

Mevcut bazı çalışmalarda, sunulan çözümler uzun ömürlü olmamış, teknolojik gelişmelere ayak uydurmakta zorlanmışlardır. Çevre ve tarımdaki IoT tabanlı bilişim çözümlerinin, 5G ve Ötesi teknolojilere uyum sağlayacak şekilde kalıcı kurumsal yapılarla desteklenmesi önemli bir ihtiyaçtır. Küresel olarak karşılaşılan problemlere örnek olarak 2009 senesinde yalnızca ABD gıda sektöründe yabancı otlar, patojenler ve haşereler 225 milyar ABD doları kayba yol açmış olması verilebilir.

Tarım ve çevre alanında, 5G ve mobil NB-IoT kullanımına dayalı önemli bir ekonomik büyüme ve gıda tedarik güvenliği bakımından da sürdürülebilirlik hedefi ve zorunluluğu bulunmaktadır. Türkiye tarım ekonomisi yıllık 147 Milyar TL'dir. Bilişim ekonomimiz en değerli insan kaynağını barındırıyor da katma değeri hem ülke hem de dünya ölçeğinde çok küçüktür.

Azalan nüfus başına ekilebilir alan ve yıllık su miktarına karşılık, tarımda toplam üretim veriminin bilgi sistemleri ile yönlendirme ve kontrolü sayesinde, %20 - %30 mertebelerine kadar artışın mümkün olduğu görülmektedir. Bu artış miktarı bile tüm bilişim ekonomisinin 3-4 katı kadardır. Bilişim ve iletişim sektörlerinin 5G olanakları ve bulut üzerinden büyükveriye dayalı uygulama hizmetleri ile tarımda gelişim sağlanırken bilişim ve iletişim sektörlerinin de uluslararası rekabette ihracata yönelik potansiyel de kazanabileceği bir ölçek elde edilmesi mümkündür. Diğer hiçbir sektörde elde edilemeyecek dik sektör entegrasyon ekonomisi Türkiye'de tarım ile uluslararası ölçek kazanabilecek niteliktedir. Zira Türkiye Avrupa'nın en büyük tarım ekonomisine sahiptir.

Diğer yandan Türkiye tarımda dijital dönüşümü başaramaz ise ya gıda tedarik güvencesi ve fiyatlarda arz-talep sorununa dayalı dalgalanma riskine girebilir ya da yabancılar Türkiye'de

bunu kendi sistemlerine entegre olarak hizmetlere dönüştürebileceklerdir. Bu konuda, bilişim sektörümüzde yeterli farkındalığı oluşturamadığımızdan yabancılar bu çalışmalara başlamışlardır.

Tarımda IoT, M2M, hassas tarım ve iyi tarım için otonom araç uygulamaları tüm dünyada yoğun ilgi gören bir gelişim alanıdır. Otonom biçerdöverler ile hasat kayıplarının azaltılması, gübreleme ve ilaçlamada ihtiyacı olan yerlere ihtiyacına göre orantılanmış miktarda uygulama yapılması, suyun bitkinin bulunduğu fenolojik evre ve toprağın nem durumuna göre sulama ajandasının optimal kontrolü, hastalıkların koşulların tahmin ve oluşumun erken teşhisi gibi yüzler seviyesinde tarımda kayıp azaltıcı ve verim arttırıcı bilişim ve iletişim uygulama örnekleri bulunmaktadır.

2050 yılında, dünya nüfusunun gıda ihtiyaçlarını karşılayabilmek için şimdiden tatlı su kaynaklarının (dünya su oranına göre çok düşüktür, yaklaşık %3) verimli kullanımı sağlanmalıdır. Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişiklikleri ve kuraklıktan toprağın korunması gerekmektedir. Tüm bu sorunların çözümünde ise toprağı, suyu, havayı ölçme ve izleme sistemlerinin yanı sıra bitkileri analiz etme sistemlerinin geliştirilmesi de yer almaktadır. Bitkilerin gelişim süreçlerinin çıkarılarak sistemleştirilmesinin de tarıma ve çevreye katkısı büyük olacaktır. Aynı zamanda çiftçilerin izlenmesi ve uyarılması sistemleri ile de doğru zamanda doğru müdahalelerin yapılması, toprağın ve bitkilerin korunmasının yanı sıra su kaynaklarının da korunması sağlanacaktır. Tüm bu uygulamalar algılayıcılar ve bu algılayıcılardan ağ geçitleri aracılığıyla toplanacak verilerin analiz edilmeleri ile mümkündür.

Şehirler içerisinde çokça miktarda bulunan çöp konteynerlerinin da bağlantılı hale getirilmesi ve çöp toplama araçları ile iletişim halinde olması mümkün hale gelecektir. Bu sayede atık toplama kurumları tarafından hangi konteynerlerin boşaltım ihtiyacı olduğu anlık ve çevrimiçi olarak kolaylıkla tespit edilebilir, operasyonu gerçekleştiren araçların güzergahları da optimal hale getirilerek zaman, yakıt tasarrufu sağlanması yanı sıra çevre kirliliği de azaltılmış olacaktır.

2050 yılına kadar tarım alanında yapılacak IoT çalışmalarının gıda üretimini %70 oranında arttıracağı öngörülmektedir. Yeni teknolojiler sayesinde, küresel ısınma ve iklim

değişikliklerine ek olarak yoğun/hatalı tarım uygulamalarından kaynaklanan çevresel etkiler de azaltılabilecektir. Tarım uygulamaları çevre uygulamaları ile birlikte ele alınmalıdır. Her iki alandaki çalışmalar da gıda/enerji verimliliğini, hava/su kalitesini etkileyecektir. Günümüzde örneğin iç mekanlarda kullanılan sayaç kontrolleri (belediyelerin uzaktan kontrol etmeleri), otomatik aydınlatmalar, havalandırma sistemleri gibi veri toplama, izleme, analiz etme ve aksiyon alma sistemleri tarım ve çevre uygulamaları için de benzer şekilde daha aktif kullanılmalıdır. Örneğin; tarım makinelerinin eş zamanlı ya da seri olarak kullanımlarının sağlanması gibi üretimi ve verimliliği artıracak uygulamalar geliştirilmelidir. Sağlanacak su tasarrufu sayesinde her anlamda fayda sağlanmış olacaktır. Akıllı tarım ile birlikte geliştirilecek akıllı çevre sistemleri ile çevre/hava kirliliği azaltılacak ve bu sayede küresel iklim değişikliğinin de bir miktar önüne geçilmiş olunacaktır.

Dünyada endüstriyel çiftlikler dışında 500 milyon çiftçi ve aileleri ile birlikte 2 milyara yakın çiftçi ailesi geleneksel yöntemler ile çiftçilik yapmaktadır. Endüstriyel çiftlikler, tarımsal otomasyonlardan gelen bilgileri ve bu otomasyonların yönlendirmelerini uzmanlar ile yapabilirken, aile çiftçiliği yapanların böyle bir imkânı olmadığından ve bu teknolojilerin yüksek fiyatlı olması nedeniyle teknolojinin imkânlarından yararlanma konusunda geri kalmaktadırlar. Aile çiftçiliğine yönelik olarak geliştirilen teknolojilerin ürettiği verilerin uzman gereksinimi olmadan, tarımsal bilgi sahibi uzmanlar tarafından oluşturulacak algoritmalar ile hazır mesaj ve yönlendirmelerle yapılabilir olması, endüstriyel çiftliklerle küçük çiftlikler arasındaki nitelikli bilgiye erişim farkını ortadan kaldıracaktır. Dünyadaki tarımsal teknoloji üreten firmalar araştırıldığında, pazar kaygıları nedeniyle endüstriyel çiftliklere yönelik teknolojiler ürettikleri görülmektedir. Eğer Türkiye’de küçük çiftçilere yönelik tarımsal teknolojilerin üretmeyi teşvik edilebilirse, hem ülkemizin çiftçi yapısına uygun tarımsal teknolojilerin üretilmiş hem de ülkemizde gerçekleştirilen başarılarla yurt dışında önemli bir nüfusa sahip olan aile çiftçilerinin teknoloji ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir pazarlama hamlesi yapılabilir. Bu fırsat özel olarak değerlendirilirse, Türkiye’nin tarımsal üretim hacmi ve gücünün yükselmesinin yanında, Türkiye de üretilen teknolojilerin yurt dışına satılarak ihracat hacmine katma değerli üretim sağlanmış olacaktır.

Konuyla ilgili diğer ihtiyaçlar şöyle sıralanabilir:

- Tarım ekonomisinin teknolojik yönüyle birlikte aynı zamanda kültürel yapısının da incelenmesi gereklidir.

- Tarımın Dünya ve Türkiye'deki problemleri göz önüne alınarak 5G ile ilişkilendirilmesi gereklidir.
- Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde yapılan çalışmalar sonucu tarım faaliyetlerinde kullanılan toplam 1200 iş süreci tanımlanmıştır. Bu iş süreçlerinin 5G üzerinden hizmetlerle uygulamaya dönüştürülmesi ve bir entegrasyon içerisinde yürütülmesi mutlaka değerlendirilmelidir.
- Bilgi altyapı entegrasyonu ile sektörel işlem entegrasyonu birlikte ilerlediğinde tüketiciye sunulmak üzere her türlü veri elde edilebilecektir.
- Varlıkların yönetimi, verim yönetimi ve kalite yönetimi sistemlerinin oluşturulması gereklidir.

Bu uygulamaları genelleyecek olursak aşağıdaki uygulama alanları gibi, çevre ve tarım alanında 5G teknolojilerinin kullanılabileceği çok fazla fırsat yer almaktadır.

- **Su Yönetimi:** Kullanım suyu kalite ölçümleri, planlaması, su kullanımını azaltmaya yönelik uygulamalar geliştirilmelidir. Çiftçilerin ürünleri sulama safhasında bilinçsizce tüketimin (ki bu oran %90'ı bulmaktadır) önüne geçilebilmesi amacıyla 5G teknolojisi su yönetimi kontrolü imkânı sunacaktır.
- **Toprak Koruma Yönetimi:** Toprak verimliliğini, zararlardan korunmasını ve erozyon etkilerini en aza indirmeyi hedefleyen uygulamalar gereklidir. Örnek olarak karbon salınımının ölçülmesi ve takip edilmesi ile geliştirilen yeni gübre tiplerinin kullanılması sonucu daha az karbon salınımı sağlanabilmektedir. Karbon ölçüm sensörlü basit IoT cihazları ve 5G ağ ile sağlanacak yakınsama, bu ve benzeri ölçümlere ve analizlere imkân verecektir. Son 50 yılda toprak bozulmasının etkisinin tarım verimliliğinde %13'lük bir kayba yol açtığı saptanmıştır. Topraksız tarımın minimum su ve minimum gübre ile sera alanlarında yönetimi sağlanmalı, nem ve ısı ayarları en yüksek verim alacak şekilde yapılmalıdır.
- **Tarım İlaçları Kullanımı:** Sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik ve doğal tarıma katkı sağlayan uygulamalar
- **Akıllı tarım - hayvancılık uygulamaları:** Genel olarak tarım için gecikme kritik bir sorun olmadığından çok sayıda sensörden verinin alındığı, düşük maliyetli (örneğin pil değiştirme ihtiyacının en az olduğu) bir çözümlere ihtiyaç vardır. Örneğin; hayvanların kulak küpesinden kızgınlık sensör verileri toplanabilmektedir.
- Nesli tükenmekte olan canlıların izlenmesi ve korunması

- Büyükbaş hayvanlar için merkezi izleme
- Hava kalitesi izleme ve alarm sistemleri
- Araç takip sistemleri ile düşük karbon salınımı
- Madencilik sonucu oluşan çevresel etkilerinin (hava kalitesi, toprak kalitesi, su kalitesi) uygun sensörlerle ölçümü, izlenmesi, raporlanması

4.6.3. Teknolojiler

Çevre ve Tarım alanındaki hizmet ve uygulamalarda 5G ile birlikte aşağıda yer alan teknolojiler kullanılmaktadır.

- **Hücrel Veri İletişimi:** Uygulamalarda tüm iletişim 5G ağlar üzerinden sağlanacaktır.
- **IoT Cihazlar, Algılayıcılar, IoT Ağgeçidi Cihazlar:** Uygulamaların veri toplamasını ve sistemleri kontrol etmesini sağlayacaktır. 5G içerisindeki Network Slicing teknolojisi ile IoT cihazlarla özel bağlantılar kurulabilecektir.
- **Güvenli İletişim (Kriptoloji, Güvenlik Duvarları):** Gelişmiş güvenlik önlemleri yeni 5G ağlar üzerinde kullanılacaktır.
- **Güvenilir İletişim (Önceliklendirme, Kritik Görev Veri İletim Servisleri):** Her uygulamanın 5G trafiği içerisindeki önemi tanımlı olacak ve buna uygun bir bağlantı kurulacaktır. 5G içerisindeki kaynaklar iletişimin önemine göre değişebilecektir.
- **Akıllı Telefon/Tablet Uygulamalar:** Kullanıcı etkileşimi için kullanılacaktır.
- Bulut bilişim, sanallaştırma. Uygulamaların bulut verimerkezlerinde barındırılması, kullanıcılara kesintisiz bulut hizmetleri olarak sağlanmasında kullanılacak teknolojilerdir.
- **Büyük Veri:** Sensör ve IoT sayıları hızla artacağından toplanacak verilerin büyük veri teknolojileri kullanılarak analizi gerekli olacaktır. 5G kapsamında beklenen kapasite artışının bir sonucu olarak, veri büyüklüğü de hızla artacaktır.
- **Düşük Güç Geniş Alan Şebeke (LPWAN) Çözümleri:** 5G ağların kapsama alanı dışında kalan alanlarda yapılacak tarım ve çevre uygulamaları için, güç tüketimi en aza indirgenmiş LPWAN veya benzeri teknolojiler gerekli olacaktır.
- **Yapay Zekâ:** Akıllı tarım ve akıllı çevre uygulamalarının bilişim desteği ile kullanılmasındaki son aşama yapay zekâ teknolojileri ile desteklemek olacaktır. 5G

içerisindeki modülleri yazılım tabanlı olması (SDN, NFV gibi), bu modllerin yazılımla kontrolünü mümkün kılacaktır. Bu durumda, yapay zekâ karar destek sistemleri ile ağ yapısını yönetmek, performans, verim artışı sağlayacaktır.

- Çiftlik Yönetim Bilgi ve Karar destek sistemleri, Hassas Tarım çözümleri, Tarım otomasyonu, Tarım Drone ve Robotikleri, Veri Analiz Teknolojileri, Tarım için özelleştirilmiş yapay zeka uygulamaları ilgili çevre ve tarım projelerinde 5G teknolojileri ile birlikte kullanılabilir çalışmalardır.

Tablo 4-3’de, 5G ile birlikte kullanılabilir bazı teknolojiler, Tarım alanındaki bilinen sorunlarla eşleştirilmiştir.

Tablo 4- 3 Tarımsal Üretimde Yaşanan Sorunlardan Bazılarının Tarım ve Çevre Açısından Etkileri ile Hangi Teknolojilerin Kullanımı ile Bu Kayıpların Önleneceğini Gösteren Liste

YAŞANAN SORUNLAR	OLUMSUZ ETKİLERİ		KULLANILACAK TEKNOLOJİLER
	TARIM	ÇEVRE	
Tarımsal üretimde Rekolte Tahmini yapılamıyor - Fiyat ve Pazar analizleri yapılamıyor	Ekonomik Gelir Kaybı		-Toprak Sıcaklık ve nem sensörleri -Hava sıcaklık ve nem sensörleri
Bitkisel Üretimde yeterli verim sağlanamıyor	Ekonomik Gelir Kaybı		-Yağış miktarı ölçüm sensörleri -Gün ışığı, rüzgar yönü ve şiddeti ölçüm sensörleri,
Gereksiz ve fazla su kullanılıyor	Maliyet Yüksekliği / Ekonomik Gelir Kaybı	Fazla Su kullanımının çevreye verdiği zararlar	-Hava sıcaklığı, Hava nemi, Toprak - Su PH seviyeleri ölçüm sensörleri ile Yaprak ıslaklık sensörü gibi sensörlerden gelen verilerin, sabit üretim verileri ile
Zamanında tespit yapılamadığından zararlılara karşı	Maliyet Yüksekliği /	Fazla Tarımsal ilaç kullanımının çevreye ve insan	

Fazla ilaç kullanılıyor veya ürünler zararlıların etkisine maruz kalıyor-	Ekonomik Gelir Kaybı	sağlığına verdiği zararlar	oluşturulan algoritmalarla çiftçilerin kolayca karar vermelerini sağlayabilecek -Çiftlik Yönetim Sistemi Yazılımı
Doğru gübre kullanımı yapılamıyor-fazla gübre kullanılıyor	Maliyet Yüksekliği / Ekonomik Gelir Kaybı	Fazla gübre kullanımının çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlar	-Çiftçi Karar Destek Sistemi -Büyük veri analiz sistemleri
Havancılıkta sürü yönetiminde verimlilik takip edilemiyor	Maliyet Yüksekliği / Ekonomik Gelir Kaybı	Atık Yönetimi yapılamadığı için çevreye verilen zarar	Vucut Sıcaklık ölçme sensörleri Ayaklara bağlanan Padometreler ile adım sayıları, yatma zamanı süreleri ve benzer bilgilerin alınması, geniş sensörü ile geniş sayısının sayılması, deri altından alınan bilgiler ile otomasyona bağlı süt sağım sistemleri ile
Hayvan hastalıkları önceden tahmin edilemiyor-koruyucu hekimlik yok	Maliyet Yüksekliği / Ekonomik Gelir Kaybı		Hayvanların hastalıklarının ve/veya zararlılarının önceden tespiti, hayvanların kızgınlık (Dölleme zamanının)döneminin tespiti, doğum zamanının tespiti, yem süt ilişkisi gibi tüm bilgiler arşivlenebilmekte, çiftçilere gerekli dönemde uyarılar gönderilerek kayıpların önüne geçilebilmektedir.
Buzağı kayıpları var	Maliyet Yüksekliği / Ekonomik Gelir Kaybı		
Mastitist Ketos benzeri meme hastalıkları var	Maliyet Yüksekliği / Ekonomik Gelir Kaybı		
Hayvanların çalınması ve güvenliğinin sağlanması	Ekonomik Gelir Kaybı		
Ahırlardaki kötü koku hayvan refahını önlemektedir	Ekonomik Gelir Kaybı	Atık Yönetimi yapılamadığı için	

		çevreye verilen zarar	
Hayvanların su yalaklarında yeterli suyun olmaması verimi düşürmektedir	Ekonomik Gelir Kaybı		
Kuyuların açılıp kapanması için zaman kaybediliyor	Ekonomik Gelir Kaybı	Zamanında kapatılmayan kuyulardan gelen su boşa akmaktadır	Kuyu seviye otomasyonları
Hassas Toprak işleme	Ekonomik Gelir Kaybı	Toprağın bozulması ve erezyon	Sensörler Robot teknolojileri
Tohum ve Fide Dikiminde insan gücü kullanımı	Ekonomik Gelir Kaybı		Otonom Araçlar ve bağlı sensörler ile robot teknolojileri
Hasat zamanı ve rekolte belirlenmesi	Ekonomik Gelir Kaybı		Otonom Araçlar ve bağlı sensörler ile robot teknolojileri
Hasat kayıplarının önlenmesi	Ekonomik Gelir Kaybı		Otonom Araçlar ve bağlı sensörler
Hasat ta iş gücü maliyetlerinin düşürülmesi Eleman bulunmasının zorluğu	Ekonomik Gelir Kaybı		Otonom Araçlar ve bağlı sensörler ile robot teknolojileri
Ürünler ekiliyken arazide gezilmesinin zorluğu ve ürünlere	Ekonomik Gelir Kaybı		Otonom Araçlar ve bağlı sensörler ile robot teknolojileri

zarar vermesinin önüne geçilmesi			
Depolama ve Lojistikteki kayıplar	Ekonomik Gelir Kaybı		İzleme teknolojileri ve robot teknolojileri
Arıcılık yapan çiftçiler kovanlarının başından ayıramıyorlar, sürekli gözle kontrol etmek zorundalar	Ekonomik Gelir Kaybı	Arıların eksilmesi doğal hayatı olumsuz yönde etkiler	Arıcılık otomasyonu ile kovanların uzaktan takip edilmesi, kovan içi hareketliliği ile arıların kovandan çıkış yoğunlukları, bal yapma yoğunlukları uzaktan takip edilmektedir. Ayrıca kovanların yerinin değiştirilmesinin istenmesi yada kapağının açılmasının istenmesi halinde alarm üreten sistemler otomasyonlar da kurulmaktadır.
Kovanların çalınması söz konusu	Ekonomik Gelir Kaybı	Arıların eksilmesi doğal hayatı olumsuz yönde etkiler	
Hastalık ve Zararlıların belirlenmesi	Ekonomik Gelir Kaybı		Dron Teknolojileri ve Büyük veri analizi sistemleri

4.6.4. Örnek uygulamalar

- Hava Kalitesi İzleme İstasyonları - T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**
 Şehirler ve kırsal bölgelerde, özellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde yapılacak ölçümler olduğundan 5G şebekelerle elde edilecek kapsama alanlarının kullanımı gerekecektir.
- Tarım Bilgi Sistemi - T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı**
 Proje mevcut mobil ağları kullanmaktadır. Kapasite ve kapsamın artırılmasında 5G ve LPWAN teknolojilerine önemli görevler düşecektir.
- Hayvan Bilgi Sistemi - T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı**
 Proje mevcut mobil ağları kullanmaktadır. Kapasite ve kapsamın artırılmasında 5G ve hayvanlara uygulanabilir IoT teknolojilerine önemli görevler düşecektir.

- **Tarımsal İzleme ve Bilgi (TARBİL) Sistemi Projesi**

Elde zengin bir veritabanı oluşmuştur. Mevcut yapı 5G ve Bulut Bilişim teknolojilerin kullanımı ile önemli bir aşama kaydedecektir.

- **Agritech Ülkemizde Akıllı Tarımın Geliştirilmesi ve Desteklenmesi Projesi**

Boğaziçi Üniversitesi Türkiye’de sürdürülmekte olan bu projede yaklaşık 300 üye yer almakta ve tarımı akıllı hale getirmek için çalışmaktadırlar. 5G teknolojileriyle gelen hız ve kapasite artışının olumlu etkileri olacaktır.

- **Vodafone Çiftçi Kulübü**

Bu sistem ile Vodafone verimliliği ve tasarrufu arttırmaktadır.

- **Vodafone IoT Altyapılı Akıllı Köy Projesi**

Tabit tarafından hayata geçirilen proje Türkiye’de ve dünyada tarım teknolojileri konusunda çalışan ekiplere ve girişimcilere test alanı imkanı ve uzman desteği sağlamaktadır. Böylelikle tarım teknolojileri konusunda çalışan tüm girişimcilere ve sektörün gelişimine katkıda bulunmaktadır.

- **Operatör Destekli Akıllı Tarım Projeleri**

5G teknolojilerinin hayata geçmesinde öncü rol üsteneceklerdir. 5G ağlarda yapılacak pilot denemeler için bu projeler önemli adaylar olacaktır.

- **FarmBot Tarım Robotu**

Robot şeklinde olan bu aletin farklı başlıkları sayesinde tohum ekimi, sulama ve ürün sağlık analizleri yapılabilmektedir. Açık kaynaklı sistemlidir ve otomatik bir şekilde tarım yapabilme olanağı sağlanmaktadır. Bu ve benzeri projelerde küçük üreticilerin de 5G kapsamında sunulacak ağ performansından yararlanması imkânı olacaktır.

- **Libelium Akıllı Çevre Uygulamaları**

- **Libelium Akıllı Tarım Uygulamaları**

Firmanın, akıllı sulama, izleme ve iklimlendirme sistemleri gibi birçok çözümleri bulunmaktadır.

- **Phenonet Tarımda IoT Uygulamaları**

Tarımda IoT ekipmanları, Precisionhawk İHA, Cleangrow Karbon Nanotüp Probu vb.

- **Microsoft Doğal kaynaklar için IoT Projeleri**

- **Turkcell Akıllı Tarım**

Turkcell akıllı tarım teknolojileri ile çiftçilere birçok kolaylık sağlamaktadır. Nem, sıcaklık, iklimlendirme üniteleri ve sulama pompalarının kontrol edilmesini sağlayan sera takip çözümü ve kümes/büyükbaş hayvan takibi en önemli uygulamalarının başında gelmektedir. Söke ovası Turkcell’in pilot uygulama bölgelerinden biridir.

Belirli yerlere yerleştirilen algılayıcılar sayesinde toplanan bilgiler gerçek zamanlı olarak merkeze aktarılmakta ve böylece zamanında, yeterli düzeyde sulama yapılmasını sağlanmaktadır.

- **Banvit**

rnlerinin protein değerlerini M2M ile takip etmektedir.

- **Zirve Fide**

Antalya, Kumluca ve Fethiye'de hizmet veren firma, seralarındaki fidelerin, gbrenlenmesinden sulanmasına ve ısı değerlerine kadar birçok süreci M2M czmleri ile takip ediyor. Bu sayede personelden kaynaklı hataların önüne geçmenin yanı sıra verimlilik artıyor.

190 Ülkede, 468 telekomünikasyon işletmecisi birçok sektör için M2M czmleri sunmaktadır. Seralarda, çeşitli tarım alanları ve hayvan çiftliklerinde teknolojilerini firmaların hizmetine sunmaktadırlar. Türkiye'de de Turkcell, Vodafone ve Türk Telekom akıllı uygulamalar-M2M czmleri için hizmet sağlamaktadır. Bu hizmetler sayesinde, telefonlar üzerinden uzaktan kontrol sağlanmakta ve alarm sistemleri çalıştırılmaktadır. Çiftçilik alanından örnek verecek olursak hayvan hastalıkları, süt kalitesi izlenebilmekte ve oluşan alarmlar sayesinde aksiyon alınabilmektedir. Seralarda sıcaklık ve nem değerlerinin takibi ile bitkilerin kalitesi takip edilebilmekte ve bozulmaların önüne geçilebilmektedir (Turkishtime, 2016).

- **Hollandalı Levy firması ile Balıkesirli Onet firmasının işbirliği**

Bu işbirliği ile Türkiye'nin ilk robot teknolojili iftliği faaliyete başlamıştır. Robotlar ineklerin yemlenmesi ve sağımı da dahil olmak üzere çiftlikte birçok iş için kullanılmaktadır. Robotların kullanımı ile süt veriminde %15 oranında artış, kalite artışı ve maliyet azalışı gibi avantajlar elde edilmektedir (Turkishtime, 2016).

- **Balık iftlikleri**

Balık iftliklerinin yerleştirilen algılayıcılar ve M2M cihazları ile izlenmesi ve kontrol edilmesi ile (su sıcaklığı, sudaki oksijen miktarı, tuzluluk vb değerlerin takibi) balık ölüm oranları düşürülerek doğaya ve çevreye katkı sağlanabilmektedir

- **Google Nest**

Enerji verimliliğini en st düzeye çıkararak para ve enerji tasarrufu sağlanır (Endustri4.0, 2018).

- **GM ve Tesla**

IoT teknolojili otomobilleri ile verimliliği en üst düzeye çıkarmakta, zaman ve yakıt tasarrufu sağlanmakta ve emisyon azaltılmaktadır (Endustri4.0, 2018).

- **Japon Spread Sebze Fabrikası**

Firma marul dikme ve filizlendirme süreçleri haricinde robotların kullanımı ile yüksek miktarlarda marul üretmeyi planlıyor. Şirket, 2017 yazından itibaren günde 30 bin kök marul üretecek (Turkishtime, 2016).

- **NASA**

NASA son yıllarda uzayda gıda üretimi ile ilgili çalışmalar yapmaktadır. Astronotlar bu yıl ilk marulları üretmişlerdir (Turkishtime, 2016).

- Tarsens arazi denemeleri, geliştirdikleri kameralar sayesinde Bursa – Karacabey, Balıkesir – Gönen, Manyas da çiftçilerin arazide bulunan bitki sağlığını haritalayarak, çiftçilere, gübre ve ilaç uygulanması konusunda referans bilgi sağlamaktadır.
- Tarsens kablosuz sensör ağları, Uludağ Üniversitesi araştırma seralarında yürütülen projelerde, 2 yıl gibi bir sürede 250 milyondan fazla veri toplanmış ve bu veriler seraların iklimlendirme gibi değişkenleri nasıl yönetilmesi konusunda yardımcı olmuştur.
- Toros Tarım, Adana Agri park yerleşkesinde, IHA’lar ve modifiye kameralar sayesinde arazileri haritalayarak, gübre raporlamalarına başlamışlardır.
- Türk Telekom - Ekim Alanı Kontrol ve Yönetimi
- Türk Telekom - Hayvan Takip

4.6.5. Öneriler

5G teknolojilerinin çevre ve tarım alanında kullanımı ile ilgili ülkemiz için faydalı olabilecek çalışmalar aşağıda sıralanmıştır:

- Yurtiçinde tamamlanan ve devam eden tüm çalışmaların bir envanteri çıkarılmalı, hizmetler sınıflandırılmalı, benzer çalışmalar kümelenme oluşumu ile birbirini destekleyici ve tamamlayıcı noktaya taşınmalıdır.
- Çevre ve tarımda bilişim kullanımı konusunda tecrübesi olan uzmanlardan karşılaştıkları teknolojik zorluklar öğrenilmelidir. Özellikle hücresel şebeke üzerinden kullanılan iletişim servislerindeki kısıtlar, zorluklar hakkında bilgi toplanmalıdır.

- 5G ve ötesinde ulaşılabilecek şebeke kabiliyetleri, mevcut şebekelere göre üstünlükleri ile ilgili farkındalık artırıcı toplantı ve seminerler düzenlenmeli, sektör paydaşlarının ileri dönük fikirler edinmeleri sağlanmalıdır. Yaratıcı yeni fikirlerin günyüzüne çıkması için ödüllü proje önerisi yarışmaları düzenlenmelidir.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Tarım ve Orman Bakanlığı temsilcileri, konuyla ilgili akademisyenler ve konu uzmanları ile ortak bir platform oluşturulmalı, geleceğin şebekeleri ile yapılabilecek projelerin ulusal strateji planlarına girmesi sağlanmalıdır. Diğer taraftan Bakanlıklarımızın operasyon yönetimi takımı kurması ve bir operasyon merkezi içerisinde görevlendirmesi sistemlerden en yüksek verimin alınmasını sağlayacaktır.
- Güçlü devlet politikaları oluşturulmalı ve endüstrinin takibi sağlanmalıdır. Öncelik su tüketimini akıllılaştırmak olmalı, ulusal su stratejisi oluşturulmalıdır.
- Tarım ve hayvancılıkla ilgili verilerin toplandığı ortak veri merkezleri kurulmalı ve ortak erişime açık hale getirilmelidir. Ayrıca bu verilerin görselleştirilebileceği, işlenebileceği ve analiz edilebileceği hibrit bulut mimari yapıları kullanılarak kamu ve özel tarafların erişim seviyeleri farklılaştırılmalıdır.
- Tarımda kamu tarafı kendisi gözlem ağını kurmalı ve işletmeli, standardı belirli olmayan ve verileri yurtdışına gönderen gözlem sistemlerinin kurulumunu da denetlemelidir. Gözlem ağlarının kalibrasyonu izlenmelidir verilerin toplulaşma noktası Türkiye içerisinde kalmalıdır. Bunların referans bir gözlem ağı dâhilinde coğrafi koordinatlı veri ve hesaplama modellerine dayalı bilgiye dönüştürülebilmesi ve sunulması için hizmet kalite seviyesi yönetimi yapılabilen bir operasyon merkezi işletim ihtiyacı bulunmaktadır. Bu tür bir operasyon merkezinde veri ve bilgi sunum servis standartları oluşturulursa özel sektörde mobil uygulamalar ve belediyeler de 5G, otonom araçlar ve görüntüleme sistemleri konusunda da hizmetleri bireylere ulaştırma imkanı bulunmaktadır.
- Kamu kurumlarında kadro değişimi ve benzeri sebeplerle bu konulardaki gelişim ve ulusal stratejiye ilişkin bilgi ve tecrübelerin sürdürülebilirliği önemli zorluklardan biridir. Planlanmış ve çeşitli aşamalarda yarım kalmış bazı kamusal yatırımların, görevlendirilecek bir kurumun koordinasyonu ile verimli şekilde dikey sektör entegrasyonuna dayalı hizmetlere dönüştürülmesi, bunun devamı olarak bilişim ve iletişim sektörünün ortak hizmet platformları ile entegrasyonu sağlanarak uluslararası alanda da rekabet edecekleri ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi mümkündür.

- Algılayıcı ihtiyaçlarımıza yönelik problemlere yer verilmesi ve bu alanda yeni çalışmaların başlatılması önemlidir. Yerli algılayıcıların geliştirilmesi hem gereksinime direkt cevap verebilmesi hem de daha uygun maliyetli olması bakımından önemlidir. Bu konu üniversitelerimizi ilgili bölümleri ile yakın ilişki içerisinde projelendirilmelidir. Büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta kullanılacak algılayıcılar için elektronik ve biyomedikal mühendisliğin yetkinlikleri ve veteriner hekim uzmanlıkları birlikte kullanılmalıdır. Toprak, hava, su için ortaya çıkacak algılayıcı ihtiyaçları için meteoroloji, zooloji, botanik bilim uzmanları ile mühendislik gücü birleştirilerek, özgün, uygun maliyetli, rekabetçi, yüksek performanslı algılayıcılar geliştirilmelidir.
- Amaç yerli teknoloji üretmek olmalıdır. Tarım ve çevre uygulamaları için bağlanabilirlik seviyesi diğer dikey sektörler göre, örneğin sağlık veya ulaşım sektörlerine göre daha düşüktür. Tarım ve çevre uygulamalarında gecikme toleransı daha yüksektir. Tarım ve çevre uygulamalarında 5G açısından en önemli nokta uygulama alanı ile orantılı olarak çok fazla cihaz kullanılması olacaktır. Cihaz sayısı artacağı için geniş bant aralığı gereklidir. Yine uygulama alanı ile orantılı olarak bu sayede mevcut üretim 2,8 katına çıkarılırsa diğer hizmet gruplarından çok daha fazla ekonomiye katkı sağlanmış olacaktır. Bu amaçla önceliğin akıllı su tüketimine verilmesi gerektiği görülmektedir. Ulusal su stratejisi oluşturulmalı ve bu strateji tarlada üretimden tüketime kadarlık tüm dönemleri kapsamalıdır.
- Gerçekleştirilen toplantılarda bir diğer önemli konunun, ayrı çalışma grupları tarafından bağımsız uygulamalar yapılarak bu uygulamaların ve elde edilen verilerin entegrasyonunun yapılamaması olduğu anlaşılmıştır. Uygulamalar için ayrı ayrı servisler olması, ayrı ayrı yapay zeka, bulut servisleri kurulması, ağların işletilmesi fizibiliteyi azaltmaktadır. Ortak platformların oluşturulması gerekmektedir. Bu platformların yönetimini (veri-bilgi-süreç yönetimi) gerçekleştirmek üzere Tarım ve Orman Bakanlığı tarafında operasyon merkezleri kurulmalıdır. Bankacılık, telekom sektörlerindeki gibi operasyon merkezi mantığı oluşturulmalıdır. Temel olarak, bir tanesi veriyi toplayan ve derleyen modeli yapan ve gerçek zamanlı işleri yapan biraz daha akademik kökenli olarak bunları sunan bir merkez, diğeri ise idari kayıtlar dahil olmak üzere tüm tarımsal iş süreçlerinin servislerini sunan bir merkez olmak üzere iki tane operasyon merkezi ihtiyacından bahsedilebilir. Bakanlığının kendi iç uygulamaları da bunlar üzerinde çalışmalı. Özel sektörün uygulamaları da plug-in'ler ile bunlara bağlanıp çalışmalıdır. Operasyon merkezi üzerinde hem kamu hem özel

sektör uygulamalarının ortak platform üzerinden çalıştırılması sağlanmalıdır. Örneğin Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hava kalitesi izleme uygulaması da bu platforma entegre olmalıdır. Bu ortak yapı sayesinde büyük veri ihtiyacı karşılanmış olacaktır. Böylece daha etkin modellemeler ve tahminlemeler yapılabilecektir.

- Hâlihazırda Tarbil uygulaması sistemi kurulmuş durumdadır. Bunun üzerine bahsedilmiş olan geliştirmelerin ve entegrasyonların yapılması gerekmektedir. Projenin devam ettirilmesi takip edilmeli ve projenin sağladığı altyapı operasyon merkezleri ile desteklenmelidir. Bu platformların kullanıcılara yansıtıldığı mobil uygulamalar geliştirilmelidir.
- Topraksız tarım uygulamaları (minimum su ve enerji ile geliştirilecek sera sistemleri, rutubet, ısı ayarları çok önemli) gerçekleştirilmelidir. Yeraltı sularının ve deniz sularının takibi yapılmalıdır. İhtiyaç duyulan sensörler kameralar, tetikleyiciler (sera kapaklarını aç/kapa, motoru aç/kapa), gece görüş kameraları ve akıllı ağ geçitleri yerli olarak tasarlanmalı ve geliştirilmelidir.
- Tarımsal üretim konusunda, gerek kablosuz sensör ağları gerek normal kameralar ve multispektral kamera görüntüleri, tüm veriler doğru toplanmalı ve anlamlandırılmalıdır. Anlamlı veriler yapay zeka sistemlerinde eğitilerek sağlam birer veri seti oluşturulabilir ve yeteri kadar veri öğrenen sistemler yanılmadan raporlama sağlayabilir. Bu konuda şu anda ülkemizde Tarsens firması, dünyanın en büyük yapay zekâ hızlandırıcısı, Nvidia ile çalışmaktadır.
- Mevcut veri tabanlarının entegre edilmesine öncelik verilmelidir.

4.7. Medya ve Eğlence

4.7.1. Mevcut durum ve pazar

5G ile gündeme gelecek veri kullanımındaki değişiklikleri takip edebilmek için 4.5G'nin veri kullanımında meydana gelen değişiklikleri incelemek gerekmektedir. 3G'den 4G'ye geçişle birlikte ev bilgisayarlarına içerik indirme kültüründen mobil telefonlarla "akış (streaming)" yayımları izlenmesi geçişine tanık olunmuştur.

4G, kullanıcılara mobil cihazlarında müzik ve video gibi akış uygulamaları için yeterli hızı ve bant genişliğini mümkün kılmıştı. 4.5G, mobil cihazlarda kaliteli müzik dinleme ve video seyretme keyfine varmak için gerekli olan hızı sağlamıştır.

Medya ve eğence sektöründe yeni cihaz, teknoloji ve hizmetlerle birlikte kullanıcı alışkanlık ve beklentileri oldukça değişmektedir. HD videolar şimdiden standart olmakla birlikte bant genişliğini artıracak 4K/8K yayınlar ise kullanıcılara buluşmaya başlamıştır.

2015 yılına ait BTK raporlarına göre, Türkiye’de ortalama aylık veri kullanım oranının 1,5 GB olduğu görülmektedir. 2017 yılına gelindiğinde Türkiye’de mobil abonenin aylık ortalama veri kullanım miktarının 3,5 GB’a yükselmiştir.

5G ile 2020 ve otesinin taleplerinin karşılanması beklenmektedir. Bunlar tamamen mobil ve birbiriyle bağlantılı bir ereve oluşmaktadır. Bunun da temelinde, çok büyük sayılarda eş zamanlı bağlantı sağlayabilen ve hızla artan veri ihtiyacı için gerekli bir teknoloji ile birlikte bu teknolojinin yararlanabileceği kullanım alanları ve iş modelleri olacaktır.

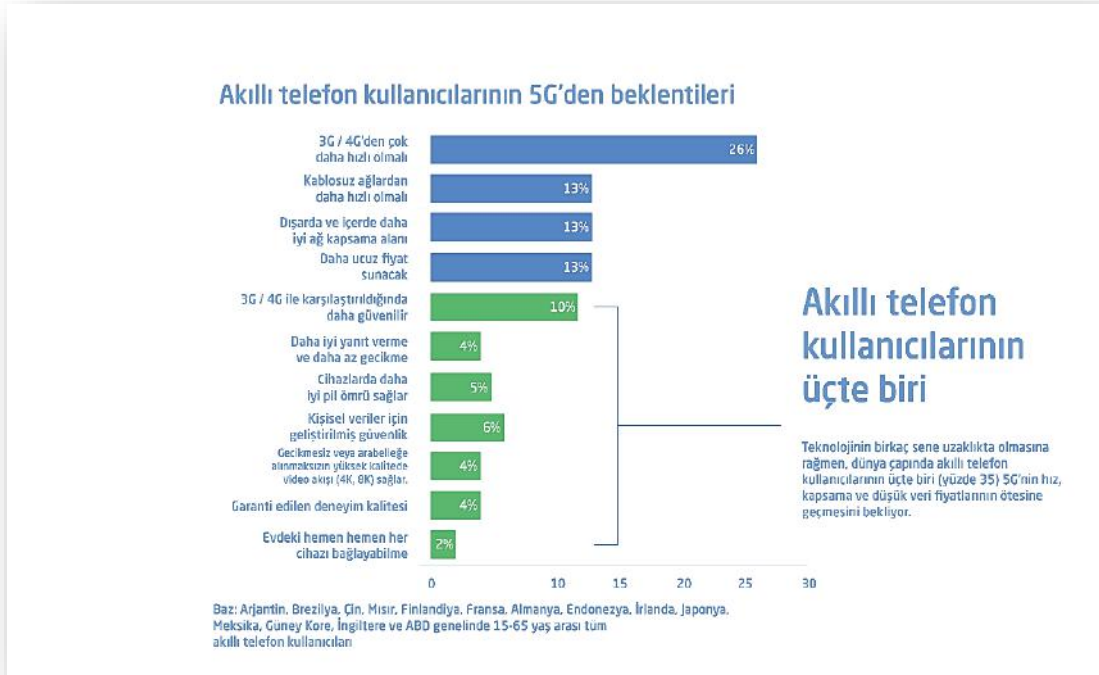
Bu zamana kadar veri artışlarında ilk sıralarda, medya ve eğence sektörleri, özellikle de mobil cihazlarda video tüketimi olmuştur. Bu trendin 5G ile birlikte devam edeceği ve özellikle son kullanıcıyı ilgilendiren 5G yeniliklerinin daha çok medya ve eğence sektörü ile ilgili olacağını söylemek çok zor olmayacaktır.

Fakat medya ve eğence sektörleri yıllardır büyük dönüşümlerden geçmektedir. On sene önce olmayan hizmet ve uygulamaların yaygın bir şekilde kullanıldığı medya ve eğence sektörünün 5G ve otesinin getireceği yeni ürün ve teknolojilerden nasıl faydalanacağını tahmin etmekte güçlük çekilmektedir. Ayrıca pazara giriş imkânları diğer sektörlere göre daha kolay olduğundan yeni fikirler ile startup’ların daha kolay var olabilecekleri bir sektör olacaktır.

5G, medya ve eğence dikey sektörüne gelecek yıllarda; yaratıcı içerikler, katma değer zinciri, tüketiciler ve tüketiciler cihazlarına yansımalarında değişikliklere sebep olacaktır. Buna rnek olarak; Ocak 2018 ‘de Ericsson firması tarafından yapılan 5G’den beklentiler ile ilgili

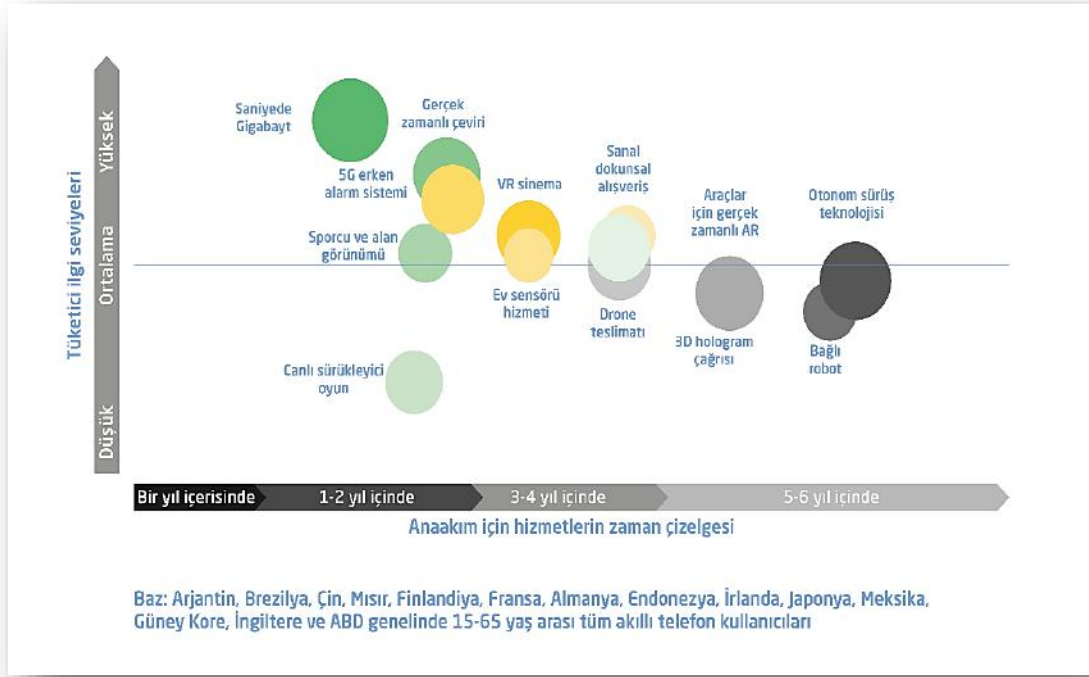
bir araştırmada (Ericsson, 2018), akıllı telefon kullanıcılarının %35'i, henüz 5G şebekeleri devreye girmeden hız, kapsama alanında iyileşme ve birim veri başına düşük fiyattan öte içerik ve hizmetler beklediğini ortaya koymuştur. 5G'den beklentiler, şekil 4-12'de yer almaktadır.

şekil 4-12 5G'den Beklentiler



Aynı araştırmada, "5G şebekelerinden ne bekliyorsunuz?" sorusuna katılımcıların büyük bir çoğunluğu, 5G'nin ana hizmetlerinin ilk birkaç yıldan sonra yaygınlaşmasını beklediğini gösteriyor. 5G'nin yaygınlaşması ile ilgili beklentilere şekil 4-13'de yer verilmektedir.

Şekil 4-13 5G'nin Yaygınlaşması ile İlgili Beklentiler



4.7.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

4.7.2.1. Yaratıcı içerikler

5G, teknik altyapısındaki iletim hızı/kalitesi ve güvenilirlik anlamında öngörülen kayda değer iyileştirmelerle birlikte yaratıcı içeriğin büyümesine ve veri tüketiminin artmasına neden olacaktır.

4G şebekesinin geç yükleme sorunlarından dolayı kullanıcı, çözümü kesintisiz bir yayın akışı için video kalitesini azaltmakta aramıştı. 5G ile birlikte, HD videolar hızlı ve güvenilir bir şekilde izlenebilecek ve yayın kalitesiyle kesintisiz yayın akışı arasında seçim yapmak zorunda kalınmayacaktır. Ayrıca iletim hızının, 4G'nin 100 katına çıkması beklenmektedir. Bu HD bir film, 4G şebekesinde 6 dakikada indirilebilirken 5G ile saniyeler mertebesine düşmesi demektir.

Son kullanıcıların veri ürettiği bir dünyada video ve fotoğraf yükleme hızları da iyileşecek ve böylece sosyal medya içerikleri çok artacaktır.

5G, neredeyse sıfır gecikme ile akış yayınıyla izleyiciyi buluşturacaktır. Bu da, spor ve konser gibi canlı yayınlarda yeni bir çağ başlatacak demektir.

Hız, kalite ve güvenilirlikte yaşanacak büyük ilerleme sayesinde medya kullanımı (veri tüketimi), sanal gerçeklik ile desteklenmiş spor kanalları ve çoklu-oyunculu mobil uygulamalar gibi yaratıcı içerikler ile birlikte artacağı öngörülmektedir.

5G'nin mobil şebekelerin ötesinde kullanım alanları olacaktır. Uzun vadeli hedefte Karasal Sayısal TV Yayıncılığının da yerini alabilecek potansiyeli bulunmaktadır. Televizyon yayıncılığının alternatifleri spor yayını, konser, miting ve festival gibi etkinliklerde zengin içerik olanaklarını daha geniş kitlelere ulaştırabilecektir. Günümüzde kalabalık etkinliklerde görüntü kaydı için drone'lar kullanılmak ile birlikte mevcut haberleşme teknolojileri drone'ların görüntüyü kaliteli bir biçimde canlı yayın için aktarmasını sağlayamamaktadır. 5G ile birlikte ise drone görüntülerinin canlı olarak geniş kitlelerce izlenebilmesi mümkün olacaktır.

4.7.2.2. Katma değer zinciri

5G, mevcut iş modellerinin yanı sıra farklı modelleri de beraberinde getirecektir. İşletmeciler, dikey sektörleri desteklerken onların mobil ortamda işlevselliğine daha fazla katkı sunabilecektir. Böylece sektörler, maliyetlerini kontrol edebilirken hizmet kalitesi ve çeşitliliğini arttırıp gelir sağlayıcı yeni hizmetler sunabileceği modeller geliştirebilecektir.

5G ile işletmeciler ve Facebook, Amazon, Google gibi teknoloji firmalarının yakın iş birliklerine şahit olacağız.

Alternatif medya kanalları, canlı yayın akışı (live streaming), talepli yayın akışı (on-demand streaming) gibi hizmetlerin de geniş kitleler tarafından kullanılması beklenmektedir. Özellikle talepli yayın akışında alternatif medya platformlarının Youtube ve Spotify gibi yaygın markalardan kendilerini farklılaştırarak pazar payı kazanmaları muhtemel olacaktır.

4.7.2.3. Tüketici eğilimleri

Günümüzde kullanıcılar artık bir linke tıkladıktan hemen sonra o linkin anında çalışmasını beklemektedir. Bu bağlamda bir HD videoyu ya da oyunu indirmek 5G ve ötesi teknolojiler ile saniyeler seviyesine inecektir.

Müzik ve video için HD kalitesinde akışlar artık standart kabul ediliyorken 4K/8K seviyelerine akışlar ise ufukta görünmektedir. Son kullanıcılar, yüksek kaliteli videolarını, mobil cihazları vasıtası ile sosyal medya platformlarına yüklemeye başlamıştır. Bu da sadece indirme değil yüklemeye de yüksek bant genişliği ihtiyacı doğuracaktır.

Şebeke hızları arttıkça veri depolama teknikleri de bundan etkilenecektir. Standart veri depolama ortamlarının kapasitesi; yüksek boyutlu dosya/program, yüksek kaliteli filmlerin indirilmesi vb. için gerekli ihtiyaçları karşılamaya yetmeyecektir. Son yıllarda artan bulut tabanlı saklama ortamları bu ihtiyacı karşılamaya uygun görünmektedir. Kullanıcılar, 5G ile internet üzerinden verilerini bulut ortamlarına yükleyerek cihazlarındaki kapasite sıkıntısını ortadan kaldıracaktır.

İçeriğin kullanıcılar tarafından geliştirildiği (user-generated content) Youtube ve Twitter gibi sosyal medya platformların ve içerik geliştiren kullanıcıların sayılarının artması ile birlikte medya platformlarda sunulan içeriklerin, kullanıcının bilinçli veya bilinçsiz tercihlerine göre önceliklendirilerek gösterilmesi de yüksek miktarda verinin hızlı bir şekilde iletilmesi ve işlenmesi ihtiyacını doğuracaktır.

3G ve 4G teknolojileri ile zaten yayılmaya başlayan mobil medya tüketiminin 5G ile birlikte sabit medya tüketimini geçmesi beklenmektedir. Özellikle otonom sürüş teknolojilerinin yayılması ile birlikte trafikte geçirilen zamanda, alışveriş ve eğlence tüketiminin artacağı öngörülmektedir. Araç içi eğlence sistemleri hem şehir içi hem de şehirlerarası ulaşımında işletmecilerin karşılaması gereken önemli bir veri talebi ve önemli bir pazar haline gelecektir.

4.7.2.4. Cihaz yansımaları

Tüketici tarafından bakıldığında, mobil/cep telefonların artık insan hayatının önemli bir parçası olduğunu rahatlıkla söylenilebilir. İnsanlar artık sadece kapsama alanı altında olmayı

yeterli bulmamaktadır. Daha yüksek hız ve sağlam/güvenilir bağlantılar istemekte ve bunu her an her yerde beklemektedir.

4G'de aynı 3G'deki gibi cihaz çeşitlenmesi akıllı telefon ve tablet üzerine yoğunlaşmaktadır. Fakat 5G ile medya ve eğlence için internet bağlantılı cihazlarda çeşitlenmeler daha çok olacaktır. 5G'nin hem yükleme hem de indirme yönünde getireceği kapasiteler, daha uzun süre cihaz kullanımı kaynaklı daha uzun pil ömrü, zengin görüntü içeriğinin cihaz tarafından karşılanması için yapılan iyileştirmeler, mevcut cihazlara yansımaya başladığı gibi yeni cihazların da doğmasına sebep olacaktır.

Günümüzde akıllı telefonlar genel olarak dokunmatik ekranlarıyla etkileşimi sağlarken gelecekte daha farklı ara yüzlerle etkileşim olacaktır (dokunsal, görsel, ses). Sadece tüketen değil içerik üreten cihazlarda da çeşitlilik artacaktır. Çevrimiçi oyunların kolaylaşması ile bu alanda kullanılan cihazlar da konsollar ile sınırlı kalmayacaktır.

Sanal gerçeklik (VR) ve güçlendirilmiş gerçeklik (AR) teknolojilerinin ve cihazlarının yaygınlaşması da 5G ile daha da hızlanacaktır.

Mobil internet kullanıcılarının hız beklentileri, yeni nesil içeriklerle daha da artmış ve 4.5G'nin ülkemizde kullanılmaya başlanması beklentileri günümüz koşulları için karşılamıştır. Ancak yeni nesil içerikleri halen gelişmeye ve değişmeye devam etmektedir. Özellikle aynı anda çok sayıda kullanıcının gerçek zamanlı içeriğe ulaşma, bu içerikle sürekli etkileşim halinde olma, daha gerçekçi dolayısıyla daha büyük veriye herhangi bir gecikmeye maruz kalmadan erişim talebi, 5G teknolojilerini beraberinde getirmektedir.

Medya tüketimi ve üretimi söz konusu olduğunda kullanıcı alışkanlıkları ve beklentileri değişmektedir. Gerçek zamanlı görüntüleme için yerel ön bellekle desteklenmeyen sabit bir ekranda doğrusal TV çok önemli bir unsur olmaya devam ederken, medya ve eğlence genel kullanıcı deneyimi hızla genişlemekte ve derinleşmektedir. Bu, hizmet türleri (doğrusal medya, isteğe bağlı içerik, kullanıcı ve yarı profesyonelce üretilen içerik, oyunlar vb.), tüketim koşulları (hareket halindeyken, evde vs.) ve kullanıcı cihazlarının (TV setleri, akıllı telefonlar, tabletler, giyilebilir cihazlar, saatler ve sanal gerçeklik cihazları) değişim ve gelişimini

beraberinde getirmektedir. Veri hizmetleri, veri oranları, eş zamanlı kullanıcı sayısı ve/veya daha yüksek QoS gereksinimleri açısından artan taleple karşı karşıya kalmaktadır.

4.7.3. Teknolojiler

Yeni servislerin sunulması, sadece 5G'nin getireceği yüksek hız ve düşük gecikmeyle sağlanmayacaktır. Büyük veri, bulut bilişim, siber güvenlik ve lokasyon bazlı teknolojiler de kullanılacaktır.

Son kullanıcı cihazları yüksek kaliteli video, mobil ödeme, kimlik tanımlama, bulut tabanlı oyun, mobil TV, sosyal medya uygulamaları, ev gereçleri ve pek çok farklı alanda yetenek ve kapasitelerini geliştirecektir.

4.7.3.1. Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik (AR/VR)

Türkiye'de prodüksiyon değeri yüksek bir oyun henüz tasarlanmamıştır. Küresel sektörün ihtiyaçlarını dikkate alan yerli firmalar, mobil platformlara yönelerek hem belli oranda bir başarı kazanmışlar hem de gereken tecrübeyi elde etmişlerdir. Tüm dünyada sektörün, yakın zamandaki en büyük ihtiyacının sanal gerçeklik (VR) teknolojileriyle üretilen oyunlar olacağı öngörülmektedir. VR teknolojisinin tüm dünyada daha başlangıç aşamasında olduğu düşünülürse, yerli geliştiricilerin bu alanda yapacağı oyunlar ve atacağı adımlar, Türk oyun sektörünün ilerleyen yıllardaki başarısını şekillendirecektir

İşletmeci ve kuruluşların yaratacağı değer zinciri için 5G tabanlı hizmetlerin API'lar vasıtasıyla entegrasyonu kolaylıkla yapılabilecektir. API, müşteri için hizmeti özelleştirilmiş olup esnek bir şekilde sunmayı vaat ederken bunu piyasaya sürülme süresini (Time to Market - TTM) kısaltacaktır.

Artırılmış gerçeklik (AR) kullanıcıların gerçek ortam görüşlerini, yarı saydam ekranlar aracılığıyla geliştirerek derinleştirilmiş bir algı sağlamaktadır.

Günümüzde gerçeklik uygulamaların büyük çoğunluğu kullanıcıların taktıkları gözlük benzeri özel AR cihazlarıyla yapılmaktadır. Bunun dışında akıllı telefonlar ve tabletler gibi

mobil cihazların kullanımının ilerleyen yıllarda hızla artması beklenmektedir. VR ise artırılmış gerçekliğe kıyasla kullanıcılara daha derin ve kapsamlı bir gerçeklik deneyimi sunmaktadır. AR uygulamalarında kullanıcıların gerçek görüntü ortamına dijital görüntüler ve grafikler ekleyerek etkileşim içerisinde bulunabildikleri yeni bir katman oluşturulurken VR uygulamalarında ise tamamen bilgisayar ortamında üretilen ve işlenen görüntüler sanal bir ortamda sunulmaktadır.

AR/VR uygulamaları mevcut ve 360° videolar gibi yeni gelişen video türlerinin kullanımıyla birlikte çok daha yüksek bant genişliğine ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde, 4.5G ile 360° videolar 4K çözünürlüğünde ve 30 fps çerçeve hızı ile sağlanabilirken 5G ile bu video deneyimi, 8K çözünürlükte ve 90 fps çerçeve hızı ile kullanıcılara sunulabilecektir. Dolayısıyla, 5G ağları AR/VR ile gerçek zamanlı medya yayınlamak için de mecburi bir ihtiyaç olarak görülmektedir.

4.7.3.2. Dağıtık işlemler

Dağıtık işlemler, 5G çağında hız, gecikme, ölçeklenebilirlik ve bant genişliği ihtiyaçları için fayda sağlamaya yarayabilecektir. İçerik dağıtımını, son kullanıcıyla içerik sağlayıcı arasında sadece IP bağlantısının sağlanmasından fazlasını gerektirecektir. Bant genişliği ve gecikmeyi kontrol altında tutacak değişik teknolojiler kullanarak son kullanıcıya yeterli kalitede bir deneyim sunmayı garanti etmek zorunda olacaktır. Bunun için de, içerikle son kullanıcıyı birbirine mümkün olduğunca yakın tutmak önemli fayda sağlayacaktır. Altyapı hizmetleri (özellikle IT altyapısı anlamında) şebekenin en ucunda konumlandırılarak ve bu altyapıyı bulut çözümlerle de birleştirerek çok düşük gecikmeler ve yüksek hızlar sağlanabilecektir. Böylece büyük verilerin işlenmesi ve gerçek zamanlı içerik/uygulamalar için kritik olan zamanı verimli kullanabilecek uygulama alanı bulabilecektir. Bu teknolojiyle güvenilirlik, gizlilik artarken özellikle şebeke operatörleri açısından önemli bir maliyet düşürücü etkisi olabilecektir.

4.7.3.3. Mobil bulut bilişim

Yüksek bant genişlikleri, veri depolama teknolojilerinde de değişime neden olacaktır. Günümüzde geleneksel yerel saklama cihazları, üstel olarak artan veri saklama ihtiyaçlarını

karşılayamayacak, örneğin HD videolar veya büyük boyutlu programları indirmek içindir. Son yıllarda, bulut saklama çözümleri esneklik, kullanılabilirlik ve kullandığın kadar öde gibi yöntemlerle çok popüler olmuştur. Kullanıcılar, verilerini bulutta saklayarak yerel cihazlarında yer açabilmişlerdir. 5G şebekeleriyle birlikte bulut saklama hizmetlerinin, kaçınılmaz olarak ana veri depolama yeri olacağı öngörülmektedir.

4.7.3.4. Büyük veri

Mobil cihazlar ve şebekeler tarafından üretilen verinin büyüklüğü, bu verinin işlenmesi, anlamlandırılması için analitik uygulamalarını da pekiştirecektir.

Son iki teknolojiye ilerlemenin 5G'ye getireceklerinin, esneklik ve veri yönetiminde verimlilik artışı olarak ortaya çıkması beklenebilir.

4.7.4. Örnek uygulamalar

5G'nin, 2020'lerde Medya ve Eğlence ailesinin aşağıda yer verilen en az beş faktörünün gerçekleşmesini, 4G'den çok daha iyi bir kullanıcı deneyimi ile mümkün kılabilmesi beklenmektedir (5G PPP, 2016).

Yüksek Güvenilirlikli Ortam: Yüksek güvenilirlik sağlamak için 5G, farklı iletim ve şebeke yönetim teknoloji ve stratejileri kullanarak kaliteli kullanıcı deneyimini garantileyecektir.

Yerinde Canlı Etkinlik Deneyimi: Çok sayıda kullanıcının eş zamanlı bağlantı kurduğu örneğin stadyum, konser salonu gibi lokasyonlarda katma değerli hizmetler sunmak-tekrar oynatma, farklı kameralardan birisini seçme, dil seçimi yapma, AR ile ek bilgilere erişmek gibi işlevleri olacaktır.

Kullanıcı ve Cihazlar Tarafından Oluşturulan İçeriklerin Karşılabilmesi: Değişik cihazlardan üretilen içeriğin yüksek yükleme hızlarıyla buluta yüklenmesi ve böylece iyi bir kullanıcı deneyimi sağlamasıdır.

Sürükleyici Medya İçerikleri: 5G teknolojisi destekli cihazlarla birlikte içerikler, artık daha interaktif ve yaratıcı olacaktır. Ortama yönelik içerikler, artık 2 boyuttan çıkıp holografik

görüntüler ve sanal gerçeklikle 3 boyutlu olarak sunulacaktır. Günümüzde video konferans cihazlarıyla yapılan toplantılardan çok daha fazla gerçekçi toplantılar yapılacaktır.

Ortak İçerik Üretimi ve İnteraktif Oyunlar: 5G destekli cihazlarla üretilen içerikler, lokasyon bilgisi gibi ek verilerle birlikte hemen paylaşılacaktır. Değişik lokasyonlardaki farklı kullanıcılar da bu verileri eş zamanlı olarak işleyerek farklı amaçlarla kullanabilecektir; örneğin ikinci bir ekran yapılabilecek veya interaktif oyun amaçlı kullanabilecektir

5G tek yönlü yayın, çok noktaya yayın ve her yöne yayın dâhil olmak üzere farklı ağ teknolojilerini ve tüm medya ve eğlence kullanım gereksinimlerini karşılamak için gerekli olabilecek yetenekleri (ör. ön bellekleme) sorunsuz bir şekilde bütünleştirecektir.

Çok kısa bir zaman içinde her yerde mesaj, ses ve video paylaşmak ve almak çok yaygınlaşacak, özellikle de bu, bir futbol maçındaki gol gibi olay yaşandığı anda olacaktır. Kullanıcılar, lokasyona uygun içerikleri (haber, olay, bilgi vb.) anında alabileceklerdir. Bu tür hizmetler, hücre bazlı (1-20 km alanda) olabileceği gibi daha büyük alanları da içerebilecektir (stadyumlar, festival/duar alanları vb). Bir trafik kazası, hırsızlık gibi olay bildirimleri yerel yetkililer tarafından bu tür hizmetlerle duyurulabilecektir (1-100 km alanlar).

Yeni nesil eğlence servislerini sunmak için temel gereksinimlerden bazıları veri hızı, mobilite, uçtan uca gecikme, kapsama ve güvenlik olarak gösterilebilir. Bu durum, QoS garantileme ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Özellikle artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamaları için uçtan uca 7ms'ye kadar gecikme sınırı söz konusu olmaktadır. Çok düşük gecikme ihtiyaçları ise veri işleme süreçlerinin uzak bir lokasyondan ziyade kullanıcıya daha yakın ortamlarda yapılma ihtiyacını doğurmaktadır.

e-Spor endüstrisinin önemli bir problemi olan gecikme, 5G'nin gelişiyle birlikte oyun sektörü için engel olmaktan çıkacaktır. 5G, milisaniyeler seviyesinde bir gecikme ve temiz bir bağlantı vaat etmektedir.

Türkiye, Orta ve Doğu Avrupa'da, Rusya'dan sonra ikinci en büyük video oyunu pazarıdır. Ülkenin kalabalık, genç ve dijital araçları yoğun bir şekilde kullanan nüfusunun video

oyunlarına ilgisi oldukça yüksektir. Türkiye'de akıllı telefonların pazara girişinin son yıllarda hızla artmasının öncelikli sebeplerinden biri de oyun piyasası olmasıdır.

Dünyanın her yerinde oyuncular, yapay zekâ gibi yeni teknolojileri en erken deneyimleyen, çevrimiçi oyunlarda düşük gecikme süreleri gibi konuları en erken talep eden bir konumda olmuşlardır. Oyun sektöründe çevrimiçi gerçek zamanlı oynanan oyunlar şu ana kadar daha çok güçlü sabit internet bağlantıları üzerinden oynanan oyunlar olurken, mobil cihazlardan oynanan oyunlar ise daha çok iki kişi arasında sıra tabanlı (turn-based) olarak oynanan tavlâ gibi oyunlar olarak kalmışlardır. 5G ve Ötesinde geniş çaplı grafik ve veri tüketimi içeren ve ikiden fazla tarafın oynadığı oyunların mobil cihazlar için de geliştirilmeye başlanacağı öngörülebilir. Yine benzer bir şekilde oyuncuların sabit internette talep ettikleri hizmet kalitesi seviyelerini mobil haberleşmede de talep etmeleri muhtemel olacaktır.

Video oyunları dünyasında yüksek işlem gücü için blok zinciri teknolojisiyle, kullanım oranı düşük olan bilgisayarların atıl kapasiteleri kullanılabilir olacaktır.

PokemonGO gibi mobil cihaz üzerinden gerçek dünyada artırılmış gerçeklik ile oynanan oyunların sayısı artabilir. Uygulamaları ayrı cihazlar üzerinden yeni bir niş pazar olarak tanımlanabileceği gibi mobil cihazlarla yakınsaması da olasılıklar dâhilindedir. Mobil işletmecilerin bu noktayı yeni ticari model olarak görmeleri ve artırılmış gerçekliğe eğilimleri gün geçtikçe son kullanıcılara/abonelere kendisini daha çok hissettirecektir

AR ve VR uygulamaları, şu ana kadar kablo ile sabit bir istasyona bağlı cihazlar üzerinden verilmiştir. Bu nedenle, oyun ve fuar sektörü gibi küçük sektörlerde niş bir ürün olarak kalmışlardır. 5G ile birlikte, AR/VR cihazlarının kablo bağımlılığından kurtulması ile kullanım alanlarının çeşitleneceği ve talebin artacağı öngörülmektedir. AR/VR cihazlarının oyun, eğlence, canlı veya talepli (on-demand) içerik tüketimi, yetişkin içeriği gibi pek çok muhtemel kullanım alanı ortaya çıkacaktır.

5G şebekeleri üzerinden uygun maliyetli AR ve VR çözümleri sağlanabilirse özellikle de eğitim, eğlence (spor, müzik) ve endüstri sektörlerinde eşi benzeri görülmemiş bir ilgi yaşanacaktır. VR ile kıtalar arası spor oyunları, 3D müsabakalar sanki stadyumda gibi deneyimlenebilecektir.

3D videolar, günümüzde çok yüksek bağlantı hızı gerektirdiği için çok fazla talep görmemiştir. Ancak 5G ile hayatımızın bir parçası haline gelmesi beklenmektedir. Örneğin; gitmek istenilen yeri öncesinde 360 derece gezme imkânı bulabilecektir.

5G ile birlikte konser gibi etkinliklerin sanal gerçeklik gözlükleri ile orkestranın içindeymiş gibi yaşatacak deneyim mümkün olacaktır.

Gerçekte bulunulan ortam unutulup, hayal edilen ortamlarda, hayal edilen duyguların yaşayabilmesi eğlence sektöründe girişimcilere yeni kapılar açabilecektir (kokpitte bir pilot olarak sanal ortamda uçmak gibi). VR'nin oyun endüstrisinde daha yaygın kullanım imkânı elde etmesi ise oyun deneyimine yeni bir boyut kazandıracaktır.

4.7.5. Öneriler

Medya ve eğlence, veri tüketiminde önde gelen bir sektördür. Günümüzde gittikçe artan talebi karşılayabilmek için mobil işletmecilerin, tüketicinin ihtiyaç duyduğu yüksek kapasiteye yönelik yatırımlar planlaması gerekebilecektir.

Kullanıcılar, artan veri tüketimleri için daha yüksek ücret ödemeye hazır değildir. Bu da, artan veri kullanımı karşısında birim veri başına aşırı olmayacak maliyetler ile bu ihtiyacın karşılanabilmesi anlamına gelmektedir.

Medya ve eğlence sektöründe yeni cihazlar kullanılmaya başlanacaktır. Bu cihazların, örneğin AR/VR cihazları, hem taşınabilir hem kullanışlı hem de gösterişli hale getirilmesi gerekmektedir.

Özetlemek gerekirse, medya ve eğlence sektörü için 5G, kullanıcı/toplumun talep ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek kullanım alanları ile birlikte bir katalizör görevi görecektir. Ek olarak 5G, bugünden öngöremediğimiz yeni kullanım alanlarını tetiklemesi beklenmektedir. Bu kapsamda ihtiyaçlara hızlıca adapte olacak şekilde ölçeklenmesi beklenebilir.

4.8. Eğitim

4.8.1. Mevcut durum ve Pazar

5G'nin, her zaman her yerde veriye sınırsız erişim olanağı sağlayacağı düşünülen 'Ağ Toplumu' ortamını oluşturacağı öngörülmektedir. 5G'nin ayrıca iletişimdeki gecikme, konumsal doğruluk, güvenilirlik ve kolay kullanılabilirlik ile geleceğe yönelik uygulamalar için 'esnek' ve 'sınırsız' bir ortam sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, IoT için önemli bir etkinleştirici rolü ile 5G'nin, birçok cihazın bağlanması, Akıllı Nesnelerin İnterneti (Internet of Intelligent Things-IoIT) biçimine de dönüşeceği öngörülmektedir.

Etkileşimli iletişimin (Interactive Communication) internet üzerinden aktarılmasında 5G'nin sağlayacağı olanaklar ile günümüz içerik tabanlı kablosuz iletişimin yönlendirmesi ve denetimi ile ağ üzerinden 'dokunsal iletişim' kurabilmeye olanak sağlayacaktır. Bununla birlikte güvenlik ve gizlilik, kullanıcıların verilerini yönetmelerine, internet üzerindeki etkilerini ayarlamalarına ve kişisel verilerini korumalarına yardımcı olmak için temel oluşturması beklenmektedir.

Her ne kadar bilgi ve iletişim teknolojilerinin eğitim alanında kullanılması yeni olmasa dahi, 5G teknolojileri için dikey pazar oluşumunda çok geniş bir katılım sağlandığı görülmekle birlikte eğitim için yapılan çalışmalar nispeten sürdürülmektedir. Eğitimin geliştirilmesinde 5G'nin rolünü vurgulamak ve geçmişte on yıllar boyunca edinilenin ötesinde öğrenme ve öğretme deneyimini genişletmek ve yeni bir ortam üzerinden paylaşmak önemli olacaktır.

4.8.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Mobil erişim teknolojilerindeki son gelişmeler, öğrenenlerin sınıfın fiziksel sınırlarına bağlı kalmadan zengin sayısal kaynaklara ulaşmalarını sağlamıştır. Bilgiye sınırsız erişim, etkin öğretim ve öğrenme için gerekli olmakla beraber, yalnızca her yerde öğrenmek için bir olanaktır. Mobil teknolojideki gelişmeler, IoT ve Dokunsal İnternet eğitimde yeni bir alan oluşturabilir. Gelecekteki öğrenme modeli, öğrencilerin bugün yapılandan çok farklı biçimlerde öğrenmesini ve etkileşime girmesini sağlayan yaygın, anında, sanal ve etkileşimli

bir ortam olacaktır. Yeni model, öğrenci merkezli, beceri merkezli, talep üzerine ve kişiselleştirilmiş gibi tanımlarda olabilecektir. Bu biçimde eleştirel düşünme ve işbirlikçi öğrenme alanlarındaki öğrenci gelişimini artıracaktır. Mobil teknolojiyi benimseyen bu modele ulaşmak için 5G teknolojisinin kullanılması vazgeçilmez görünmektedir.

4.8.3. Teknolojiler

VR ve AR gibi uygulamalar, kaliteli eğitim ve anlayışa dayalı öğrenmede büyük bir rol oynamaktadır. Bu kapsamdaki örnekler aşağıda yer almaktadır:

- Dokunsal İnterneti, VR ve AR ile birleştiren öğrenme deneyimi,
- Tele-öğretim (uzaktan eğitim),
- Tele-mentorlük,
- Sanal üniversite,
- Sanal sınıf,
- Sanal ekip çalışması

ve bunun gibi alanlara yeni bir tanım getirerek öğrenme deneyimini bugünün ötesine geçirecektir. Yeni mobil teknoloji ve bağlı cihazlar, öğrencilere çoğunlukla keşif ve yardımcı koçluk yoluyla en az öğretmen müdahalesi olarak öğrenme olanağı sağlayacaktır.

4.8.4. Örnek uygulamalar

Eğitimde kullanılması olası yaklaşım ya da uygulamalar aşağıda yer almaktadır:

- **Dokunsal İletişim ve Beceri İletişimi:** İnternet üzerinden dokunmatik iletişimimizi aktarabilen bir ağa sahip olmak bugünün içerik ve bilgi dağıtım internetinden elle gösterilen beceriyi aktarmamıza yardımcı olacaktır. Bu, özellikle el yeteneklerini geliştirmeyi içeren eğitim için yeni Tele-Öğretim ve iletişim yöntem ya da yöntemleri oluşturacaktır. Eğitimde dokunsal internet kullanımı uzaktan öğrenme ve uzaktan takım çalışması için yeni bir tanım ve deneyimi getirebilir. Ekstremitelerimizin (el-kol ve ayakların) görsel, sesli ya da titreşime dayalı geri bildirimlerle doğal bir haptik etkileşimi sağlama amaçlı kullanılabilmesi için yanıt süresi çok düşük olmalıdır. Bu

nedenle, sadece 5G tarafından öngörülebilene birkaç milisaniyelik gidiş dönüş süreleri büyük önem oluşturmaktadır.

- **Sanal Gerçeklik ve Eğitim:** VR için ilk kullanım endüstrisi eğlence endüstrisi iken eğitim ve öğretimle de yakından ilgilidir ve kaliteli eğitim sunmada ve öğrenciler arasında anlayışa dayalı öğrenmeyi geliştirmede büyük rol oynayacaktır. Bu hizmetleri eğitime uyarlayarak (örneğin, modellerle etkileşim kurma ve vücudun farklı katmanlarını hareket ettirme imkânı ile insan vücuduna sanal turlar yapma) öğrenme süreci daha eğlenceli ve çok daha etkileyici olabilir. Bu ayrıca uzaktan eğitim için yeni deneyimler getirebilir ve sınıfta öğrencilerin sanal olarak varlığını sağlar. Bu tür servisler çok yüksek bant genişliği (iki yönlü) ve çok düşük gecikme süresi (yani 2-4ms) gerektirmektedir.
- **Artırılmış Gerçeklik ve Eğitim:** AR, VR'ye benzer şekilde eğitimde uygunluğunu ve kullanılabilirliğini göstermeye başlamıştır. Gerekli bilgiyi sağlamak, içeriğe dayalı öğrenme her yerde yaygınlaştırılabilir. AR, doğru zamanda doğru kitleye doğru miktarda bilgiyi sağlamanın etkili bir yolu olabilir. Ayrıca, sürükleyici AR, mobil bulut sınıfı ve sanal durum gibi hizmetler aracılığıyla eğitime yeni ekip biçimleri ve eğitim ekibi sağlayabilir. Öğrenme deneyiminin geliştirilmesi, AR için mümkün olan tek kullanım durumu değildir. Aynı zamanda öğretmenler tarafından her öğrenciyle ilgili gerekli bilgileri edinebilir ve öğrencilerin özel ihtiyaç ve yeteneklerinden haberdar olunabilir. Optimize edilmiş yönlendirme, kesintisiz geniş alan kapsama alanı, sanal varlığı, düşük gecikmeli konuşma ve video kodlama da dâhil olmak üzere, bu tür hizmetlerin uygulanması için gereksinimler göz önüne alınmalıdır.
- **Kapalı Sınıf:** Dokunsal internet ve VR'yi bir araya getirerek gelecekteki öğretme ve öğrenme deneyimi bugünün deneyiminin çok ötesine geçebilir. Bu, deneysel uygulamalar için fiziksel konum kısıtlamasını kaldırabilir ve mevcut konumlarından bağımsız olarak daha fazla sayıda öğrenci arasında kaynak paylaşımını kolaylaştırır ve etkinleştirir. Etkisi, pahalı ekipman ve tesis gerektiren ortamlarda daha da önemli olacaktır.
- **Kişiselleştirilmiş Öğrenme:** Öğrencilerin mobil cihazlar aracılığı ile yeni öğrenme yolları edinmesidir. Bu biçimde öğrencilerin sanal ortamda analiz yapmaları sağlanacaktır. İlgilenilen konularda bu tür analiz tekniklerinin edinilmesi ilerideki çalışma ve karar alma süreçlerine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Sonuçta bu tür sistemlerle kişiselleştirilmiş öğrenme ortamı oluşturulacaktır. Öğrencileri farklı

gruplarda sınıflandırmak ve farklı çoklu ortam içeriklerini önermek, ağdaki yükü artırabilir. Ancak, İçerik Yanıt Merkezli Ağlar (Content Centric Networking - CCN) ve Bilgi Merkezli Şebekeler (Information Centric Networking - ICN) gibi ağ içi ön belleğe alma teknolojileri, hizmetin yanıt verme süresini ve bant genişliği tüketimini azaltarak etkinliği artırmak için kullanılabilir.

- **Kablosuz Öğrenci Sırt Çantası:** Bugünün bulut tabanlı depolama hizmetleri, kullanım cihazından bağımsız olarak dosyalara erişmeyi mümkün kılmaktadır. Bulut sağlayıcılarının merkezi mimarisi nedeniyle nispeten hızlı bir internet bağlantısı olsa bile içeriğe erişimde dikkate değer bir gecikme bulunmaktadır. Geleceğin mobil teknolojisi dağıtılmış bulut ve mobil bilişim yöntemlerini kullanarak herhangi bir yere tek cihaz içeriği erişimini sağlar. Tüm kullanıcı ihtiyaçları kişisel içeriğinden ve depolanan dosyalardan herhangi birine erişmek için bir cihazda toplamak mümkün olacaktır. Bu özelliği kullanarak öğrenciler, kısa tepki süresi ile farklı cihazlarla uygun bir zamanda ve yerde çalışmalarını sürdürebileceklerdir.
- **Özel İhtiyaçları Olan Öğrenciler:** Mobil teknolojideki ilerlemeler ve robotik gelişmeler, öğrencilerin özel ihtiyaçları olan öğrencilere yardımcı olması için yeni fırsatlar açabilir ve böylece öğrenmeyi onlar için daha kolay hale getirecektir. Bulut tabanlı robotlar, engelli öğrenciler için tam zamanlı bir asistan olarak düşünülebilir; eğitim ortamı ve ekranları ile etkileşime girmesine yardımcı olabilir. Öğrenciler, bir öğretmenin yardımını çağırmak zorunda kalmak yerine (hem öğrenci hem öğretmen zamanından tasarruf sağlanarak), robotun yardımıyla konuyla ilgilenebilirler.
- **IoT ve Akıllı Sınıf/Akıllı Kampüs:** IoT uygulamaları akıllı binadan akıllı sağlık hizmetlerine kadar hayatımızı her yönden etkilemektedir. Bununla birlikte, bu uygulamalardan hızla büyüyen alanlardan biri, günümüz eğitimini, öğrenmesini ve kampüs işletim deneyimini geliştirebilen eğitimdir. IoT uygulamaları aynı zamanda öğretmenlerin sınıftaki rolünü değiştirmeye yardımcı olabilir. Bu ise idari yükü azaltarak bireylere daha fazla yoğunlaşılmasını sağlar. Sınıfa girildiği anda doğrudan sınıf bilişim ortamına katılmak, ders sırasında konsantrasyonun kaybedilmesi halinde sinyal ile uyararak, öğrencilerin gerçek zamanlı analizlerine dayanarak öğrencilerin hala sorun yaşadığı alanlar hakkında bir anlık iletilen notlar, IoT ve bağlı sınıfın öğrenme ve öğretme deneyimini nasıl geliştirebileceğine ilişkin birkaç örnektir.

4.8.5. Öneriler

Bu meyanda Milli Eğitim Bakanlığı'nın FATİH projesinin devamında 5G teknolojisinin katkılarının oluşturulması yararlı olacaktır. Bakanlığın FATİH projesi ile tasarladığı ve geliştirdiği EBA (Eğitim Bilişim Ağı), OBS (Okul Bilgi Sistemi), MDM (Mobile Device Management - Mobil Cihaz Yönetimi), LMS (Learning Management System – Öğrenme Yönetim Sistemi), ESY (Etkinlik Sınıf Yönetimi) gibi öne çıkan sistemlerin 5G'nin getirdiği özellikler ile birlikte yenilikçi kullanımı sağlanabilecektir.

EduRoam¹³ benzeri bir çalışmanın 5G altyapısını kullanan eğitim sektöründe kullanılması önerilebilir. Uzaktan erişimli kullanılacak laboratuvarların kurulması gerçekleştirilebilir.

4.9. Güvenlik

4.9.1. Mevcut durum ve pazar

Güvenlik her daim insan hayatının en önemli parçalarından biri olmuş ve teknolojinin gelişmesiyle güvenlik alanında yeni uygulamaların gerçekleştirilmesinin önü açılmıştır.

Gelişen teknoloji aynı zamanda suistimallere de sebep olmaktadır. Artan teknolojik gelişmeler beraberinde suistimalleri de arttıracığından, güvenlik uygulamalarında da sürekli iyileştirme yapılması kaçınılmaz olacaktır. Bu bağlamda hâlihazırdaki teknolojik altyapılar kullanılarak güvenlik alanında iyileştirmeler yapılmaktadır. Ancak günümüzde her ne kadar teknolojik imkânlar her geçen gün artsa da güvenlik uygulamalarının mevcut teknolojiyle aynı hızda ilerlememesi durumları olabilmektedir (BJA,2001).

Dünya genelinde kamu kuruluşları ve büyük ölçekli firmalar, güvenlik alanındaki ihtiyacın farkına günden güne daha çok varmakta ve bu alandaki yatırımlarını arttırmaktadır. Ülkemizde de bu alandaki uygulamaların arttığını gözlemlemek ve gelecekte de artacağını öngörmek mümkündür.

¹³ Eduroam, Education Roaming (Eğitim Gezintisi) kelimelerinin kısaltmasıdır. RADIUS tabanlı altyapı üzerinden 802.1x güvenlik standartlarını kullanarak, eduroam üyesi kurumların kullanıcılarının diğer eğitim kurumlarında da sorunsuzca ağ kullanımını amaçlamaktadır (TÜBİTAK, ULAKBİM).

Ülkemizde, güvenlik alanındaki sistemler PMR (Private-Professional Mobile Radio) olarak da bilinen analog telsizler ile başlamış olup DMR (Digital Mobile Radio) ve TETRA (Terrestrial Trunked Radio) gibi sayısal sistemlerle devam etmiştir. Ülkemizde telsiz sistemleri; kolluk kuvvetleri ve özel güvenlik birimleri kamusal güvenlik kurumları ve özel güvenlik kuruluşları tarafından kullanılmaktadır. Kullanılan uygulamaların bir bölümünde güvenlik güçleri kendi özel ağları bulunmadığından ve gerekli uygulamaları telsiz sistemleri desteklemediği için hâlihazırdaki mobil işletmecilerin ağlarını kullanmaktadırlar, bu duruma örnek olarak Genel Bilgi Toplama (GBT) kontrolü verilebilir. Bir diğer husus ise güvenlik güçlerinin değişik amaçlar ile kullandıkları birçok cihazı üstlerinde taşımalarıdır. Bu cihazlar GBT sorgulama için akıllı telefon, telsiz iletişimi için ayrı bir telsiz, tablet ve giyilebilen algılayıcılar olarak özetlenebilir.

4.9.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

Güvenlik alanında hâlihazırdaki uygulamalar, çoğunlukla 2G ve 3G teknolojilerini kullanmaktadır. Güvenlik konusundaki ihtiyaçlar temel olarak gelişen teknolojinin güvenlik alanındaki yansımaları olarak görülebilir. Gelişen teknolojik yeterlilikler pazarda da karşılığını yeni birer gereksinim olarak bulmaktadır. Telsiz sistemlerinde genişbandların tercih edilmeye başlanması ya da güvenlik kameralarının çeşitli uygulamalar kullanılarak akıllı hale getirilmesi buna örnek olarak gösterilebilir. Kamu kuruluşları ve pazardaki firmalar düşünüldüğünde pazarın gereksinimlerini ve bu gereksinimlerin detaylarını kısaca şu şekilde özetlenebilir.

Özel Bir Ağa Sahip Olmak: Verilerin çok önemli hale geldiği günümüzde güvenlik ile ilgili çalışmaların yapıldığı ağların sahiplerine özel olmaları ve sahipleri tarafından yönetilmeleri ortaya çıkan bir ihtiyaçtır.

Düşük Gecikme: 5G'nin sağladığı önemli avantajlardan biri de düşük gecikme süreleridir. Uzaktan yönetilen araçlar ve cihazlar düşünüldüğünde bu gereksinim önemli bir hal almaktadır, zira bu gibi uygulamalarda en önemli nokta verilerin “anlık” veriye en yakın hızda gelmeleridir.

Lisanssız Bandların Kullanımı: Lisanssız bandların kullanılmaları işletmecilerin artan veri ihtiyaçlarını karşılamak için ortaya çıkmıştır (ResearchGate, 2017) ve yetkilendirilmiş işletmeciler tarafından kullanılmaktadır. Bu tip bir kullanımda lisanssız band “down link” için kullanılır ve sinyalleşme de lisanslı bir band kullanılmaya devam ederdi. Günümüzde ise, sinyalleşme için de lisanslı bir banda ihtiyaç duymaksızın, sadece lisanssız bandlar kullanılarak iletişim sağlanabilmektedir. Bu tür bir iletişim, MCPTT (mission-critical push-to-talk) imkan vermese de güvenlik kameralarında kullanılabilir.

Geniş Band Kullanımı: Sektördeki firmalar, geleneksel telefon konuşması ve telsiz iletişiminin yanı sıra video ve veri kullanımını da arttırmak ve yaygınlaştırmak istemektedir. 2G ve 3G teknolojilerini kullanan sistemler, veri ve video konusunda kısıtlı bir çözüm sunular da pazarın, veri ve video istekleri her geçen gün artmakta ve geniş bandların güvenlik uygulamalarında kullanımı bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır (ABAL,2012).

Akıllı Güvenlik Kameraları: CCTV ile başlayan süreçte kameralar güvenlik sistemlerinde önemli rol oynamıştır. Önceleri hareketleri izlemek için kullanılan bu sistemler, gelişen teknolojiyle daha da fazlasını yapmaya muktedir olmuşlardır (IJEERT, 2015). Akıllı güvenlik kameraları sayesinde görüntü işleme metotları kullanılarak, hedefin hareketlerinin tespitini gerçekleştirmek insansız olarak mümkün olmaktadır. Özetlemek gerekirse geleneksel güvenlik kameralarının yapabileceğinden fazlası olan; hedefin akıllı olarak tespiti ve takibi, izlediği rotanın çıkarılması son olarak da bu bilginin saklanması, şu anda pazarın gereksinimlerindedir. Güvenlik kameralarının kullanıldığı durumlarda katma değeri olan uygulamaların da önemi büyüktür. Kamera yatırımının önceden yapılmış olduğu yerlerde bu kameraların ürettiği verilerin taşınması, tek merkezden yönetilmesi ve analiz edilmesi birer gereksinim olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılan kameralarda görüntü kalitesinin artmasıyla, veri trafiğinin de artması öngörülmektedir. Band kullanımı ve servis kalitesi düşünüldüğünde SDN ön plana çıkmaktadır.

Acil Durum Aramaları: MCPTT olarak bilinen bu konu güvenlik uygulamaları için çok önemli bir konu olup 3GPP tarafından standartlaştırılmıştır. Gelişen iletişim teknolojileri ve yöntemler ile beraber Acil durum senaryolarında da gelişmeler yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Önceleri sadece “Bas-Konuş” olarak başlayan bu servis, pazarın ve güvenlik kurumlarının da istekleriyle gelişmiş ve “Bas-Konuş”un yanı sıra birçok yeni özelliği kapsayan bir standarda dönüşmüştür (ETSI, 2017). Standartlaşan ve 3GPP de yayınlanan bu

gibi özellikler pazardaki müşterilerin de kullanmak istedikleri ve gereksinim haline dönüşmüş özelliklerdir. Bunlara ek olarak MCPTT'in veri ile ilgili olarak çıkaracağı video ve veri taşınması da ihtiyaç olarak değerlendirilebilir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); Güvenlik kameraları gibi haritalar da teknolojiyle güvenlik alanında yeni özellikler vaat eden bir alandır. Hedeflerin konumlarının artan hassasiyetle belirlenebilmesi bu alandaki uygulamaların önünü açmıştır. Kesin yer tespiti, bölgedeki hedeflerin taranması, belli bir bölgeye özel uygulamalar, pazarın gereksinimlerini oluşturmaktadır (ESRI, 2005).

Güvenlik sistemlerinde harita kullanımı pazardaki firmaların gittikçe artan bir ihtiyacı olarak da ortaya konabilir. CBS sistemlerinde hedefin konumunu belirlemek için enlem boylam ve yükseklik kullanılır. Hedefe ait koordinat bilgileri, veri tabanlarında tutulur ve gerektiğinde kullanmak için saklanırlar. Hedefin belirlenmesinden sonra takibi de mümkündür, dolayısıyla bu teknoloji güvenlik uygulamalarında harita kullanımı ve ilişkili uygulamaların alt yapısını sağlar.

Koordinasyon merkezi ile birlikte kullanıldığında, harita üzerinden lokasyon bazlı anonslar yapılabilir ve dahi, harita kullanılarak göreve gidecek birimlere görsel direktifler verilebilir. Coğrafi bilgi sistemlerine örnek, Şekil 4-14'de yer verilmektedir.

Şekil 4-14 Coğrafi Bilgi Sistemleri



VR/AR; 5G teknolojisinin kendisi için gereken veri ve hız ihtiyaçlarını karşılaması ile VR/AR (sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik) konularının, güvenlik alanında çalışan firmaların ve kamu kuruluşlarının gündemine geleceği ve birer gereksinim olarak ortaya çıkacağı düşünülebilir (Huawei, 2017).

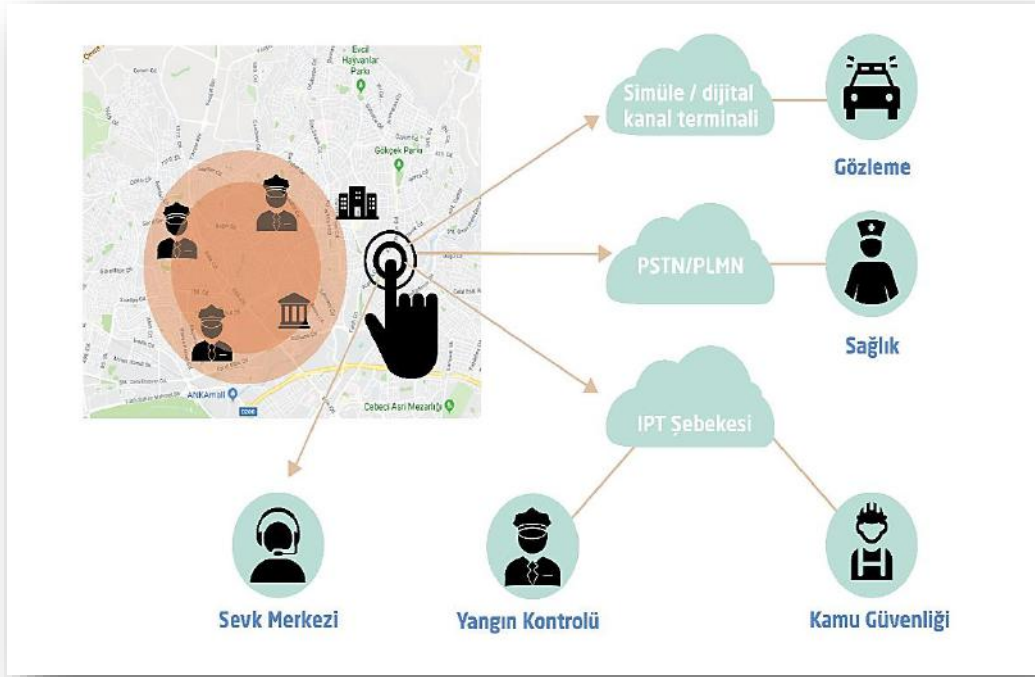
İnsansız Hava Araçları (İHA): Güvenlik alanında gelecekte karşımıza çıkacak konulardan bir tanesi de İHA'lardır. Gelişen teknolojiyle akıllı ve güvenli şehirlerin bir parçası olması düşünülen İHA'lar, hava alanlarında, kampüslerde, kamu kurumlarında ve askeri alanlarda kullanılabilir. İHA konusundaki gereksinimler, menziller, İHA'nın içinde bulunacağı kapsama alanı, İHA'dan merkeze ya da tam tersi yöndeki veri aktarım hızı ve kalitesidir (Huawei, 2017).

Kriz Anı Uygulamaları: Güvenlik uygulamalarındaki sürdürülebilirlik ne kadar önemli olsa da, doğal afet gibi durumlarda çaresiz kalındığı anlar, karşımıza sektörde yer alan gereksinimler olarak çıkmaktadır. Kamu kuruluşlarında ve güvenlik temin etmek isteyen kuruluşların istekleri, hâlihazırdaki ağı bir şekilde çökmesi durumunda, geniş bantda yayın yapabilen, kısa sürede kurulan ve tercihen taşınabilen sistemlerdir (Huawei, 2018).

Koordinasyon Merkezi Uygulamaları: Yukarıda belirtilen tüm istek ve gereksinimler belli bir alanda özelleşmiş olup o durum veya konu için spesifik bir çözüm getirmektedir. Pazarın istekleri göz önüne alındığında ise bu ayrı ayrı uygulamaların genel koordinasyonunu sağlamak da başlı başına bir gereksinim olarak ortaya çıkıyor. Kumanda merkezinden yapılacak her arama, çalıştırılacak her uygulama ve bunların önceliklendirilmesi ve sağlanması pazarın beklentileri arasındadır.

Yukarıda belirtilen gereksinimler göz önünde bulundurulduğunda güvenlik alanında 5G'ye geçişle birlikte iletişim ve video alanında uygulamalardaki artış sonucu bu alanda çalışan şirketler için bir fırsat doğacaktır. Bununla beraber bahsi geçen konularda donanım hizmeti sunulan pazarda da bir artış yaşanabilir. Koordinasyon merkezi uygulamalarına örnek, Şekil 4-15'de yer verilmektedir.

Şekil 4-15 Koordinasyon Merkezi Uygulamaları



4.9.3. Teknolojiler

4.9.3.1. eLTE (Enterprise LTE)

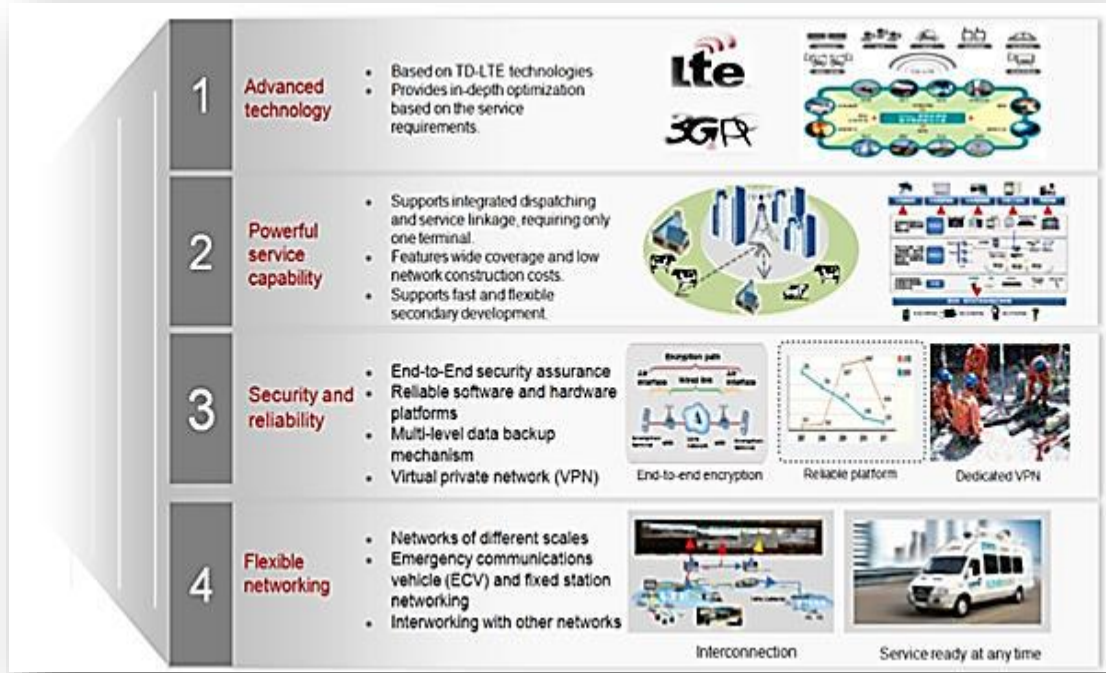
Güvenlik sistemleri ve bu sistemlerdeki uygulamalar müşteri gereksinimleri ile başlar ve güvenlik konusunda akla gelen ilk özellik, müstakil bir ağa sahip olmaktır. Ülkemizde ve dünyada, eLTE ismi ile bilinen teknoloji temel olarak bunu amaçlamaktadır.

Bilindiği üzere yayın yapmak için lisanslı ve lisanssız bandlar olmak üzere iki tür band bulunmaktadır. Mobil iletmeci şebekesi kullanılmadan ve MCPTT yapılmak istenen durumlarda, kurumlar yetkilendirilmiş işletmecilerden band alabilmekte ve kendilerine ayrılmış bu bandlarda yayın yapabilmektedirler. Buna ek olarak, eLTE kullanılarak lisanssız bandlarda da yayın yapmak mümkündür. LBT gibi mekanizmaların kullanımıyla enterferans olabildiğince azaltılmakta ve sinyal kalitesini arttırmaktadır (ResearchGate, 2017). Lisanssız bandlar kullanılarak IoT ve video çözümleri sağlanabilmektedir.

eLTE kullanılan ağlar gelenekse ağlarda çalışan cihazları da desteklemekle beraber, gerekli durumlarda eLTE ağından bir işletmeci ağına geçmek de mümkündür.

eLTE'ye örnek, Şekil 4-16'da yer verilmektedir.

Şekil 4-16 eLTE



4.9.3.2. LTE

4G olarak da bilinen LTE, günlük hayatta hızlı ve kaliteli bir altyapı sağlamasının yanı sıra, güvenlik uygulamalarını da bir adım öteye taşıyan bir teknolojidir. Önceleri DMR ve TETRA sistemleri kullanılırken artan veri ihtiyacı ve bu sistemlerin yoğun kullanımda yetersiz kalmaları sebebiyle pazarı yeni çözümlere yöneltmiştir. LTE de bunlardan biridir. 2019 itibarıyla DMR ve TETRA gibi dar band uygulamalarını kullanan %60'ının LTE gibi sayısal sistemlere geçmesi öngörülmüştür (IHS, 2016).

LTE'yi mümkün kılan iki önemli faktör, OFDMA ve MIMO olarak belirtilebilir. Daha önceki teknolojilerden farklı olarak OFDMA iletilecek mesajı birbirine dik taşıyıcılar kullanarak yapmakta ve bu şekilde bandı daha verimli kullanmayı mümkün kılmaktadır. MIMO'da ise birden fazla alıcı ve verici anten kullanılarak veri hızının artırılması sağlanmaktadır. LTE

teknolojisi kullanılarak, güvenlik uygulamaların ihtiyaç duyduğu gereksinimler sağlanmaktadır.

4.9.3.3. Nesnelerin interneti (IoT)

IoT olarak dilimize geçmiş olan bu teknoloji güvenlik alanında da yer alan bir teknolojidir. Özellikle giyilebilir teknolojik aletler konusunda, birbiriyle haberleşen nesnelere güvenlik uygulamalarında kullanılabilir. İnsansız hava araçlarının kullanımı da bu teknoloji içerisinde değerlendirilebilir. IoT mimarisi genellikle, bir “yayıncı”, “dağıtıcı” ve gönderilen mesajların alımı için kullanılan bir “üye” den oluşur ve Mesaj Kuyruğu Telemetri Taşıma (Message Queuing Telemetry Transport-MQTT) gibi protokoller ile haberleşme sağlar (IBM, 2010).

4.9.3.4. İnsansız hava araçları (İHA)

5G'ye bağlı İHA'lar acil durumlarda yer ekipleri ile afet alanı arasında iletişimi kurmak için kullanılabilir. Yer ekipleri, drone cihazından gelen gerçek zamanlı bilgiye göre hareket edip, afet sırasında ve sonrasında özel kameralar ve gerçek zamanlı görüntülerle arama kurtarma operasyonları da yürütülebilir.

Özellikle acil durumlar için drone cihazlarının kullanılması, 5G'nin ne kadar kritik bir yere sahip olduğunu göstermektedir. İHA'lar ile dakikalar içerisinde olay yerine gelip, hızlı 360 derece görüntüler ile alan taraması yapılabilecek ve termal kameralar yardımı ile olay yerinde mahsur kalmış insanlar tespit edilebilir. Ayrıca, afet sonrasında oluşan zararın belirlenmesinde de İHA'lar kolaylık sağlayacaktır. Ormanlık alanlar gibi ulaşılması oldukça güç yerlerde kuş bakışı görüntü elde edilip, anında ilgili merkezlere bildirerek olası yangınlara da hızlı müdahale fırsatı elde edilebilir.

5G ile birlikte İHA'lar hayati öneme sahip durumlarda kullanılabilir, can ve mal kayıplarının önüne geçilebilir. Ayrıca vahşi yaşam alanlarının sürdürülebilmesi için bu alanlarda sürekli olarak görüntüleme yapılarak doğal alanların korunmasına ve gelecek nesillere aktarılabilmesinde çok büyük öneme sahip olacaktır.

4.9.4. Örnek uygulamalar

Güvenlik alanındaki uygulamalar kullanım alanları düşünülerek ikiye ayrılabilir. Bu uygulamalar aşağıda yer almaktadır:

Algılayıcılar ile Yapılan Güvenlik Uygulamaları

Binalarda yer alan güvenlik kameraları bu kameraların kullanımı ve verilerinin analizi bu başlıkta değerlendirilebilecek uygulamalar içindedir. Örneğin; olay gerçekleşmeden önce, sistemde kurulu olan kameralar tarafından kontrol edilecek bölge izlenmeye başlanır. Akıllı video sistemleri kullanılarak; şüpheli hareketler yapan şahıslar daha dikkatli izleme altına alınır. Hareketlerinde suç teşkil eden bir durum olursa da güvenlik güçleri tarafından gerekli müdahale yapılır. Ayrıca daha önceden sistemlerde aranan kişiler bölgeye girdiklerinde güvenlik güçleri uyarılır ve tedbir almaları sağlanır. Video kayıtlarının uzun süre saklanmalarıyla geçmişe dönük yapılacak araştırmaların da önü açılabilir.

Operasyonel Güvenlik Uygulamaları

Güvenlik görevleri tarafından kullanılan giyilebilir cihazlar ve bu cihazların kontrolü bu alanda belirtilebilecek ilk uygulamadır. Telsiz iletişimi de bu alanda yer alan uygulamaların biridir. Telsiz iletişimi çözümünde genel koordinasyonu sağlayan bir komuta merkezi ve bu merkezde kullanılan güvenlik uygulamaları da bu alanda yer alan uygulamalardandır. Örneğin; olayın gerçekleştiği sırada; kontrol merkezi ve gerekli uygulamalar kullanılarak tehlike arz eden durumun en kısa sürede ortadan kalkması sağlanabilir. Bu süreçte insansız hava araçları kullanılarak takipler yapılır, hızlı ve kaliteli iletişim sayesinde herhangi bir kopma yaşanmadan iletişim devam eder. Kontrol merkezindeki görevli gerekli gördüğü kişileri konuşmalara dâhil edebilir yahut çıkarabilir. Geniş bantda yayın yapan terminaller sayesinde fotoğraf ve video aktarımı da mümkün olur.

Operasyonel uygulamalar sırasında artırılmış gerçeklik de başvurulacak uygulamalar arasındadır. Kolluk kuvvetleri ve özel güvenlik birimleri, AR kullanılan gözlükler sayesinde

hedeflerine dair anlık bilgiler alabilir, gözlüğe yansıtılmış görseller sayesinde görev sırasında başvurabilecekleri kaynaklara ulaşabilirler.

Güvenlik alanındaki uygulamalar özetle şu şekilde sıralanabilir:¹⁴

- Yüz, plaka, araç tanıma
- Kişi ya da araç takip sistemi
- Acil durum aramaları
- Telsiz iletişimi
- Grup görüntülü konuşma
- Panik tuşu ve sonrasında gerçekleşen güvenlik uygulamaları
- Harita bazlı tarama ve iletişim
- Görüntü paylaşma, görüntü isteğinde bulunma
- Şüpheli için rota çizilmesi
- AR/VR kullanılarak güvenlik güçlerinin eğitilmesi
- Afet durumunda 15 dakikada hazır olan ve kapsama sağlayan araçlar

4.9.5. Öneriler

Güvenlikle ilgili öneriler aşağıda yer almaktadır:

- Özel güvenlik çözümü ağlarında frekans tahsisi için başvuru sürecine dair farkındalık sağlanabilir.
- Genişbandda yapılan telsiz sistemlerinde standartlara uygun geliştirilme yapılması teşvik edilebilir.
- Özel ağlara sahip kurumlar kendi istekleri doğrultusunda verilerini paylaşabilecekleri milli veri merkezleri kurabilir.
- Güvenli şehir kavramı tanımlanarak, büyük şehir olmayan illerde de çalışmalara destek olunabilir.

¹⁴ <http://e.huawei.com/tr/case-studies?industry=Public%20Safety>
https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/products/command-center-software/case-studies/prince_georges_county_case_study.pdf
<https://www.ericsson.com/en/internet-of-things/cases>

- Kamu tarafından kamu güvenliği şebekesinin kurulması.

4.10. Finans

4.10.1. Mevcut durum ve pazar

Günümüzde internet tabanlı teknolojilerin gelişmesiyle birlikte teknoloji şirketleri finans alanında teknoloji ve uygulamalar geliştirmekte ve finans kuruluşlarıyla iş birliği yapmaktalar. 5G teknolojisi ile internet hızının önemli ölçüde artması, gecikmelerin düşmesi ve internetin yaygınlaşmasıyla diğer sektörlerde olduğu gibi finansal teknolojiler alanında da gelişmelere yol açacaktır.

4.10.2. İhtiyaçlar ve fırsatlar

1990'lı yıllarda bağımsız perakende zincirlerinin sunmuş olduğu tüketici finansmanı finans sektörü için bir tehdit oluşturduğu düşünülüyorken, 2000'li yılların başında mobil işletmecilerin özellikle gelişmekte olan ülkelerde finansal kuruluşların yerini alacağı konuşulmuştur. Ancak bu yaklaşım belirli bir oranın üzerine çıkmamış olup finansal kuruluşlar günümüzde de varlıklarını devam ettirmektedir.

Yakın gelecekte, temelde bankacılık ve sigorta şirketlerinin oluşturduğu finans sektörü ile 5G ve ötesi haberleşme teknolojilerinin nesnelerin interneti, veri analitiği, sanal ve artırılmış gerçeklik, açık bankacılık ve siber güvenlik gibi alanlarda buluşacağı açıktır. Finans sektöründeki firmalarla müşterilerini bir araya getirecek, müşteri memnuniyetini, dolayısıyla sektörün karlılığını etkileyecek bu buluşmada ön plana çıkan ihtiyaç ve fırsatlar aşağıda özetlenmektedir.

Mobil Ödemeler

Yakın gelecekte nakit para veya kredi kartının ötesinde, yeni teknolojileri kullanan mobil ödeme şekillerinin ortaya çıkması muhtemeldir. Günümüzde bunu telefonlardaki NFC

özelliği veya kredi kartlarının içindeki RFID özelliği ile yaşamaktayız. Gelecekte akıllı telefon, bileklik veya vücut alanı haberleşme ağı tabanlı kimliklendirme ve mobil ödeme teknolojilerinin ortaya çıkması hayatı kolaylaştıracaktır. Burada, haberleşme teknolojilerinin yanı sıra haberleşme ve veri güvenliği son derece önemli hale gelmektedir.

Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi

2020 yılı itibariyle insanların gerçekleştirdikleri etkileşimlerin %85'inin yapay zeka temelli sistemler ile olması beklenmektedir (Gartner, 2017). Yapay zeka çağımızın en yıkıcı teknolojisi olarak kabul edilmektedir. Geleceği yeniden şekillendirirken hayatın her alanında yapay zeka içeren ürünlerle karşılaşılması muhtemeldir. Bu teknolojinin daha şimdiden finans ve otomotiv sektörleri ile günlük hayatımıza girmeye başladığı söylenebilir.

Öğrenebilen, uyarlanabilen ve otonom hareket edebilen sistemlerin 2020 yılına kadar pek çok hizmetin çekirdeğini oluşturması beklenmektedir. Karar alma ve iş süreçlerini hızlandırmak, müşteri etkileşimini ve inovasyon ekosistemini geliştirmek için yapay zekadan yararlanmak mutlak bir kazanım olacaktır.

Sanal Gerçeklik/Artırılmış Gerçeklik

VR ve AR teknolojileri gelecekte müşterilerin evlerinde banka uzmanlarıyla gerçekçi deneyimler yaşamasını sağlayarak şubeleri tamamen gereksiz hale getirebilir. Bu sistemler konuşma, hizmet ve üretim platformlarıyla birleşince kullanıcılar açısından köklü bir değişimin ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır.

Gözlükler veya otomobillerin ön camları gibi ortamlara entegre edilecek, VR-AR eklentilerinin gelişmesi için gerekebilecek, 5-10 yıllık bir süreçte bankaların müşteri deneyimine ve etkileşimlere odaklanarak VR ve AR teknolojilerini bankacılık hizmetlerinde kullanmalarına şahitlik etmemiz olasıdır.

Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti, finans sektörü açısından çok farklı ihtiyaçlar ve fırsatlar doğurmaktadır. Akıllı şehirler, akıllı otomobiller, akıllı evler kapsamında alınan hizmetler hakkında bilgi

toplama, faturalandırma, ödeme gibi olanaklar IoT ile mümkün olacaktır. Müşterilerin takibi, alışveriş davranışları, harcama profili gibi veriler toplanarak kişiye özel hizmetlerin sunulması mümkün olabilecektir.

Sigorta sektöründe, gerçekleşen riskin nedenlerinin ve sonuçlarının analizi için sensör ağından alınacak veri çok kıymetli olacaktır. Benzer şekilde bir şoförün araç kullanma profiline bağlı olarak prim hesaplaması yapılabilecek, sigortalanacak ürünün ortamına ait veriler değerlendirilerek risk analizi yapılabilecektir.

Akıllı asistanlar bankacılık sektörüne de mutlaka nüfuz edecektir. Çünkü akıllı telefonlarda olduğu gibi akıllı otomobiller ve akıllı evler de müşteriye dokunmak için yeni birer kanal olacaktır.

Blok Zincir

Blok Zincir bir ürünü/dijital değeri satın almak isteyenle bu ürün/dijital değere sahip olan kişiler arasındaki alışverişin şeffaf ve güvenli olarak yapılabileceği dağıtık bir pazar yeri oluşturmaktadır.

Blok Zincir, sayısal paralar için bir altyapı olmaktan öte, işletmelerin sayısal dönüşümleri için de bir platforma dönüşmektedir. Blok zincir teknolojisi, mevcut merkezi kayıt ve işletim sistemlerine karşı radikal bir alternatif olarak göze çarpmakta, diğer bir deyişle aracısızlaştırmanın bayrağını taşıyan teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Bu alternatif platform, yeni nesil B2B ticaretinin temelini atabilir.

Blok Zincir ve dijital para birimlerinin, yeni nesil paranın transferini ve işlenmesini çok ucuzlatıp hızlandıracağı düşünüldüğünde, bu durum nesnelere interneti ve “micropayment” işlemlerinin de önünü açacaktır. Gelecekte evlerin, arabaların veya eşyaların (nesnelere) kişilerin yerine alışveriş yapacağı ve bireylerin ise sadece belli bir tutarın üstündeki işlemlere onay vereceği bir dünya olması muhtemeldir. Hatta bunu da biometrik kimlik doğrulama ile örneğin yüz tanıma ile yapılması olasıdır.

Açık Bankacılık (Open Banking)

İngiltere, 2018 başında “Open Banking” projesini hayata geçiren ilk ülke olmuştur.

Açık bankacılık ile bankacılık işlemleri sadece bankaların mobil uygulamaları üzerinden değil bütün sayısal uygulamalardan yapılabilir hale gelecektir. Hatta bankacılık ürünlerinin, altyapıyı sunan bankalardan bağımsız üretilmesi beklentisi bulunmaktadır. Araştırmalara göre yeni nesil, tüm bunları banka müşterisi bile olmadan yapabilmeyi talep etmektedir.

Bu konuda İngiltere (Open Banking Project ile) ve AB (PSD2 standartları ile) çoktan yol almaya başlamışlardır.

Siber Güvenlik

NATO Güvenlik Danışmanı Rex Hughes, yakın gelecekte çıkabilecek büyük bir savaşta ilk merminin internette atılacağını söylemesi konunun önemi açısından yeterli kabul edilebilir. Şirketler kaynaklarını siber tehditlere karşı korumaya odaklı çözümlere harcamaktadır. Giderek yaygın hale gelen bulut kullanımı ve IoT cihazları, bu iki alana yönelik güvenlik endişelerini de gündeme getirmektedir. Bir siber güvenlik vakasındaki ortalama maliyet artarken, 2017’de siber güvenliğe yatırım yapan şirketlerin oranı bir sene öncesine göre %7 artarak %63 olmuştur¹⁵.

Gerçekte ise bu çabalar hiçbir zaman tam bir güvenlik sağlayamaz durumdadır. Bu sebeple kaynaklar, tehditleri anında fark etme ve çabuk çözüm üretme/tepki verme üzerine yoğunlaşan daha esnek çözümlere harcanmalıdır.

Veri Analitiği

Veri analitiği hemen hemen her sektörde uygulanabilir bir kavramdır. Bankacılıkta ve diğer tüm sektörlerde risk analizi, müşteri memnuniyeti, çağrı merkezi verimliliği, kişiselleştirilmiş

¹⁵ Kaspersky Lab., “IT Security Calculator ve ‘IT Güvenliği: Maliyet merkezi mi yoksa stratejik yatırım mı?’ başlıklı raporu

pazarlama kampanyaları sunmada etkin rol oynar. Bunun yanında operasyonel giderlerin azaltılması, enerji verimliliği sağlanması, şehirlerin daha akıllı yönetilmesi için de veri analitiğinden faydalanılabilir.

Ayrıca makine öğrenmesi ve derin öğrenme araçları sayesinde, farklı kaynaklardan toplanmış veriler üzerinden tekil müşteri profilleri oluşturulabilir. Bu sayede kullanıcıların ne zaman, nerede, neye ihtiyacı varsa karşılayacak çözümleri geliştirebilmek mümkündür.

Müşteri verisi üzerinden kişiselleştirilmiş müşteri deneyimleri yaratılabilir. Bunu başarabilen kurumlar, gerçek sayısal dönüşümünü tamamlamış ve rakiplerine karşı büyük avantaj sağlamış olacaktır.

Regülasyon Teknolojileri (Regtech - Regulatory Technology)

RegTech'lerin sayısı, 2017 yılı içerisinde yaklaşık iki katına çıkmıştır. Fin(ancial) Tech(nology)nin bir alt kolu olan Reg(ulatory) Tech(nology), yasal düzenlemelere teknoloji kullanarak çözüm üretme işi ya da bu işi yapan girişimler olarak tarif edilebilir. Yasal uyumluluktan raporlamaya, risk yönetiminden işlem takibine kadar finansal dünyanın yasal düzenlemelerle etkileşim içinde olduğu her alanda yer almaktadır.

RegTech'lerin çoğunluğunu üç yaşından küçük şirketlerden oluşturuyor. Türkiye'deki bankalar mevcut yasal düzenlemelere çözüm üretirken edindikleri bilgi birikimi sayesinde hem yerel hem de küresel ölçekte RegTech'ler kurup hızla büyütebilirler.

Robotik Süreç Otomasyonu (Robotic Process Automation-RPA)

Robotik süreç otomasyonunun, özellikle finans ve sigortacılık gibi eski ve birbiriyle bağımsız dijital sistemlerin kullanıldığı, tekrarlı ve karar mekanizmasının az olduğu sektörlerde daha etkili olması beklenmektedir. Birçok alanda farkında dahi olmadan kullandığımız bu süreçlere daha fazla yatırım yaparak süreçlerde oluşan hataların minimize edilmesi ilk hedef olacaktır. Her ne kadar iş gücünde verimlilik RPA'nın en büyük etkisi gibi görünse de en önemli faydası müşteri memnuniyetini artırması ve insan kaynaklı hataları azaltıyor olmasıdır.

4.10.3. Teknolojiler

5G ile ağ sistemleri, bilgi işleme ve depolama birimleri entegre edilerek, programlanabilir ve bütünlüşik tek bir altyapı haline getirilmesi mümkün olacaktır. Bu yaklaşımla birlikte, dağınık mimarideki mobil ve sabit şebeke altyapısının uygulamalar tarafından kullanımı, dinamik kaynak tahsisi en iyi şekilde mümkün olacaktır. Tüm şebekelerin birbirine yakınsaması ve şebeke yeteneklerinin uygulamalar tarafından sorunsuz bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla şebeke API'lerinin (Application Programming Interface) çeşitli seviyelerde (kaynak, bağlantı, servis gibi) yazılım geliştiricilere kontrollü ve güvenli bir şekilde sunulması gerekmektedir. API Yönetimi araçları ve teknolojileri ile şebekeye ait yetenekler katalog haline getirilerek API'lerin tasarlanması, tanıtımı, yaşam döngülerinin yönetiminin güvenli ve kontrollü bir şekilde yapılması mümkün olabilecektir. 5G mimarisi ve API'lerin esnek yönetimi sayesinde yeni iş modellerinin (B2B2C) desteklenmesi mümkün kılınarak, uygulamalar ve/veya servisler şebekenin sadece ihtiyaç duydukları fonksiyonlarını ve kaynaklarını kullanabilmesi sağlanacak ve böylelikle altyapı maliyetlerinin iş ortağı ekosistemi arasında esnek bir şekilde dağıtılabilmesi gündeme gelecektir.

5G mimarisi ve teknolojisi, farklı tipte çok kiracılı (multi-tenant) şebeke (LTE, GPRS, WiFi, WLAN gibi) ve servislerin üzerinde kontrol fonksiyonu sayesinde alt seviyedeki teknolojilerin birbirine yakınsamasını sağlamaktadır. Mevcut durumda, şebeke sistemine erişim, kuralların saklandığı merkezi sunucu ve bu sunucuya erişen istemciler şeklinde olmaktadır. Bu mimaride kuralların provizyonu gecikmekte ve kurallar dinamik olarak güncellenememektedir. Blok zinciri teknolojisi sayesinde, erişim kuralları akıllı kontratlar şeklinde kodlanarak, erişim sağlayıcısı konumunda olan şebeke elemanlarında barındırılabilir ve değişiklik ihtiyaçı olması durumunda dinamik olarak güncellenebilir. Provizyon işlemlerinin erişim sağlayıcılarına taşınması ile merkezi mimariden kaynaklı potansiyel gecikmelerin önüne geçilmesi mümkün olabilir. Ek olarak, bir istemci kendine ait kimliği yayınladığında bulunduğu hücre tarafından şebekeye dâhil olacak ve konumunu da paylaşması ile birlikte istemciye en yakın erişim sağlayıcı vasıtasıyla en iyi seviyede servis alması mümkün olacaktır. Bu sayede, sunulan servislerin ücretlendirilmesi ve son kullanıcıya faturalandırılmasında erişim noktaları seviyesinde toplanan bilgi kullanılabilir.

4.10.4. Örnek uygulamalar

Çok Katmanlı Biyometrik Kimlik Doğrulaması ve Ödeme Sistemleri

Biyometri bir bireyin fiziksel ya da davranışlarına ilişkin tekil özellikleri ölçen ve bireyleri tekil olarak ayırtmamıza imkân sağlayan özelliklerinin toplamına verilen genel adlandırmadır.

Günümüzde, çeşitli alanlarda biyometri uygulamaları başlamıştır. TC Kimlik Kartı, hastanelerde kullanılan kimlik doğrulama sistemleri hâlihazırda kullanılan biyometrik uygulamalar olarak göz önüne çıkmaktadır.

5G ile birlikte IoT destekli cihazların yaygınlaşması ve altyapının çok sayıda cihaza gerçek zamanlı hizmet erişimini desteklemesiyle birlikte, bu cihazların kişilerin davranışsal verilerini toplaması mümkün olacak ve üretilen biyometri bilgisinin doğrulama sistemlerinde kullanılması ve ödeme sistemleri ile entegrasyonu sağlanabilecektir. Örneğin; Amazon Alexa günümüzde bilgi edinme, satın alma, kredi sorgulama gibi hizmetleri sesli komut sistemleri ile sağlamaktadır.

Gerçek Zamanlı ve Yüksek Hızlı Ticaret

4G ile 50ms'ler civarında olan gecikme sürelerinin 5G ile 1ms ve en sonunda gerçek zamanlı hale gelmesiyle borsa işlemlerinde büyük bir devrim yaşanması beklenmektedir.

Günümüzde, broker şirketleri alım ve satım işlemlerini uygulamalar aracılığıyla otomatik olarak gerçekleştirmektedir. 5G'nin sunmayı hedeflediği düşük gecikme süreleri ile bu işlemler neredeyse gerçek zamanlı olarak işlenebilecek ve sadece saniyelerin bile milyonlarca liralık farklar yarattığı hisse senedi alım satımı işlemleri çok daha hızlı gerçekleşebilecektir.

Gerçek Zamanlı ve Yüksek Hızlı Ticaret

Günümüzde, web ve mobil gibi kanallardan internete erişirken, kullanıcıların kişisel verileri uygulamalar ile toplanmakta ve kullanıcı deneyimi, hedefli pazarlama gibi amaçlarla hizmet sağlayıcı firmalar tarafından kullanılmaktadır.

5G'nin güvenilir altyapısı ve yüksek işleme gücü ile birlikte uygulama datası (dosya, resim, doküman gibi), kullanıcının coğrafi konumu, ödeme sistemlerinden gelen bilgiler gibi kullanım bilgisi ile kişisel bilgilerinin harmanlanarak yeni finansal ürünlerin geliştirilmesi mümkün olacaktır. Örneğin, Finansal Kuruluşlar bu tip bilgileri kullanarak kullanıcıların günlük harcama limitlerini belirleyebilecek, daha etkin portfolyo yönetimi ve yatırım araçlarının daha etkin kullanımını mümkün olacaktır.

Kişiselleştirilmiş Sigorta Sistemleri

Bugün, sağlık algılayıcıları fazla yaygın olmasa da giyilebilir teknolojilerin gelişmeye başlaması ve 5G'nin yaygınlaşmasıyla birlikte değişmesi beklenmektedir. Sigara içildiğini fark eden cihazlar, sigortalıyı uyarırken sigortacıyı da bilgilendirecek ve bu da sigorta poliçe maliyetlerini etkileyecektir.

Sigorta firmaları, örneğin hayat sigortası yapacağı bir müşterisini, doktor muayenesi için fiziksel olarak ziyaret etmek zorunda kalmadan, kan tahlillerini mobil cihazlarla uzaktan tamamlayarak sigorta sürecini mobil cihazlar vasıtasıyla hızlandırabilecek. Bu da hem sigortalanan hem de sigortacı için süreçleri kolaylaştıracaktır. Güvenli sürüş yapan sürücüler için araç sigorta maliyetleri farklılaştırılabilir.

Uygulama Bağlamında Gerçek Zamanlı Ses/Video İletişimi (Finansal Danışman ve Müşteri Hizmetleri)

Mobil cihazlardan ödeme yapmak, hesaplarımızı kontrol etmek, ATM'lerden para çekmek ve yatırmak günümüzde standart hale gelmiş hizmetlerdir. Buna bağlı olarak banka şubelerini ziyaret etmek için çok az neden kalmıştır. Mobil teknolojiler finans dünyası için yavaş yavaş bir kanal olmaktan çıkıp merkezi pozisyonuna doğru evrilmektedir.

5G'nin getireceği efektif hızlar, müşteri yetkilileri ve kişisel finansal danışmanlarıyla görüntülü görüşme yapmayı, finansal tavsiyeleri eş zamanlı uygulamayı mümkün kılacaktır.

4.10.5. Öneriler

Finansal açıdan bakıldığında 5G'nin gelecek vaat eden katkılar sunabileceği görülmektedir. Özellikle müşteri memnuniyetini arttıracak VR/AR uygulamaları, IoT temelinde akıllı şehirler, akıllı evler, akıllı otomobiller kapsamında çeşitli hizmetler, sigorta risk analizi gibi konularda yakın gelecekte 5G tarafından sunulabilecek fırsatlar bulunmaktadır.

5G'nin finans dünyasına getireceği kritik rol hızdan ibaret değildir. 5G ile birlikte çok çok hızlı indirmeler yapabilecektir. Bunun yanı sıra 5G, çok ama çok kısa gecikme sürelerini de sağlayacaktır. 4G'de 50 ms olan gecikme, 5G ile birlikte 1ms altına düşecektir. Böylece son kullanıcılar için bankacılık uygulamaları ve ödemeler neredeyse anında tamamlanan birer tecrübeye dönüşecektir.

Üçüncü parti uygulamaların bağlandığı API hizmetleri bankacılıkta yaygınlaştıkça, yeni servislerin yaygınlaşmasının 5G ile hızlanması beklenebilir.

5G'nin finans sektörü ve finans teknolojilerine getireceği en büyük değişiklikler, 5G'nin ana kullanım alanları olması beklenen düşük maliyetli, düşük güç harcayan ve dayanıklı/güvenilir cihazların yaygınlaşması olacaktır. Şu anda birbiriyle konuşamayan RFID, Bluetooth gibi kısa mesafeli haberleşme teknolojilerini kullanan cihazların yerine 5G ile birbiriyle iletişimde olan IoT cihazlarının yaygınlaşması ile pek çok cihaz arasında veri alış verişi için 5G'nin standart teknoloji olması beklenmektedir. Telefonlar, akıllı saatler, kulaklıklar, AR/VR cihazları, sensörler, giyilebilir teknolojiler (Google Glass tarzı cihazlar gibi) birbirleriyle veri paylaşırken aynı zamanda ödeme de yapabiliyor olacaktır.

4G, finans dünyasında yıkıcı etkiler göstermeye devam ediyor olması ile birlikte 5G ile finans dünyası, çok daha fazla cihazın bağlandığı, otomasyonun ve internet kullanımının arttığı bir döneme girecektir.

4.11. Sonuç ve Öneriler

5G, bir toplumun en önemli unsurları olan sağlık, enerji, sanayi, ulaşım ve medya alanlarında geniş bir sektör yelpazesini hedefleyerek ağların daha iyi yönetilmesini ve birbirleriyle bağlantısını sağlayacaktır.

Sağlık, ulaşım, enerji ve medya gibi sektörlerdeki gelişmeler, toplumun günlük hayatında önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Özel cerrahi işlemlerden, otonom araçlara kadar 5G, bu sektörlerin tümünde birkaç adım daha ilerlemeyi vadetmektedir. Genel olarak amaç, her yerde makineler arasında iletişim kurmak ve mevcutta iyi yürümekte olan bir süreç sağlamaktır. Bununla birlikte, sektör veya uygulamaya bağlı olarak, gereken ağ özellikleri ve işlevsellik aynı olmayacak ve hizmet sağlayıcılar, ağlarını uyumlu hale getirecektir.

Bu kapsamda, 5G teknolojisi ihtiyaçlardan türetilerek geliştirilecek ve bu teknoloji ile çözüme kavuşacak ihtiyaçlara yönelik olarak da birçok iş modelleri ortaya çıkacaktır. Ne kadar iş modeli olursa olsun hepsinin üç temel kavram üzerinde odaklandığı görülmektedir. Bu üç temel kavram olan ve ITU tarafından IMT-2020 altında tanımlanan 5G üç temel kullanım durumu, şekillenme sürecindedir ve sektörlerin gerekli ihtiyaçlarını karşılamayı mümkün kılmaktadır. Bu kullanım durumlarından bir tanesi, çok yüksek kapasite hız ve saniyeler içerisinde gigabitler seviyesinde aktarımın söz konusu olduğu eMBB'dir. Bu sayede çok büyük boyutlu veriler, özellikle yüksek çözünürlüklü ve 3 boyutlu videolar çok daha fazla insana yüksek hızlarda aktarılacaktır. Yayıncılıkta yeni iş modellerinin gündeme gelmesini sağlayacak bir kullanım durumu olacaktır. Diğer bir kullanım durumu; trilyonlarca makine bağlantısının olacağı mMTC'dir. Özellikle akıllı şehirler, akıllı ev, dağıtık sensörler gibi uygulamalar bu teknoloji üzerine kurulacaktır. Diğer bir kullanım durumu ise otonom araçlar, uzaktan ameliyat ve sanayi otomasyonu gibi uygulamaların olacağı uRLLC'dir.

5G, çeşitli dikey sektörlerle etkin bir geniş eko-sistem çözüm platformu sağlayacak bir teknoloji olarak düşünülmektedir. 5G, gerçek zamanlı özellikler, düşük gecikme süresi, güvenilirlik, güvenlik ve garantili hizmet seviyesi gibi yeteneklere sahip olmasından dolayı dikey sektör uygulamalarında önemli bir yer tutacaktır.

5G teknolojisi yüksek ve anlık doğruluk sunmaktadır. 5G'nin sunduklarından sadece elektronik haberleşme sektörü değil tüm sektörler faydalanacaktır. Kısaca "gigabit toplumu"

olarak adlandırılan ve çok büyük miktarlarda verinin her saniye, her salise işlenerek yaşamı şekillendiren bir değişimden bahsedilmektedir. Bu değişim için hazırlıklı olmak gerekmektedir. Hem kullanılacak yeni teknolojilerin olabilecek en yüksek ölçüde yerli ve milli olması için hem de değişecek yaşam unsurlarının ülke gerçeklerimizle, kültürümüzle koşut olması için hazırlanmak gerekmektedir.

Bireylerin özellikle kişisel verilerinin işlenmesi ve paylaşılması konusunda edilgen değil etkin bir anlayışla hareket etmesi, bilinçli olması da çok hayati bir önem taşımaktadır. Bunun için sektöre ve yaşanacak değişime tepeden ve kapsamlı bir bakış ile hareket etmeli ve meselenin sadece teknik değil, ekonomik, toplumsal ve hukuki boyutlarını da hatırd tutarak hareket etmek gerekmektedir.

Akıllı olmak yolunda ilerleyen şehirlerde siber güvenliğe önem verilmesi gerektiğinin farkında ve bilincinde olunması gerekmektedir.

5G'nin ortaya çıkışı ile dikey sektörler, yeni ürün ve hizmetleri harekete geçirmek için geliştirilmiş teknik kapasiteyi ve entegrasyonu kullanacaktır. 5G, otomotiv, enerji, gıda ve tarım, şehir yönetimi, devlet, sağlık, üretim, ulaşım gibi daha birçok dikey pazarları tamamen değiştirecek teknik ve işletme yeniliğine yönelik bir ekosistem oluşturacaktır.

Bunu gerçekleştirmek için, etkiyi en üst seviyeye çıkarmak ve karşılıklı fayda sağlayan sonuçları elde etmek için kullanım durumu geliştiricileri, dikey sektörler ve 5G sistem tasarımcıları arasında yakın bir işbirliğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Herbiri farklı kullanım durumlarına sahip çok sayıda dikey sektörlerin tanımlanmış olmasına rağmen ortak temalar, kullanım örneklerini desteklemek için gerekli olan yetenekler, telekomünikasyon operatörlerinin oynayabileceği ilgili roller ve ayrıca olması gereken harici faktörler dikkate alınmalıdır.

Tek bir dikey sektör içinde bile farklı kullanım durumlarını desteklemek için farklı yeteneklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı kullanım durumları çok yüksek veri hızlarına ihtiyaç duyarken bazıları düşük hız verilerini iletmek için çok sayıda düşük maliyetli güç cihazların desteğini vurgulamaktadır. Diğerleri, gerçek zamanlı kumanda ve kontrol uygulamalarını

etkinleştirmek için çok düşük gecikme süresi ve çok yüksek güvenilirlik gerektirmektedir. Dolayısıyla, aynı anda tüm yeteneklere ihtiyaç duyulmadığı açıktır ve ağ yeteneklerini kullanım durumuna uygun maliyetli ve verimli bir şekilde ayarlama yolları önem taşımaktadır.

Bazı kullanım durumları mevcut teknolojilere dayalı olarak bir dereceye kadar uygulanmaktadır. Gelişen bir ekosistem ve uygulanabilir iş modellerinin artışı, bu kullanım durumlarını desteklemektedir. Diğer kullanım durumları henüz ortaya çıkmamıştır ve iş modelleri ve ekosistemlerini geliştirmek için biraz zaman gerektirmektedir. Aynı zamanda, gerekli olan yeteneklerin bazılarını iyileştirmek veya etkinleştirmek için mevcut teknolojiler de gelişmektedir. Bu nedenle, yeni bir teknoloji tarafından desteklenmesi gereken gerekli yeteneklerin yanı sıra bu yeteneklerin zamanlaması da mevcut teknolojilerin evrimini ve bu özelliklere bağı olacak olan kullanım durumlarının beklenen olgunluğunu hesaba katması gerekmektedir.

5G ağ altyapısı, toplumu ve ekonomiyi daha verimli hale getirmek ve küresel rekabet gücünü artıracak kilit bir varlık olarak görülmektedir. Geleceğin fabrikaları, otomotiv, sağılık, enerji, medya ve eğlence ve gereksinimlerinin 5G tasarımını nasıl etkilediğı konusunda dikey sektörlerden yenilikçi dijital kullanım örnekleri ön plana çıkmaktadır. Otonom sürüş araçları vatandaşların güvenliğini artıracak, kamu yolu ve tren altyapısı daha verimli kullanılacak, sağılık hizmetlerinin maliyetini düşürücek ve en yeni tedavilere erişim tüm vatandaşlar için mümkün olacaktır. Bununla birlikte enerji sisteminin yerinden olmayan yenilenebilir enerji üretimine dönüşmesi, iklim değışikliğini yavaşlatmaya yardımcı olacaktır. 5G ağları, örneğin UHD TV videosu ile medya ve eğlence için kullanıcı deneyimini önemli ölçüde geliştirecektir. Açık standart arayüzler, yeni oyuncuların ilgili 5G değer zincirlerine dahil edilmesini, yeni iş modelleri ve yeni işler sağılayacaktır.

Dijital teknolojilerin ekonomik ve toplumsal süreçlere girişi, toplumsal uyum, sürdürülebilir kalkınma gibi ekonomik ve toplumsal zorlukları çözmek için anahtardır. 5G ağ altyapıları, bu toplumsal dönüşümü desteklemek için önemli bir varlık olacak ve endüstriyel değışim, birden fazla sektörü etkileyecektir. Bu dönüşümlerin bir sonucu olarak, dikey sektörler yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini tetiklemek için mevcut teknik kapasiteyi artıracaktır. Dikey sektörlerin ihtiyaçlarını belirlemek, ilgili eğilimleri erken tahmin etmek ve bunları 5G

tasarımında haritalamak, 5G'nin başarısı için önemli bir yer tutacaktır. Bu nedenle, dikey sektörlerin ve 5G altyapı sağlayıcılarının yakın işbirliği, karşılıklı fayda sağlayacaktır.

5. STANDARDİZASYON

Belirli bir yapı, yöntem, uygulama veya süreç oluştururken zaman, güç ve bileşen gibi kıt kaynakları en uygun biçimde değerlendirmek ve düzenlemek için yapılan çalışmaların sonucunda *standart* kavramı ortaya çıkmıştır. *Standardizasyon* ise bütün ilgili tarafların yardım ve işbirliği ile bir faaliyet alanını kapsayan belirli kuralların konması ve bu kuralların uygulanması olarak tanımlanmaktadır.

Dünyada yaşanan teknolojik gelişmeler ve küreselleşme süreci, üretim ve tüketim yapılarını yeniden biçimlendirmiş, oluşan rekabet ortamı standardizasyonun önemini ortaya çıkarmıştır. Standardizasyon, düzenleyici süreçten önce gelmekte ve piyasadaki tüm ilgili tarafların ilk buluşma yeri olmaktadır (BTK, 2008). Aynı zamanda, yeni ürün ve hizmetler sağlayarak açık rekabet yöntemi ile yeni piyasa dinamiklerini kolaylaştırmaktadır.

Ekonomik gelişmelerin süreklilik kazanması, üretilen mal ve hizmetlerin yalnız ulusal pazarlarda değil, dünya pazarlarında da alıcı bulması ile mümkün olmaktadır. Dünyadaki pazar paylarını artırmak ve tüketiciye daha iyi ürünler sunmak için birbirleriyle yarışan ülkeler, üreticilerini bilimsel yöntemlerle geliştirilen standartları kullanmaya yönlendirmektedir.

Standardizasyon çalışmalarının önemine binaen dünya genelinde farklı organizasyonlar tarafından gerek ulusal gerekse uluslararası standardizasyon çalışmaları yürütülmektedir. Dünyanın önde gelen uluslararası standart organizasyonları; ISO, IEC ve ITU'dur. Uluslararası düzeyde geliştirilen ISO, IEC ve ITU standartları; toplumsal ihtiyaçları, pazar ihtiyaçlarını ve düzenleme ihtiyaçlarını karşılamayı hedeflemektedir. Bu standartlar, ulusal güvenlik ve emniyet düzenlemelerinden kaynaklanabilecek yeni ticaret engellerinin oluşmasının önüne geçerken aynı zamanda yeni teknolojilerin yaygınlaşmasına da yardımcı olmaktadır.

Uluslararası düzeyde geliştirilen ISO, IEC ve ITU standartları; toplumsal ihtiyaçları, pazar ihtiyaçlarını ve düzenleme ihtiyaçlarını karşılamayı hedeflemektedir. Bu standartlar, ulusal güvenlik ve emniyet düzenlemelerinden kaynaklanabilecek yeni ticaret engellerinin

oluşmasının önüne geçerken aynı zamanda yeni teknolojilerin yaygınlaşmasına da yardımcı olmaktadır.

Elektronik haberleşme alanında uluslararası düzeyde faaliyet gösteren ITU, ülkeleri ortak bir teşkilatta bir araya getiren en eski kurumlardan birisidir. ITU, uluslararası düzeyde gerçekleştirdiği konferans ve toplantılar sayesinde, kamu kuruluşları ile özel sektör temsilcilerini bir araya getiren çok taraflı bir forum rolü üstlenmektedir. ITU üyeleri, işbirlikçi ve yapıcı bir tartışma ortamında, geleceğin dünyasını şekillendirecek olan uluslararası telekomünikasyon standart ve politikalarını belirlemektedir.

Ülkemizde dahil olduğu Avrupa bölgesinde standardizasyon alanında faaliyet gösteren CEN, CENELEC ve ETSI olmak üzere üç Avrupa standart organizasyonu bulunmaktadır. Avrupa düzeyinde geliştirilen CEN, CENELEC ve ETSI standartları ise tek pazar için gereklidir. Ayrıca CEN, CENELEC ve ETSI standartları, teknik bütünleşme, tüketicinin korunması ve sürdürülebilir kalkınmanın teşvik edilmesi yönündeki AB politikalarına da destek sağlamaktadır.

Elektronik haberleşme alanında Avrupa’da faaliyet gösteren ve misyonu bugünün ve geleceğin telekomünikasyon standartlarını üretmek olan ETSI, bağımsız ve kar amacı gütmeyen bir organizasyondur. ETSI, bölgesel düzeyde gerçekleştirdiği kapsamlı çalışmaları sayesinde kamu kuruluşları ile özel sektör temsilcilerini bir araya getirmektedir (ETSI, 2018c).

Diğer taraftan, ülkemizde rekabete dayalı, gelişmiş bir elektronik haberleşme sektörü oluşturmak için kurulmuş olan BTK, hızlı bir küreselleşmenin yaşandığı günümüzde “Türkiye’deki elektronik haberleşme sektöründe uluslararası standartlara ulaşmasını sağlayan, Ar-Ge faaliyetleriyle dünyadaki gelişmelere katkıda bulunan, sektöre yön veren bir kuruluş olmak” kapsamındaki vizyonuna uygun olarak standardizasyonda yaşanan gelişmelerin etkin ve verimli bir şekilde takip edilmesi ve katkı sağlanmasına önem vererek çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu kapsamda, BTK koordinasyonunda, yeni nesil mobil haberleşme sistemlerinin kurulum ve işletiminde azami seviyede yerliliğin sağlanmasını teminen; ITU ve ETSI başta olmak üzere ilgili diğer çalışma ve organizasyonlara katılım sağlanarak Türkiye’deki kamu kurum ve

kuruluşları ile üniversitelerin, enstitülerin, işletmecilerin, firmaların ve diğer özel müteşebbislerin yeni nesil mobil haberleşme teknolojilerine ilişkin yürüttükleri çalışma ve faaliyetleri takip ederek gerektiğinde ortak çalışmalar ve uluslararası kuruluşlar nezdinde faaliyetlerde bulunmak amacıyla 5GTR Forum kurulmuştur. 5GTR Forum Organizasyon Yapısı altında 5G standardizasyon çalışmalarının önemine binaen Standardizasyon Çalışma Grubu kurulmuş olup bu grup; 5G Standardizasyon faaliyetlerinin koordinasyonu, ekosistemin bilgilendirilmesi ve çeşitli öneriler ile yönlendirilmesi, patent, fikri mülkiyet hakları ve standardizasyon faaliyetleri konusundaki deneyimlerin paylaşılması kapsamında faaliyetlerini yürütmektedir.

5.1. 5G Standardizasyonu ve Dünyadaki Genel Durum

Teknik spesifikasyon, standart ve düzenlemeler; teknik referanslara ihtiyaç duyulması halinde başvurulacak dokümanlar olarak nitelendirilmektedir.

Teknik spesifikasyon; belirli konularda kuralları, kılavuzları ve karakteristikleri ihtiva eden zorunlu olmayan referans dokümanlardır. Teknik özellikler, ilgili tüm taraflarca kabul edilme zorunluluğu olmayan, konsorsiyum, çalıştay veya diğer gruplar tarafından hazırlanmaktadır. Teknik özelliklerin oluşmasında ayrıntılı prosedürler yer almamaktadır.

Standartlar; kurumsal standart kuruluşları tarafından hazırlanan, zorunlu olmayan referans dokümanlardır. Ancak hazırlanması ve kabul edilebilirliği için ayrıntılı prosedürler içermektedir.

Düzenlemeler ise düzenleyici otoriteler tarafından hazırlanan kanunlar, yönetmelikler ve tebliğler gibi mevzuat olarak adlandırılan zorunlu olan dokümanlardır.

Teknik özellik, standart ve düzenlemeler arasındaki farklar, Tablo 5-1'de gösterilmektedir.

Tablo 5-1 Teknik Özellik, Standart ve Düzenlemeler

Teknik Özellikler	Standartlar	Düzenlemeler
Kullanımı Gönüllü	Kullanımı Gönüllü	Kullanımı Zorunlu
Çalıştay, Konsorsiyum	Tüm ilgili taraflar	Düzenleyici Kuruluş
Tam oy birliği mevcut değil	Tam oy birliği sağlanmış	Düzenleyici Kuruluşta oy çoğunluğu
Sınırlı şeffaflık	Tam şeffaflık	Şeffaf
Örneğin; ECMA, DAVIC gibi kuruluşlar tarafından oluşturulan dokümanlar	Örneğin; ISO, EN standartları	Örneğin; Kanun, Yönetmelik, Tebliğ gibi mevzuatlar

Standardizasyon kuruluşları, genellikle uluslararası arenada kurumsal ve kurumsal olmayan kuruluşlar olarak faaliyet göstermektedir. Kurumsal olmayan kuruluşlar, forum ve konsorsiyumlar olarak adlandırılmaktadır (Cihan, 2007).

Standardizasyon faaliyetlerinin kapsamı, kurumsal standardizasyon yapılarının ötesine doğru düzenli olarak genişlemektedir. İnşaat, makine, eczacılık gibi geleneksel sektörlerden farklı olarak, telekomünikasyon alanını da kapsayan Bilgi ve İletişim Teknolojisi (Information and Communication Technology - ICT) sektöründe, işlemlerin hızlı gelişmesi, resmi bir standartla aynı statüde olmayan, teknik özellikleri geliştiren, kurumsal olmayan standardizasyon kuruluşları olan forum ve konsorsiyumların ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Cihan, 2007).

Kurumsal olmayan standardizasyon kuruluşları olan forum ve konsorsiyumların; standardizasyon prensiplerine uymadan teknik özellikleri artan bir şekilde geliştirmeleri, standardizasyon sistemine karşı büyük bir zorluk olarak görülmektedir (Cihan, 2007).

Ancak, kurumsal standart kuruluşları yeni piyasa ihtiyaçlarını karşılayacak yollar bulmaya çalışmakta, bu da forum ve konsorsiyumların oynadığı rolü arttırmaktadır. Bu çerçevede de kurumsal standart kuruluşları forum ve konsorsiyumlarla işbirliğine izin veren yapılanmaya girmişlerdir (Cihan, 2007).

Standartlar, farklı firmaların ürün ve hizmetlerinin birbirleri ile uyumlu olabilmesi açısından önem teşkil etmektedir. Devletlerin katılımıyla oluşturulan Standart Belirleme

Konsorsiyumlarından (Standard Setting Organizations-SSO) ziyade, firmaların katılımıyla oluşan standart belirleme konsorsiyumları 1990'lı yıllardan bu yana hızlı bir başarı elde etmiştir. Bunun temel sebebi, firmaların patentlerle korudukları teknolojileri standardın bir parçası haline getirerek buradan kazanç elde edebilmeleridir. Bu doğal teşvik mekanizması, çok sayıda yüksek teknoloji firmasının bu konsorsiyumlara katılmasını sağlamıştır.

ICT alanında, standart belirleme konsorsiyumlarının inovasyonu arttırdığı da gözlenmiştir. Patentle sağlanan doğal teşvik mekanizması, inovasyon için itici güç olmaktadır. Bu konsorsiyumların bir diğer katkısı da Ar-Ge faaliyetlerinin daha doğru yönlendirilmesini sağlamasıdır. Çok sayıda aktörün katılımlarıyla gerçekleştirilen toplantılar sayesinde, gereksinimler daha doğru adreslenebilmekte ve böylece araştırma-geliştirme yapan firmalar için çalışılacak konular daha net belirlenebilmektedir. Standart belirleme konsorsiyumlarına katılan firmaların hisse senetlerinin katılım sonrasındaki yıllarda arttığı gözlemlenmiştir. Bunun temel sebebi, firmaların Ar-Ge faaliyetlerini ve ürünlerini daha doğru belirleyebilmeleri sayesinde kazançlarını arttırabilmeleridir.

Standart için Temel Patentler (Standard Essential Patents - SEP), yüksek teknoloji firmaları açısından önemli bir gelir kaynağı oluşturmaktadır. Patentlerin amacı, geliştirilen yöntem/teknolojinin geçici bir süre geliştirene bir tekel olma imtiyazı sağlamasıdır. ICT standartlarında onlarca firmaya ait yüzlerce hatta binlerce standart için temel patent yer alabilmektedir. Firmalar karşılıklı olarak birbirlerini bloklamak yerine işbirliğine giderek birbirlerinin patentlerini, bir kural dâhilinde Adil, Makul ve Ayrımcı Olmayan (Fair Reasonable Non Discriminatory - FRAND) lisans ücretine göre kullanabilmektedir.

3GPP konsorsiyumu tarafından geliştirilen 3G ve 4G standartları, tüm dünyada kabul görmüş ve bu standartlar çok başarılı olmuştur. Bu teknolojilerin, 2014 yılı itibariyle 11 milyon yeni iş ve 3.3 trilyon dolarlık bir pazar oluşturduğu da tahmin edilmektedir.

Özet olarak, hem Ar-Ge alanlarını doğru tespit edebilmek hem de uzun vadede geliştirilecek ürünlerin özelliklerini, gereksinimlerini doğru belirleyebilmek için SSO'lara katılım sağlamak gerekmektedir. Mobil haberleşme teknolojileri alanında fiziksel ağı kısmı ile ilgili olarak öne çıkan iki konsorsiyum;

- 3G, 4G ve Yeni Radyo (New Radio-NR) standartlarını geliştirmiş olan **3GPP**

- Wi-Fi standardını geliştiren **IEEE 802.11**

çalışma gruplarıdır. Çekirdek ağ katmanı teknolojileri ile ilgili olarak öne çıkan iki konsorsiyum;

- Açık Ağ Vakfı (Open Network Foundation-ONF)
- İnternet Mühendisliği Görev Grubu (Internet Engineering Task Force-IETF)

çalışma gruplarıdır.

3GPP'nin ilk uygulanabilir 5G NR tanımlaması, 21 Aralık 2017 tarihinde Lizbon'daki 3GPP TSG RAN genel toplantısında başarıyla tamamlanmıştır. AT&T, BT, China Mobile, China Telecom, China Unicom, Deutsche Telekom, Ericsson, Fujitsu, Huawei, Intel, KT Corporation, LG Electronics, LG Uplus, MediaTek Inc., NEC Corporation, Nokia, NTT DOCOMO, Orange, Qualcomm Technologies, Inc., Samsung Electronics, SK Telecom, Sony Mobile Communications Inc., Sprint, TIM, Telefonica, Telia Company, T-Mobile USA, Verizon, Vodafone, ve ZTE firmalarının açıklamalarına göre; uygulanabilir 5G NR standardının tamamlanmasıyla beraber küresel mobil endüstrisindeki gelişimi için çeşitli testlerin ve ticari dağıtımın 2019 yılı gibi erken bir tarihte yapılabilmesi mümkün görünmektedir.

27 Şubat 2017 tarihinde Barselona'da küresel mobil endüstri liderlerinin 5G NR tanımlama sürecini hızlandırmak için desteklerini vereceklerini duyurması bu da ilk uygulanabilir Non-Standalone 5G NR tanımlaması için aracı bir aşama oluşturmuştur. Bu duyurunun sonucu olarak, 9 Mart tarihinde Dubrovnik, Hırvatistan'da gerçekleşen 3GPP RAN Genel Toplantısında bir süreç hızlandırma anlaşması yapılmıştır. İlk tanımlama, 3GPP Release 15'in parçası olarak tamamlanmıştır.

2018 yılı Haziran ayında 3GPP, Teknik Şartnameler Grubunun 80'inci Genel Kurul toplantısında bağımsız (standalone - SA) 5G Yeni Radyo (New Radio - NR) spesifikasyonunu tamamlanmıştır. Standardın bağımsız olmayan (non- standalone - NSA) versiyonu 2017'nin Aralık ayında kabul edilmişti. Standardın NSA kısmı LTE çekirdek şebekeden faydalanırken SA kısmı bağımsız olarak konuşlandırılacaktır. Yeni standart, mobil şebeke için uçtan uca yeni bir mimari sunmakta ve yeni iş modelleri geliştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Böylece yeni küresel standart ile hem mobil işletmeciler hem de dikey endüstriler için yeni iş modellerinin geliştirilmesini mümkün kılacak teknoloji seçeneklerinin yolunu açmıştır.

Bağımsız olmayan ve bağımsız 5G NR standartları ile ilgili paylaşılan fiziksel katman özelliklerine göre tamamlanan testler, 100 MHz'lik 3.5 GHz'lik orta bant spektrumunda çalışan canlı şebekede Ericsson'un 5G NR baz istasyonlarını ve Intel'in 5G mobil deneme platformunu kullanılmıştır.

5G Standartlarında gelinen bu aşama ile standartlara ilişkin ikinci ve üçüncü seçeneklerin tamamlanmış ancak 3GPP, Release 15 ile ilgili standartların henüz tamamlanmamış olup 5G ile ilgili standart çalışmalarının devam edilmektedir. 3GPP, Release 15'i 2018 yılı sonuna kadar geliştirmeye devam etmeyi planlamaktadır.

Söz konusu standardın tamamlanması, 5G NR'nin uygun maliyetli ve tam çaplı geliştirilmesi için temel bir araç olacak ve 3GPP sistemlerinin kapasitesini de muazzam ölçüde artırıp dikey piyasa için yeni fırsatlar yaratmaya olanak sağlamaktadır. Standalone 5G NR için de destek verilmesi hususu Dubrovnik'teki 3GPP tarafından kabul edilmiştir. SA ve NSA 5G NR operasyonunun bütünleşik olarak desteklenmesi için daha alt katmanda tanımlama tasarlanmış olup bu sayede 3GPP, küresel endüstriden tek 5G NR ekosistem ile faydalanabilecektir (Mobilewordlive, 2018).

5G ve Ötesi iletişim standartları geliştirme çabasıyla kurulan veya spesifik çalışma gruplarıyla standardizasyon geliştirilmesine katkı sağlayan kuruluşlar bulunmaktadır. Kuruluşlar; akademi, endüstri, servis sağlayıcı ve üretici gibi geniş bir kitleyi bir araya getirme misyonuyla da standardizasyon çalışmalarına katkı sağlamaktadır.

Takip edilmesinde fayda görülen sekiz kuruluş ve bu kuruluşların içerisindeki çalışma grupları, temel anlamda kuruluşun yapısı aşağıda yer alan bölümlerde özetlenmeye çalışılmıştır.

5.1.1. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği – Telekomünikasyon Sektörü

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği – Telekomünikasyon Sektörü (International Telecommunication Union-Telecommunication / ITU-T) ile ilgili çalışma grupları, Tablo 5-2'de verilmektedir (ITU, 2018).

Tablo 5-2 ITU-T Çalışma Grupları

Kuruluş	Çalışma Grubu
ITU-T	<ul style="list-style-type: none">• SG2 - Operational aspects• SG3 - Economic and policy issues• SG5 - Environment and circular economy• SG9 - Broadband cable and TV• SG11 - Protocols and test specifications• SG12 - Performance, QoS and QoE• SG13 - Future networks (& cloud)• SG15 - Transport, access and home• SG16 - Multimedia• SG17 - Security• SG20 - IoT, smart cities & communities

ITU-T SG13, yeni nesil şebeke standartlaşma çalışmalarına öncülük etmektedir. Hâlihazırda mobil telekomünikasyon için şebeke konularına odaklanılmıştır.

5G için ITU-T SG13 aksiyon planı (IMT-2020 için bazı konular) aşağıda yer almaktadır:

- IMT - 2020 yönetim gereksinimleri
- IMT - 2020 şebeke mimarisi
- Şebeke dilimleme orkestrasyon ve yönetimi
- Sabit-mobil ağ yakınsaması
- Çoklu ağ dilimlemeyi desteklemek için çerçeve vb.

FG IMT-2020, IMT-2020'nin ağ konularında çalışan odak grubudur. Çalışmaları yukarıda bahsettiğimiz ITU-T SG13'de yayınlanmaktadır.¹⁶

5.1.2. Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi

Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi (3rd Generation Partnership Project - 3GPP), gelişmiş mobil iletişim için teknik özellikler geliştirmek amacıyla 1998 yılında kurulmuştur (ETSI, 2018a). 3GPP, telekomünikasyon standartları geliştiren yedi organizasyon (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC)'u birleştirmekte ve üyelerine 3GPP teknolojilerini tanımlayan özellikler, raporlar ve standartlarının üretildiği kararlı bir ortam sağlamaktadır. 3GPP ile ilgili detaylı bilgilere aşağıdaki bölümlerde yer verilmektedir.

5.1.2.1. Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi konsorsiyumunun yapısı

3GPP, "Organizasyonel Ortaklar" olarak bilinen, yedi telekomünikasyon standart geliştirme organizasyonunun tek çatı altında bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Söz konusu yedi telekomünikasyon standart geliştirme organizasyonu aşağıda yer almaktadır (3GPP, 2018a):

- Radyo Endüstrisi ve İş Dünyası Federasyonu (Association of Radio Industries and Businesses - ARIB), Japonya
- Telekomünikasyon Endüstri Çözümleri Birliği (Alliance for Telecommunications Industry Solutions- ATIS), ABD
- Çin Haberleşme Standartları Birliği (China Communications Standards Association-CCSA), Çin
- Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (European Telecommunications Standards Institute-ETSI), Avrupa
- Telekomünikasyon Standartları Geliştirme Derneği, Hindistan (Telecommunications Standards Development Society,India-TSDSI), Hindistan
- Telekomünikasyon Teknoloji Ortaklığı (Telecommunications Technology Association - TTA), Kore
- Telekomünikasyon Teknoloji Komitesi (Telecommunication Technology Committee - TTC), Japonya

¹⁶ Focus Gruplar: ITU-T'nin study group çalışmalarını güçlendirmek ve alternatif oluşturmak için seçili alanlarda spesifikasyonların hızlı geliştirilmesine yardımcı olan bir araçtır.

3GPP çalışmaları, üç ayrı Teknik Spesifikasyon Grubunda (Technical Specification Groups-TSG) yürütülmektedir. Bu gruplar aşağıda yer almaktadır (3GPP, 2018b):

- Radyo Erişim Ağı (Radio Access Networks-RAN)
- Hizmet ve Sistem Konuları (Services & Systems Aspects- SA)
- Çekirdek Ağ ve Terminaller (Core Network & Terminals-CT)

TSG altında oluşturulan Çalışma Grupları (Working Groups-WG), düzenli toplantılar yapmakta ve yılın her çeyreğinde yapılan TSG Genel Toplantılarında (TSG Plenary Meeting) çalışma sonuçlarını onaya sunmaktadır.

Tablo 5-3’de, teknik spesifikasyon ve bunların altındaki çalışma gruplarına yer verilmektedir (3GPP, 2018b).

Tablo 5-3 Teknik Spesifikasyon ve Bunların Altındaki Çalışma Grupları

Proje Koordinasyon Grubu (Project Co-ordination Group - PCG)		
TSG RAN Radyo Erişim Ağı	TSG SA Hizmet ve Sistem Konuları	TSG CT Çekirdek Ağ ve Terminaller
RAN WG1 Radyo Katmanı 1. spesifikasyonu	SA WG1 Hizmetler	CT WG1 MM/CC/SM (lu)
RAN WG2 Radyo Katmanı 2. spesifikasyonu Radyo Katmanı 3. Radyo Kaynağı spesifikasyonu	SA WG2 Mimari	CT WG3 Harici şebekelerle birlikte çalışabilirlik

RAN WG3 lub spsifikasyonu, lur spesifikasyonu, lu spesifikasyonu UTRAN O&M gereklilikleri	SA WG3 Güvenlik	CT WG4 MAP/GTP/BCH/SS
RAN WG4 Radyo Performansı Protokol Yönleri	SA WG4 Codec	CT WG6 Akıllı Kart Uygulama Yönleri
RAN WG5 Mobil Terminal Uygunluk Testleri	SA WG5 Telekom Yönetimi	
RAN WG6 Eski RAN radyosu ve protokolü	SA WG6 Görev - Kritik uygulamalar	

5.1.2.2. 3GPP Radyo erişim ağı

Radyo Erişim Ağı (Radio Access Network-RAN) ile ilgili grupların çalışmalarına ilişkin bilgiler, Fiziksel Ağ Çalışma Grubu tarafından oluşturulan Beyaz Kitabın Fiziksel Ağ Standardizasyon Çalışmaları ve 3GPP bölümünde yer almaktadır.

5.1.2.3. 3GPP hizmet ve sistem konuları

Proje Koordinasyon Grubu Hizmet ve Sistem Konuları (TSG-SA), 3GPP spesifikasyonlarına dayanan sistemlerin genel mimarisi ve hizmet yeteneklerinden ve TSG koordinasyonundan sorumludur. Temel olarak aşağıdaki konularda çalışılmaktadır (3GPP, 2018c):

- Belirli alt sistemlere (UTRAN, GERAN, CN, terminal, SIM / USIM) işlevlerin atanması, temel bilgi akışlarının belirlenmesi ve bu farklı alt sistemler tarafından sunulan gerekli taşıyıcıların ve hizmetlerin tanımlanması dâhil olmak üzere genel sistem mimarisinin tanımı, gelişimi ve sürdürülebilirliği.
- Hizmetler, hizmet kabiliyetleri, hizmet mimarisi, “varsayılan” hizmetler ve/veya uygulamalar için ihtiyaç ve ücretlerin dikkate alınması yönelik bir çerçevenin geliştirilmesi.
- Güvenlik çerçevesinin tanımlanmasıyla genel sistemin güvenlik açısından gözden geçirilmesi.
- Diğer TSG'lere görevlerin verilmesi ve ilerlemenin izlenmesi dâhil olmak üzere çalışma konularının yönetimi

Ayrıca TSG-SA grubu daha spesifik olarak, aşağıdaki çalışma alanlarını da ele alacaktır:

- Hizmetler Yetenekler
 - ✓ Hizmet tanımı ve önemli gereklilikleri.
 - ✓ Hücresel, sabit ve kablosuz uygulamalar için hizmet kabiliyetlerinin ve hizmet mimarisinin geliştirilmesi.
 - ✓ IP Multimedya Alt Sisteminin (IMS) sektörel gelişimi için açık bir ortamın sağlanması.
- Aşağıdaki konularda Aşama 1 (Stage 1) ve Aşama 2 (Stage 2)'nin tanımlanması:
 - ✓ Ücretlendirme ve hesaplama
 - ✓ Ağ yönetimi
 - ✓ Güvenlik Unsurları
- Mimari
 - ✓ Belirli alt sistemlere (örneğin UTRAN, GERAN, CN, Terminal, SIM / USIM) işlevlerin atanması ve temel bilgi akışlarının belirlenmesi dâhil olmak üzere genel mimarinin tanımı, gelişimi ve sürdürülebilirliği.
 - ✓ Diğer TSG'lerle işbirliği içinde hem paket hem de devre anahtarlamalı ağlara erişim için hizmet kalitesi gereksinimleri de dâhil olmak üzere farklı alt sistemler tarafından sunulan gerekli hizmetleri, hizmet yeteneklerini ve taşıyıcı yeteneklerini tanımlamak.
- CODEC Konuları
 - ✓ Uçtan uca iletişimin tanımlanmasıyla ilgili ilkeler.
 - ✓ İlgili spesifikasyonların tanımlanması, gelişimi ve sürdürülebilirliği.

- Proje Koordinasyonu
 - ✓ Diğer TSG'lerde gerçekleştirilen çalışmanın yüksek seviyede koordinasyonu ve ilerlemenin izlenmesi.

5.1.2.4. 3GPP çekirdek ağ ve terminaller

TSG Çekirdek Ağ ve Terminalleri Grubu (TSG - CT), terminal arayüzlerinin (mantıksal ve fiziksel), terminal yeteneklerinin (yürütme ortamları gibi) ve 3GPP sistemlerinin Çekirdek Ağ katmanının tanımlanmasından sorumludur.

Daha spesifik olarak; kullanıcı ekipmanı - Çekirdek ağ 3. katmanı radyo protokolleri (Arama Kontrolü, Oturum Yönetimi, Mobility Yönetimi), çekirdek ağ düğümleri arasındaki sinyalizasyon, harici ağlarla ara bağlantı, işletim ve bakım gereksinimleri, ağ varlıkları arasında GPRS, Transcoder Sorunsuz İşletimi, CAMEL, Genel Kullanıcı Profili, Kablosuz LAN - UMTS IP Multimedya Alt Sistemi, SIP Çağrı Kontrolü, IM alt sistemi için SDP protokolleri, Hizmet Kalitesi ve UMTS Açık Hizmet Erişimi (OSA) için özel arayüzlerin eşleştirilmesi konularını ele almaktadır.

Bu grup özellikle aşağıdaki konulardan sorumludur (3GPP, 2018d):

- Kullanıcı Ekipmanı - Erişim teknolojisi katmanları hariç Devre Anahtarlama (Circuit Switched -CS) ve Paket Anahtarlama (Packet Switched-PS) alan adındaki çekirdek ağ 3. katmanı protokolleri.
- İlişkili ve ilişkili olmayan çağrı sinyalleşmesi için çekirdek ağ dâhili arayüzleri.
- Harici ağlarla çekirdek ağın ara bağlantısı.
- SIM / USIM / ISIM ve arayüz özellikleri.
- 3GPP terminalleri tarafından desteklenen terminal veya ağ tabanlı uygulamalar.
- Mevcut ve gelişmiş 3GPP sisteminde yer alan CS ve PS alan adı için çekirdek ağ protokolleri.
- IP Multimedya Alt Sistemi (IMS).
- Sorumluluğu altında yer alan çalışma konularının yönetimi.

Ayrıca spesifik olarak söz konusu grup (TSG-CT), mevcut ve gelişmiş 3GPP sisteminde aşağıdaki çalışma alanlarını ele alması hedeflenmektedir:

- CS ve PS alan adı 3GPP tanımlı erişim teknolojileri için mobility yönetimi, kullanıcı ekipmanı ve çekirdek ağ arasında çağrı bağlantısı kontrolü ve oturum yönetimi sinyalizasyonu.
- Çekirdek ağ düğümleri arasında çekirdek ağ sinyalizasyonu. Kullanıcı bilgisi, abonelik bilgisi ve şebeke servislerinin kontrolü gibi işlevselliğine yönelik sinyalleşmenin desteklenmesi.
- 3GPP ağları arasında birlikte çalışabilirlik (örneğin, handover'lar).
- 3GPP ağları ve harici ağlar (örneğin WLAN, IMS SIP, PSTN) arasındaki birlikte çalışabilirlik.
- Hizmet Kalitesi ile ilgili konular.
- IP Multimedya sinyalizasyon protokolleri ve IMS'nin farklı erişim teknolojilerine uyarlanması.
- Çekirdek ağ arayüzlerinin protokolleri.
- Çekirdek ağ işletim ve bakım gereksinimleri.
- Servis yeteneği protokolleri.
- Mesajlaşma veya içerik paylaşımı gibi uygulamaların terminal ve çekirdek ağ hususları
- Hizmetlerin uçtan uca birlikte çalışabilirliği.
- SIM / USIM / ISIM'den Mobil Terminal arayüzüne ve işlevselliğine.
- Terminal arayüzleri ve servis (uygulama) yürütme için model / çerçeve
- Çok modlu terminaller.
- Diğer TSG'ler ve diğer forumlarla uygun şekilde bağlantı kurmak.

5.1.3. Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü

Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsünün (The Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE) 5G girişimi ile ilgili çalışma grupları Tablo 5-4'de verilmektedir.

Tablo 5-4 IEEE 5G Girişimi Çalışma Grupları

Kuruluş	Çalışma Grubu
IEEE 5G	<p>IEEE Computer Society Standarts</p> <ul style="list-style-type: none"> -IEEE 802.1™ Higher Layer LAN Protocols Working Group -IEEE 802.3™ Ethernet Working Group -IEEE 802.11™ Wireless LAN Working Group -IEEE 802.15™ Working Group for Wireless Specialty Networks -IEEE 802.19™ Wireless Coexistence Working Group -IEEE 802.22™ Wireless Regional Area Working Group -IEEE 802.24™ Vertical Applications Technical Advisory Group

IEEE 5G Girişimi, 5G ile ilgili zorlukların çözümünde çalışan endüstri, akademi ve hükümet çalışanlarının bir araya gelmesi için dünya genelinde çeşitli çalışmalar hakkında bilgi toplamayı amaçlamaktadır. IEEE 5G, Yönetim Komitesi ve Çalışma Grubundan oluşur (IEEE, 2018).

5.1.4. Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü

Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsünde (European Telecommunications Standard Institute - ETSI) tarafından standardizasyon çalışmalarını aşağıda da belirtilen üç ana grup aracılığıyla yapılmakta olup Çalışma Gruplarına Tablo 5-5’de yer verilmektedir:

- **Teknik Komiteler veya Diğer Çalışma Grupları (Technical Committees or Other Types Of Working Groups):** Üyelerin temsilcilerinden oluşmakta olup bir raportör liderliğindeki teknik komiteler veya diğer çalışma grupları ile birlikte standartlarını taslak haline getirir. Üyeler herhangi bir komite ve çalışma faaliyetine katılabilir (Katılımın ETSI Kurulu tarafından kontrol edildiği belirli güvenlikle ilgili çalışmalar dışında)
- **Uzman Görev Güçleri (Specialist Task Forces - STFs):** Acil ihtiyaç olan bir çalışmayı hızlandırmak üzere kurulmaktadır. STF'ler belirli bir konu üzerinde yoğun olarak çalışmak üzere belirli bir süre için bir araya gelen teknik uzmanlardan oluşan gruplardır.

- **Endüstri Spesifik Grupları (Industry Specification Groups - ISGs):** Endüstriye etkili bir alternatif sunulmakta olup belirli teknoloji alanlarına hitap etmek için hızlıca kurulmaktadır.

Tablo 5-5 ETSI Çalışma Grupları

Kuruluş	Çalışma Grubu
ETSI	<p>1) Teknik Komiteler veya Diğer Çalışma Grupları (Technical committees or other types of working groups)</p> <p>2) Uzman Görev Güçleri (Specialist Task Forces - STFs)</p> <p>3) Endüstri Spesifik Gruplar (Industry Specification Groups - ISGs)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artırılmış Gerçeklik Çerçevesi (Augmented Reality Framework - ARF) • Bileşik İçerik Yönetimi (Compound Content Management - CCM) • Şehir Dijital Profili (City Digital Profile - CDP) • Çapraz Kesme İçerik Bilgi Yönetimi (Cross-Cutting Content Information Management - CIM) • Gömülü Ortak Arayüz (Embedded Common Interface - ECI) • Deneyimsel Şebekede Zeka (Experiential Networked Intelligence - ENI) • IPv6 Entegrasyon (IPv6 Integration - IP6) • Bilgi Güvenliği Göstergeleri (Information Security Indicators - ISI) • Mobil ve Yayın Yakınsama (Mobile&Broadcast Convergence - MBC) • MEC (Mobile-Edge Computing) • Milimetre Dalga İletimi (millimeter Wave Transmission - mWT) • Şebeke Fonksiyonlarını Sanallaştırma (Network Functions Virtualization - NFV) • Gelecek Nesil Protokolleri (Next Generation Protocols - NGP) • Kullanıcılar için Operasyonel Enerji Verimliliği (Operational Energy Efficiency for Users - OEU) • Kuantum Anahtar Dağılımı (Quantum Key Distribution - QKD) • Yüzey Montaj Tekniği (Surface Mount Technique - SMT) • Sıfır Dokunmatik Şebeke ve Servis Yönetimi (Zero touch network&Service Management - ZSM)

5.1.5. Açık Ağ Oluşturma Vakfı

Açık Ağ Oluşturma Vakfı (Open Networking Foundation - ONF), açık kaynak kodlu olarak SDN ve ilişkili teknoloji standartlarını geliştiren ve kullanımının yaygınlaştırılmasını hedefleyen kullanıcı odaklı ve kâr amacı gütmeyen bir konsorsiyumdur. Bilgisayar ağ altyapısının ve taşıyıcı işletmenin dönüşümünü yönlendirmeyi hedefleyen konsorsiyum, 2011 yılında;

- Deutsche Telekom
- Facebook,
- Google,
- Microsoft,
- Verizon
- Yahoo

tarafından kurulmuştur.

ONF, taşıyıcı endüstrisinde devrim yaratmak için ağ ayrıştırması, beyaz kutu ekonomisi, açık kaynaklı yazılım ve yazılım tanımlı standartlar kullanarak çözüm üreten birçok proje için şemsiye görevi görmektedir. Vakıf, 2016 yılında SDN'nin tüm potansiyelini gerçekleştirmek amacıyla araçlar/platformlar geliştirecek açık kaynak topluluklarını teşvik eden Open Networking Lab (ON.Lab) ile birleşmiştir. Birleşme sonrası da kurumun adı ONF olarak korunmuş ve “Linux Foundation” bünyesine katılmıştır. Böylece “Linux Foundation” altında OpenDayLight, Open Switch, ONAP gibi projelerle beraber ağın yazılım tabanlı hale getirilmesini amaçlayan pek çok proje bir araya gelmiştir.

ONF çalışma grupları aşağıda özetlenmekte ve Tablo 5-6’da yer verilmektedir (ONF, 2018b):

- SDN: Kontrol düzlemi ve yönlendirme düzlemini ayrıştırarak ağ kontrolünün doğrudan programlanabilmesini sağlamaktadır.
- Openflow: SDN mimarisinin kontrol ve yönlendirme katmanları arasında tanımlanmış standart bir arayüzdür.
- ONOS: Servis sağlayıcılar için SDN OS servislerde ve uygulama oluşturmada ölçeklenebilirlik, yüksek performans ve yüksek erişilebilirlik sağlar.
- CORD: Santrallerin veri merkezi olarak yeniden tasarlanmasını kapsamaktadır.

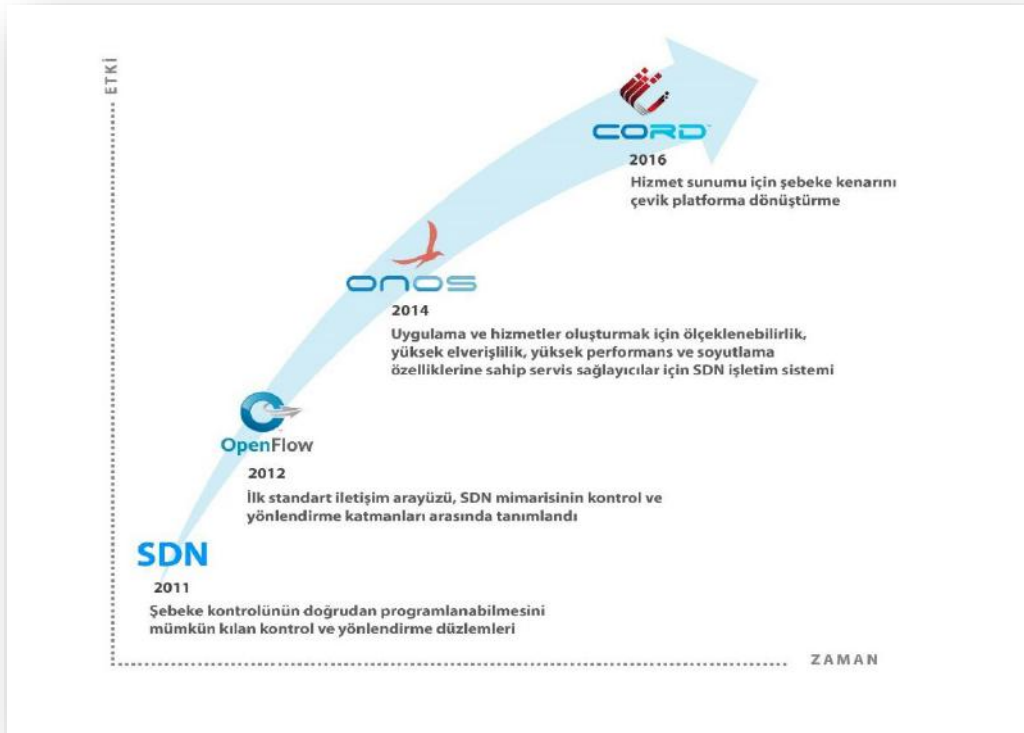
- ✓ M - CORD: 5G mobil kablosuz network için açık kaynaklı referans çözümdür.
- ✓ R - CORD: 5G mimarisinde sabit erişim şebekesi için SDN ve NFV tabanlı açık kaynaklı referans çözümdür.
- ✓ E - CORD: 5G mimarisinde kurumsal firmalara sanal bir şebeke ve servisleri için SDN&NFV tabanlı açık kaynaklı referans çözümdür.

Tablo 5-6 ONF Çalışma Grupları

Kuruluş	Çalışma Grubu
ONF	1)SDN 2)OpenFlow 3)ONOS 4)CORD M-CORD R-CORD E-CORD

ONF'in temel amacı, yaygın olarak ilk SDN standardı olarak kabul edilen ve çeşitli ağ yönlendiricileri ve anahtarlayıcıları arasındaki trafiği yönetmek/yönlendirmek için tasarlanmış programlanabilir bir protokol olan OpenFlow'u destekleyecek bir ağ ortamı geliştirmektir. Vakıf, bu amaçla günümüze kadar Şekil 5-1'de gösterildiği gibi çeşitli açık kaynak kodlu projeler oluşturup yönetmiştir. Projeler hakkındaki detaylı bilgiler aşağıda verilmektedir.

Şekil 5-1 Açık Ağ Oluşturma Vakfı Projeleri



Bugün itibarıyla bilişim teknolojileri, bulut, telekom servis sağlayıcıları, ağ donanımı ve teknoloji üreticilerini temsil eden AT&T, Verizon, Google, Samsung, Intel, Ericsson gibi 150’den fazla şirket ONF’nin üyesidir. Üyelikler “partner”, “collaborating innovators”, “innovators” ve “collaborators” statülerinde olabilmektedir. ONF, üyelerinin yanı sıra gönüllü olarak katkıda bulunan birçok şirkete ve bireye sahiptir. İlk önce gönüllü olarak anlamlı katkılar yapan ve gelecekte katkıda bulunacak aktif mühendislik kaynaklarını belirleyen şirketler, “collaborator” statüsüne alınır. “Collaborator” statüsü dışındaki tüm üyelikler ücretlidir. Turkcell, 2018 yılında ONF’de “collaborating innovator” olarak yerini almıştır. Türkiye’den Türk Telekom ise ONF “partner” şirketlerinden birisidir.

ONF, “paydaş” şirket temsilcilerinden oluşan bir yönetim kurulu tarafından yönetilmektedir. Bu kapsamda Türk Telekom, diğer “paydaş” şirketlerle beraber yönetim kurulunda yer almaktadır. Ayrıca ONF aşağıda yer alan alt bölümlerden oluşmaktadır:

- Yönetici (Executive)
- Laboratuvar (LAB)
- Elçi (Ambassadors)

- Kullanım Durumu Yönlendirme (Use Case Steering Team - UCST)

Yönetici ekibi, ONF konsorsiyumunun yönetiminden *Laboratuvar ekibi* ise ONF projelerinin geliştirilmesinden sorumludur. *Elçi ekibi*, ONF projeleri hakkında tutkulu ve bilgili olan ve projeler için güçlü bir yerel topluluk kurmaya yardımcı olmak isteyen taraflardan oluşmaktadır.

ONF liderliğindeki projelerdeki çözümlere dönüştürülecek kullanım durumlarını belirlemek ve önceliklendirmek *Kullanım Durumu Yönlendirme ekibinin* sorumluluğundadır. UCST, işletmeci üyeleriyle birlikte çalışarak onlar için en önemli kullanım durumlarını önceliklendirir ve ONF topluluğunu bu kullanım durumlarını geliştirme çalışmalarına yönlendirir.

UCST, Partner veya Geliştirici olan mobil işletmeci şirket temsilcileri ile Partner olan üretici şirketlerin seçilmiş üç temsilcisinden oluşur. Ayrıca ONF yönetim kurulu, UCST'ye bir kaç ONF temsilcisi atayabilir.

5.1.5.1. Openflow standartları

ONF'in en önemli ve bilinen katkısı, yaygın olarak ilk SDN standardı olarak kabul edilen OpenFlow olmuştur. OpenFlow, bir SDN ağında kontrol düzleminin (SDN kontrolcüsü) ile yönlendirme düzleminin (anahtarlayıcı) iletişimini sağlayan protokoldür. OpenFlow, bugün güney arayüzünün (Southbound Interface) en çok kabul edilen protokolü olarak birçok ağ anahtarlayıcısı tarafından desteklenmektedir. Google, 2012 yılında OpenFlow'u kendi veri merkezi ağında kullanmaya başlamıştır.

OpenFlow, ağdaki topolojinin öğrenilmesi, paket iletimi, paket filtreleme, ağ üzerinde gerçekleşen işlemlerin (iletilecek paketlerin) istatistiklerinin toplanması, ağ anahtarlayıcılarında bulunan adres (akış) tablolarının kontrol edilmesi gibi ağ işlerinde yönetim ve bakım imkânı sunarak, ağ kontrolcülerinin yönlendirme-karar mekanizmalarını gerçekleştirmelerine olanak sağlamaktadır.

OpenFlow, esnekliği sınırlayan ve firma bağımlılığına neden olan özel çözümlere alternatif sağlamak için 2008 yılında piyasaya sürülmüştür. OpenFlow sayesinde geliştiriciler, tek bir

ağ cihaz üreticisine bağlı kalmadan, farklı tipteki anahtarlayıcı ve yönlendiriciler üzerinde aynı şekilde program yazabilmektedirler. OpenFlow ile SDN kontrolcüsü, ağın daha programlanabilir olması ve iş taleplerine daha hızlı yanıt vermesini sağlamak için ağ anahtarlayıcılarını ve yönlendiricilerini kontrol edebilmeyi ve bu cihazların davranışlarını değiştirebilmeyi sağlamaktadır.

ONF, halen yeni kullanım durumlarının ihtiyaçlarını karşılamak için OpenFlow standardını geliştirmeye çalışan birkaç çalışma grubunu yönetmektedir. Mevcut aktif çalışma grupları, aşağıda listelenmektedir:

- Mimari ve Çerçeve (Architecture and Framework)
- Soyutlamayı Yönlendirme (Forwarding Abstraction)
- Kuzey Arayüzleri (Northbound Interfaces)
- Tartışma Grupları (Discussion Groups)
- Yapılandırma ve Yönetim (Configuration and Management)
- Pazar Eğitimi (Market Education)
- Optik Taşıma (Optical Transport)
- Kablosuz ve Mobil (Wireless & Mobile)
- Genişletilebilirlik (Extensibility)
- Birleştirme (Migration)
- Test ve Birlikte Çalışabilirlik (Testing and Interoperability)

Teknik Danışma Grubu (Technical Advisory Group - TAG) ve Çip Üreticileri Danışma Kurulu (Chip Advisory Board - CAB) ONF'e üst düzey rehberlik sağlamaktadır. TAG, yeni nesil yazılım tanımlı ağlarla ilgili teknik konularda çok satıcılı perspektifler ve sektöre özel bilgi sağlar. CAB ise yonga (çip) üreticileri için donanım eko sistemini ve tedarik zincirini en iyi şekilde tanıtmak için bir forum olarak hizmet etmektedir. ONF Test ve Birlikte Çalışabilirlik Çalışma Grubu, OpenFlow'un geliştirilmesini ve benimsenmesini hızlandırmaya çalışmakta ve aktif olarak uygunluk testlerini hazırlamaktadır.

ONF, standartlar yoluyla birlikte çalışabilirliği artırır, yeni açık kaynak çözümlerin hızlı bir şekilde prototiplenmesini destekler, ayrıştırılmış bileşenleri bütünleşik ve eksiksiz sistemler haline getirmeye yardımcı olur. Test ve birlikte çalışabilirlik kombinasyonu, SDN ve NFV'nin

benimsenmesini hızlandıracak ve ağların hizmet sunumu için yenilikçi platformlara dönüştürülmesini sağlayacaktır. ONF, üç tip yazılım tanımlı standart çıkarmaktadır (ONF, 2018a):

1. Teknik Spesifikasyonlar (TS)
2. Teknik Tavsiyeler (TT)
3. Bilgilendirici (B) Standartlar

OpenFlow ile ilgili standartlar, Teknik Spesifikasyonlar olarak yayınlanır ve protokol tanımlarını, bilgi modellerini, bileşenlerin işlevselliğini ve ilgili çerçeve belgelerini içerebilir. ONF RAND-Z IPR politikasına ve lisansına sahip olan ve normatif bir yayında olduğu için bu şekilde tanımlanan Teknik Spesifikasyon kategorisi daha ileri kullanım için yol göstericidir.

Teknik Tavsiyeler, API'leri, veri modellerini, protokolleri, bilgi modellerini ve benzerlerini tanımlayan tüm standartları içerir. Teknik Tavsiyeler, ONF normatif belgeleridir. Apache 2.0 lisansı ya da telif hakkı ile korunmakta olup resmi olarak atıfta bulunulduğu takdirde değiştirilmemiş ve ticari olarak satılamaz şekilde serbestçe kullanılabilirler.

Bilgilendirici Standartlar, ONF misyonunu ve açık ağ çözümlerinin geliştirilmesini ve/veya kullanılmasını sağlamak için yayınlanır. Bu; kullanım örnekleri, araştırma raporları, çözüm özetleri, test raporları ve müşteri vaka analizlerini içerebilir. Bu dokümanla, normatif nitelikte değildir ve yalnızca telif hakkı ile korunur. Resmi olarak atıfta bulunulduğu takdirde değiştirilmemiş ve ticari olarak satılamaz şekilde serbestçe kullanılabilirler.

ONF yapısının daha fazla açık kaynağa dönüşmesiyle birlikte gelecekteki SDN standartlarının Teknik Tavsiyeler veya Bilgilendirici olarak yayınlanması beklenmektedir. Teknik Spesifikasyonların yayınlanması ve RAND-Z lisanslama modelinin kullanımı, OpenFlow ile ilgili çalışmaya mahsustur.

OpenFlow teknik spesifikasyonu 1.0.0 sürümü ile 2009 yılında başlamış ve en son sürümü (Version 1.5.1) 2015 yılında çıkmıştır. Şu an 1.6 sürümü için çalışılmaktadır. OpenFlow anahtarlayıcı uyumluluk test spesifikasyonu ise 2013 yılında 1.0.1 sürümü ile başlamıştır. Bu

spesifikasyon, anahtarlayıcıların belirli bir OpenFlow sürümü ile uyumlu olması için geçmesi gereken testleri tanımlamaktadır. En son OpenFlow 1.3.4 sürümü için test spesifikasyonu mevcuttur. Tablo 5-7’de, ONF tarafından çıkarılan son OpenFlow standartları gösterilmektedir.

Tablo 5-7 ONF OpenFlow Standartları

Tarih	Standart Adı	Doküman Türü
06/17	SPTN OpenFlow Protocol Extensions	TS
04/17	Optical Transport Protocol Extensions Ver. 1.0	TS
02/15	Benefits of Multiple Flow Tables and TTPs	TT
04/15	OpenFlow Switch Specification Ver 1.5.1	TS
08/15	OpenFlow Table Type Patterns 1.0	TS
08/14	OpenFlow Controller-Switch NDM Synchronization 1.0	TS
04/15	Conformance Test Specification for OpenFlow® Switch Specification 1.3.4 - Basic Single Table	TS

5.1.5.2. Açık ağ işletim sistemi

Açık Ağ İletişim Sistemi (Open Network Operating System - ONOS), yeni nesil SDN/NFV çözümleri için önde gelen bir açık kaynak SDN kontrolcüsüdür. ONOS, beyaz kutu kullanan, basitleştirilmiş arayüzlerle yeni dinamik ağ hizmetlerini yaratma ve kullanma esnekliğine sahip taşıyıcı sınıfı çözümler sunmak isteyen mobil işletmecilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanmıştır. ONOS, ağın gerçek zamanlı kontrolünü sağlayarak ve ağ içindeki yönlendirme ve kontrol protokollerini (rotalama vb.) değiştirme gereksinimini ortadan kaldırmaktadır. ONOS çözümünde ağ yönetim zekâsı, ONOS bulut kontrolcüsüne taşınmakta

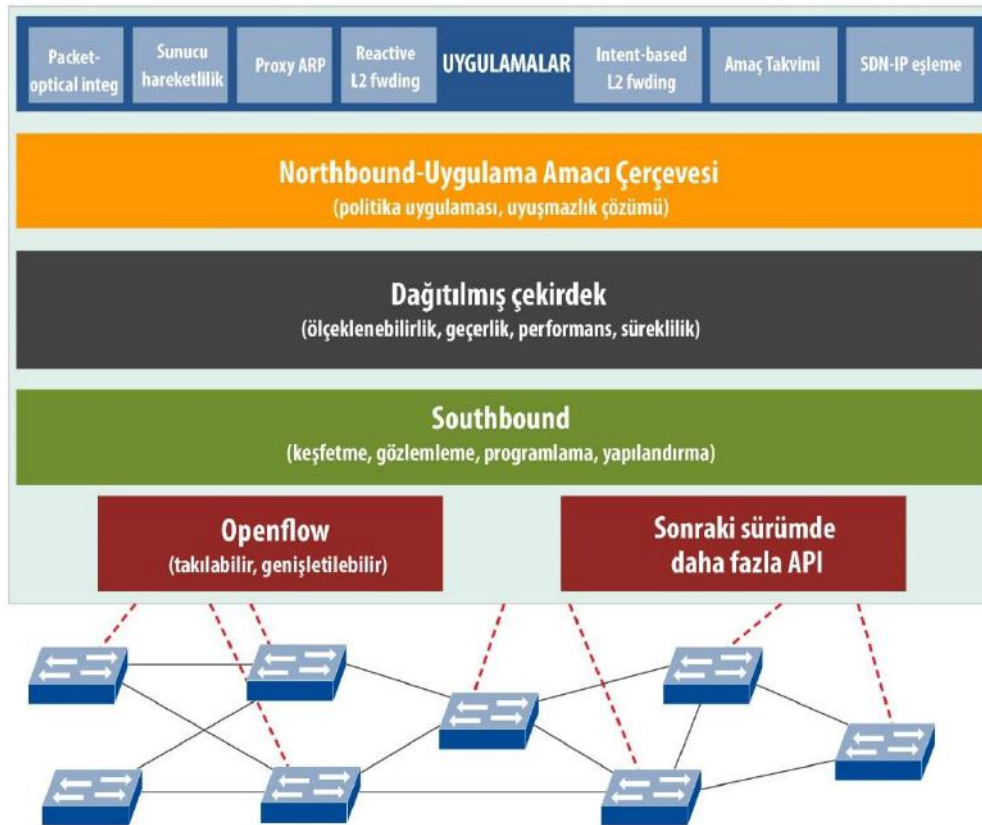
ve son kullanıcılar veri düzlemindeki sistemleri değiştirmeden yeni ağ uygulamaları oluşturabilmektedir.

ONOS platformu aşağıdaki çözümleri içermektedir:

- Genişletilebilir, modüler, dağıtılmış bir SDN kontrolcüsü olarak görev yapan bir platform ve uygulama seti.
- Yeni yazılım, donanım ve servislerin basitleştirilmiş yönetimi, konfigürasyonu ve dağıtımı.
- Mobil işletmecilerin ölçeklenebilirlik ve esneklik ihtiyaçlarını karşılayabilmek için geliştirilmiş genişletilebilir mimari.

Büyüyen bir geliştirici ve kullanıcı topluluğu ile ONOS, Apache 2.0 lisansı altında dağıtılan açık kaynaklı bir projedir. ONOS mimarisine, Şekil 5-2’de yer verilmektedir.

Şekil 5-2 ONOS Mimarisi



Dağıtık Çekirdek: Servis sağlayıcıların taleplerini karşılamak için gereken yüksek kullanılabilirlik, ölçeklenebilirlik ve performansı sağlamaktadır.

Soyutlama & Modelleme: Uygulamaların, cihaz özelliklerine bağımlı olmadan şebekeyi yapılandırmasına ve kontrol etmesine izin vermektedir.

Uygulama Platformu: Geliştiricilerin ağın temel yeteneklerini dinamik olarak genişletmelerine izin vermektedir.

ONOS, çok çeşitli alanlarda kullanılmış olup bir dizi işletmecinin ve tedarikcinin SDN kontrolcü çözümüne yerleştirilmiştir. ONF içinde de ONOS'un önemli bir etkinleştirici olduğu ve satışa dönük projelerin ayrılmaz bir parçası haline geldiği iki durum söz konusudur;

- **Veri Merkezi Olarak Merkez Ofislerin Yenilenmesi (Central Office Re-architected as a Datacenter - CORD):** Konut, mobil ve kurumsal alanlarda (domain) veri merkezi olarak yeniden yapılandırılan telekom santrali kullanım örnekleri için ağ platformudur.
- **Açık Ayrılmış Ulaşım Ağı (Open Disaggregated Transport Network - ODTN):** Paket ve optik alanların yeni nesil geniş alan ağları oluşturmak için beyaz kutu donanımla bütünleşmiş çok katmanlı SDN ağ çözümüdür.

ONOS, üç ayda bir sürüm çıkarmaktadır. Şekil 5-3'de, sürüm tarihçesi görülmektedir.

Şekil 5-3 Açık Ağ İletişim Sistemi Sürüm Tarihçesi



ONOS'un gelecek için belirlenen yol haritası aşağıdaki geliştirmeleri kapsamaktadır:

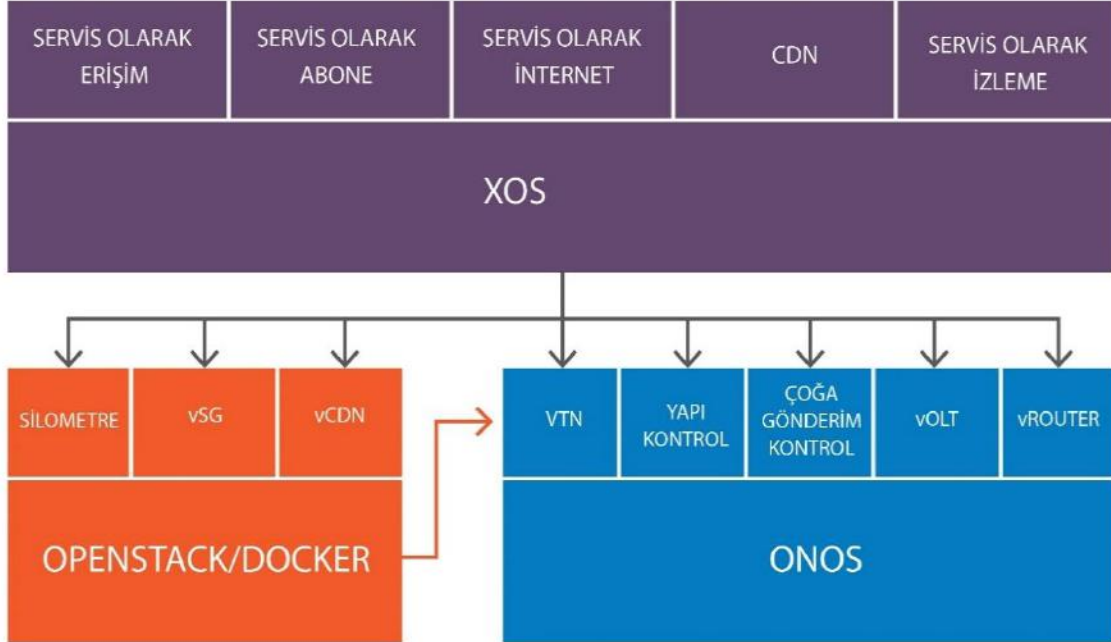
- Dinamik Yapılandırma - Gerçek zamanlı cihaz ve servis konfigürasyonu oluşturma/değiştirme.
- OpenFlow 1.5 - Kütüphane ve sağlayıcılar için OpenFlow 1.5 protokol desteği.
- Sanallaştırma - SDN özellikli sanal ağların oluşturulması.
- GUI v2.0 - Büyük ölçekli ağlarda kullanılabilir ayrıntılı ve daha gelişmiş web kullanıcı arayüzü.
- Küreselleştirme/Yerelleştirme (I18N/L10N) - Arayüzün yerelleştirilmesi ve yerelleştirilmiş mesaj seti üretimi.
- P4 (Programming Protocol - Independent Packet Processors) - P4 programlarını ve programa özgü soyutlamalar ve uygulamalar da dâhil olmak üzere P4 programlarının farkındalığını destekleme.
- gRPC API'leri - Platform dışı uygulamaların denetimli şekilde kontrol fonksiyonlarına erişmesinin sağlanması ve platform dışı uygulamaların Java dışındaki dillerde yazılmasına izin verecek bir API sağlama.
- ONAP/MANO Entegrasyonu - Çeşitli orkestrasyon platformlarıyla entegrasyon.
- OpenStack Entegrasyonu - Mevcut OpenStack ağ uygulamasının daha verimli çalışacak şekilde geliştirilmesi, yazılımsal ve donanımsal ağ işlevlerini destekleme; kurulum ve işletimi kolaylaştırma.
- Hizmet İçi (In - Service) Yazılım Yükseltmesi - ONOS kontrolcü kümesini, kontrolcülerin teker teker yükseltilebileceği ve kontrolcü işlevselliğinin kesintiye gerek uğramasına gerek kalmayacak şekilde geliştirilmesi.
- Federasyon - farklı yönetim alanları arasındaki iletişimi kolaylaştırmak için uçtan uca veya hiyerarşik düzenlemeler kullanarak birden fazla ONOS kümesi için koordinasyon mekanizması.

5.1.5.3. Merkez ofislerin veri merkezi olarak yeniden yapılandırılması

Merkez Ofislerin Veri Merkezi Olarak Yeniden Yapılandırılması (Central Office Re-architected as a Datacenter - CORD), telekom santrallerini, SDN ve NFV ayrıca bulut teknolojileri ile bir veri merkezi olarak yeniden tasarlayan açık kaynaklı bir çözümdür. Bu sayede, özel donanımlar üzerinde çalışan kapalı servislerle dolu geleneksel santrallerin, genel sunucular üzerinde koşan açık kaynaklı yazılımları içeren yeni nesil santrallere dönüşümü hedeflenmektedir. Böylece ağ işletmecileri, hâlihazırda bulut sağlayıcıların faydalandığı

ölçeklenebilirlik ekonomisinden ve çeviklikten yararlanabileceklerdir. CORD mimarisine, Şekil 5-4’de yer verilmektedir.

Şekil 5-4 CORD Mimarisi



CORD'un referans gerçekleştirilmesi dört açık kaynak projesini kullanmaktadır:

- **OpenStack:** Çekirdek interneti bir hizmet (IaaS) yeteneği olarak sunan küme yönetimi paketidir. Sanal Makineleri (Virtual Machine -VM) ve Sanal Ağları (Virtual Network - VN) yaratma ve tedarik etme sorumluluğunu taşır.
- **Docker:** Hizmetleri dağıtmak ve birbirine bağlamak için konteyner tabanlı bir araç sağlar. Aynı zamanda CORD kurulumunda rol oynar.
- **ONOS:** Hem yazılımsal hem de fiziksel anahtarlayıcı yapısını yöneten ağ işletim sistemidir. Abone servislerini gerçekleştiren ve anahtarlama yapısını yöneten bir kontrol uygulamaları topluluğuna ev sahipliği yapar.
- **XOS:** Hizmetleri bir araya getirmek ve oluşturmak için bir çerçevedir. Altyapı hizmetlerini (OpenStack tarafından sağlanır), kontrol düzlemi servislerini (ONOS tarafından sağlanır) ve bir veri düzlemi veya bulut hizmetini (VM'lerde veya konteynerlerde çalışan) birleştirir.

CORD, Şu anda farklı pazar çözümleri olacak Şekilde üç ayrı sürüm olarak geliştirilmiştir. Bu sürümler aşağıda yer almaktadır:

- **M-Cord (Mobile):** 5G mobil kablosuz ağıları için açık kaynaklı referans çözümdür.
- **R-Cord (Residential):** 5G mimarisinde sabit erişim Şebekesi için SDN ve NFV tabanlı açık kaynaklı referans çözümdür.
- **E-Cord (Enterprise):** 5G mimarisinde kurumsal firmalara sanal bir Şebeke ve servisleri için SDN ve NFV tabanlı açık kaynaklı referans çözümdür.

CORD'un gelecek için belirlenen yol haritası, aşağıdaki geliştirmeleri kapsamaktadır:

- Üç ayrı CORD sürümünün birleştirilmesi ve tek bir platform haline getirilmesi.
- ONAP entegrasyonu.
- En son erişim çevre birimleri (VOLTHA ve xRAN) ile entegrasyon.
- Mikro hizmetleri içerecek Şekilde servis portföyünün genişletilmesi - Kubernetes.
- CORD kontrol düzleminin hizmet içi yazılım güncelleme sürecine dâhil edilmesi.

5.1.6. Gelecek Nesil Mobil Ağları

Gelecek Nesil Mobil Ağları (Next Generation Mobile Network - NGMN), LTE-Advanced'in ve ekosisteminin gelişimini hızlandırırken mobil geniş bant deneyimini genişletmek ve 5G'ye odaklanan kuruluştur. NGMN tarafından 5G Beyaz Kitap hazırlanmış olup çalışma gruplarına Tablo 5-8'de yer verilmektedir (NGMN, 2018).

Tablo 5- 8 NGMN Çalışma Grupları

Kuruluş	Çalışma Grubu
NGMN	1)Üye 2)Katılımcı 3)Danışman

5.1.7. GSM Birliği (GSMA)

GSM sektörünün öncü kuruluşu GSM Birliği (GSM Association - GSMA), mobil işletmeciler ve telekomla ilgili firmalardan oluşan ve 1995 yılından bu yana faaliyet gösteren bir kuruluştur. GSMA'nın amacı mobil telekom sektöründe standardizasyonunun sağlanması ve geliştirilmesi olup dünya çapında 800'den fazla telekomünikasyon işletmecisini temsil etmektedir. Aşağıda çalışma grupları özetlenmiştir (GSMA, 2018):

- Darbant Nesnelerin İnterneti (Narrowband-Internet of Things - NB-IoT), geniş yelpazede yeni IoT aygıtları ve hizmetlerini etkinleştirmek için geliştirilmiş standartlara dayanan Düşük Güçlü Geniş Alan (Low Power Wide Area - LPWA) teknolojisidir. Tüm önemli mobil ekipman, yonga seti ve modül üreticileri tarafından desteklenen NB-IoT, 2G, 3G ve 4G ile uyumlu olarak çalışabilmektedir.
- Gelecek ağ platformunda RCS mesajlaşma, 4G evrimi, 5G gibi teknolojileri hakkında bilgi katılan ülkeler vb. bilgiler mevcuttur.

GSMA Çalışma Gruplarına Tablo 5-9'da yer verilmektedir.

Tablo 5-9 GSMA Çalışma Gruplarına

Kuruluş	Çalışma Grubu
GSMA	<ul style="list-style-type: none">• NB-IoT• Future Networks(RCS, 4G Evolution,5G)

5.1.8. 5G Kamu-Özel Ortaklığı

5G Kamu-Özel Ortaklığı (5G Public-Private Partnership - 5G PPP), Avrupa Komisyonu ve Avrupa BİT endüstrisi (BİT üreticileri, telekomünikasyon işletmecileri, hizmet sağlayıcılar, KOBİ'ler ve araştırmacı kurumlar) arasında ortak bir girişimdir.

5G PPP'nin, önümüzdeki on yıla ait olacak ve bütünsel olarak bulunabilecek olan yeni nesil iletişim altyapıları için çözümler, mimariler, teknolojiler ve standartlar sunması beklenilmektedir (5GPPP, 2018).

5.2. Ülkemizdeki 5G Standardizasyon Çalışmaları

5G ve Ötesi konusunda ülkemizde uluslararası standardizasyon organizasyonları ile muadili organizasyonlara katılım sağlayan veya takip eden kurum/kuruluş/üniversite/şirketler ve katılım sağladıkları alanlar listesi Tablo 5-10'da verilmektedir.

Tablo 5-10 5G ve Ötesi Konusunda Ülkemizde Uluslararası Standardizasyon Organizasyonları İle Muadili Organizasyonlara Katılım Sağlayan veya Takip Eden Kurum/Kuruluş/Üniversite/Şirketler ve Katılım Sağladıkları Alanlar Listesi

KURUM/KURULUŞ	ÜYE OLUNAN KURULUŞ	ÜYELİK STATÜSÜ/ KATEGORİSİ	KATILIM SAĞLANAN TAKİP EDİLEN ALANLAR/ KONULAR	KATILIM SAĞLANAN VEYA TAKİP EDİLEN ÇALIŞMA GRUBU	DÜZENLİ KATILIM SAĞLAYAN TEMSİLCİLER
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu	ITU (ITU-T, ITU-R, ITU-D)	ITU'nun tam üyesi ve ITU nezdinde Türkiye İdaresi	ITU idare konuları, spektrum, standardizasyon, tarife, elektronik haberleşme altyapıları, hizmet kalitesi, yeni teknolojiler	Tam Yetkili Temsilciler Konferansı, Konsey, ITU-T, ITU-R ve ITU-D Genel Kurulları ve Çalışma Grupları	Konuyla ilgili personeller
	ETSI	ETSI'nin gözlemci statüsünde üyesi	Elektronik haberleşme sektörü standardizasyon tüm konuları, teknoloji ve standardizasyonda ki gelişmeler	ETSI Genel Kurulları ve Teknik Komiteler	Konuyla ilgili personeller
	CEPT	İdari Üye	CEPT'in tüm çalışmaları ve faaliyetleri	Avrupa çapında radyo spektrumunu da kapsayacak şekilde düzenleme ve politikalar	
Türk Telekom Grubu	ITU (ITU-T, ITU-R, ITU-D)	ITU –T Çalışma Grubu 12 ve QoS Başkan Yardımcılığı	Performans, servis kalitesi (QoS) ve müşteri deneyimi kalitesi (QoE)	Çalışma grubu 12 (SG12) ve Servis Kalitesi geliştirme grubu (QSDG)	Mehmet Özdem
	ONF	Ortak	Açık Ağ İşletim Sistemeleri	ONOS, CORD Projeleri	Konuyla ilgili personeller

	Networld2020	Yönetim Kurulu Üyesi	5G Altyapısı	Networld2020 ETP (European Technology Platform)	Konuyla ilgili personeller
	5GPPP	Yönetim Kurulu Üyesi	5G	5G	Konuyla ilgili personeller
	ETSI	Üye	NFV (Şebeke Fonksiyonu Sanallaştırma)	ETSI Network Function Virtualization (Şebeke Fonksiyonu Sanallaştırma) Çalışma Grubu Katılımcısı	Konuyla ilgili personeller
	Celtic Plus	Üye	5G, IoT	Smart Connected World Konsorsiyum	Mustafa Ergen
	GSM	Üye	IoT	NB-IoT Forum	Konuyla ilgili personeller
	NEM	Yönetim Kurulu Üyesi	Networked & Electronic Media Initiative	Networked & Electronic Media	Konuyla ilgili personeller
Polaran Ltd.	ETSI	Tam Üyelik	3GPP	RAN1	Erdal Arıkan
Özyeğin Üniversitesi	IEEE Standardization Groups	Katılımcı	LiFi (Visible Light Communication)	IEEE 802.15.7r1 802.15.13 802.11 LC	Prof Dr Murat Uysal
	ISO/MPEG	P-participating	Multimedia applications and systems	MPEG-A, MPEG-B, etc.	Dr. Ali C. Beğen
Argela	ONF - Open Networking Foundation		SDN	SDN	Erhan Lokman
	ETSI		Industry Specification Group	NFV	

			(ISG)		
İstanbul Medipol Üniversitesi	IEEE 802.19	Üye (Başkan Yardımcısı)	Telsiz Haberleşmede Uyum (Coexistence)	802.19.1	Tunçer Baykaş
	IEEE 802.15	Katılımcı (802.15.13 Grubunda sekreter)	THz ve VLC haberleşme	802.15.7 802.15.13 802.15 IG THz	Tunçer Baykaş
	IEEE 802.11	Katılımcı (802.11 SG VLC Grubunda Sekreter)	VLC ve 60 GHz haberleşme	802.11ax 802.11ay 802.11 SG VLC	Tunçer Baykaş
	ITU-T	Sektör Temsilcisi SG1 1A-3 SWG AI 1.15 Yazım Grubu Başkanı	THz ve VLC haberleşme	SG1 1A SG5 5A and SG5 5C	Tunçer Baykaş
Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.	ETSI/3GPP	Üyelik başvurusu sürecindeyiz	-	-	Hakan BATIKHAN, Kıdemli Uzman, Radyo Şebeke Ürün ve Mimari,
	GSMA	Board Üyesi	Spectrum, IoT, Future Networks	Future Spectrum Group (FSG), Spectrum Strategy Management Group (SSMG), Future Networks, IoT Program	Elif YENİHAN KAYA, Erişim Şebeke Direktörü, Gülşay YARDIM, Radyo Şebeke ve 5G ArGe Müdürü, Özgür GENÇ, Çekirdek Şebeke Direktörü,

					Yüksel YILMAZ, Principal Radyo Şebeke Ürün ve Mimari,
	NGMN	Üye	5G	Test & Trial, 5G Extreme Requirements, NWMO, Spectrum, V2X, Fronthaul	Elif YENİHAN KAYA, Erişim Ağı Yetenekleri Direktörü, Gülay YARDIM, Radyo Şebeke ve 5G ArGe Müdürü, Fatih BAŞTAN, Kıdemli Uzman – Çekidek Şebeke, Ümit Kaan SONAL, Kıdemli Uzman - Çekirdek Şebeke Yüksel YILMAZ, Principal - Radyo Şebeke Ürün ve Mimari, Cemil KARAKUŞ, Uzman - Radyo Şebeke Entegrasyon, Erdal HARPUT, Uzman – Radyo Şebeke Ürün ve Mimari, Saliha SEZGİN ALP, Uzman – Radyo Şebeke Ürün ve Mimari, Hakan BATIKHAN, Kıdemli Uzman - Radyo Şebeke Ürün ve Mimari,

					Cevdet YILMAZ, Radyo Şebeke Ürün ve Mimari Mühendisi, İlke ALTIN, 5G Ar-Ge Kıdemli Mühendisi, Murat ÜNLÜSAN, Uzman – Radyo Şebeke Ürün ve Mimari,
	ITU-T	Üye	Future Networks	Study Group 13 (Future Networks)	Dr. Salih ERGÜT, Kıdemli Uzman - 5G Ar-Ge
	5G-PPP	Üye	5G	Aralık 2017’de üye olunmuştur.	Dr. Nazlı GÜNEY, Uzman 5G Ar-Ge Proje Koordinatörü,
ASELSAN	ETSI	Tam Üye	3GPP	RAN WG1	Defne Küçükyavuz Füruzan Atay Onat Mustafa Kesal Oğuzhan Atak Onur Dizdar
		Tam Üye	3GPP	RAN WG2	Güven Yenihayat
		Tam Üye	3GPP	RAN	Defne Küçükyavuz

5.3. Patent ve Fikri Mülkiyet Hakları

20. yüzyılın son çeyreğinde iletişim ve ulaşım ağındaki hızlı gelişmelerle oluşan 'küreselleşme süreci' sermayenin, mal ve hizmetlerin uluslararası bir nitelik kazanması ile Patent yirmibirinci yüzyılın en önemli kavramlarından biri olmuştur. Zira şirketler arasındaki rekabetten dolayı uyuşmazlıklarda patent davalarındaki rakamları büyüklüğü işin önemini daha da ön plana çıkarmaktadır. Patente güç arasında sıkı bir bağlantı mevcuttur. Piyasada yer alabilmek için firmalar patente önem vermelilerdir.

Günümüzde ülkelerin gelişmişlik seviyeleri ile patent alma sayıları arasında büyük bir paralellik göstermektedir. Sanayicisi gelişmiş ülkelerde genelde patent sayıları oldukça yüksektir. Patent almak ve patenti destekleyici ülkeler veya sistemler daha çok yeniliğin bulunmasına katkıda bulunurlar. Patent sistemi sayesinde bilinen teknikler araştırılır, buluş sahibi ve mevcut buluşlar arasındaki ilişkileri daha rahat araştırılır. Daha kolay sistemleri karşılaştırıp benzerlik ve farklılıklar bulunur. Patenti desteklemek, patent sayısını artırmak ülke geleceği için en büyük kazanımdır.

Bu bölümde, patent ile ilgili temel kavramlar, patent süreçleri ve patentin ticaretleşmesi ele alınacaktır.

5.3.1. Patent ile ilgili temel kavramlar

Buluş: Buluş, daha önce var olan teknolojilerin yeni ve benzersiz biçimde bir araya getirilmesinin sonucu olan geliştirmelerdir. Buluşlar ile getirilen çözümler kimi zaman yeni bir cihaz, ürün, yöntem veya süreç yaratımı olmaktadır; bazen de bilinen bir ürün veya süreçte yapılan ilerlemeye dönük geliştirmedir. Doğada daha önce mevcut olan bir şeyin bulunması tek başına bir buluş olarak görülemez, bulunan mevcut niteliğin üzerine insani bir hüner eklendiği zaman bunun bir buluş olma ihtimali üzerinde durulabilmektedir.

Fikri ve Sınai Mülkiyet: Telif Hakları veya Fikri Haklar diye de anılan "Fikri Mülkiyet", bir eser üzerinde sahip olunabilecek maddi ve manevi hakların tamamını ve komşu haklarını ifade eder. Fikri mülkiyet, bir kişiye veya kuruluşa ait olan fikir ürünüdür; söz konusu kişi ya da kuruluş, sonradan, bunu serbestçe paylaşmayı veya kullanımını belirli biçimlerde kontrol etmeyi tercih edebilir.

"Sınai Mülkiyet", genel tanımı ile sanayide ve tarımdaki buluşların, yeniliklerin, yeni tasarımların ve özgün çalışmaların ilk uygulayıcıları adına; ticaret alanında üretilen ve satılan malların üzerlerindeki üretici veya satıcısının ayırt edilmesini sağlayacak işaretlerin sahipleri adına tescil edilmesini ve böylece ilk uygulayıcıların ürünü üretme ve satma hakkına belirli bir süre sahip olmalarını sağlayan gayri maddi bir haktır.

Fikri ve sınai mülkiyet hakları genellikle yedi temel grup içinde ele alınmaktadır:

- Fikir-Sanat Eserleri
- Entegre Devre Topografyaları
- Yeni Bitki Çeşitleri Üzerindeki Islahçı Haklar
- Patent
- Endüstriyel Tasarım
- Coğrafi İşaretler
- Marka

Türkiye’de sınai mülkiyet hakları 10 Ocak 2017’ye kadar farklı kanun hükmünde kararnameler ile korunmuştur. 10 Ocak 2017 tarihinden itibaren ise tek bir kanunda (Sınai Mülkiyet Kanunu)¹⁷ tüm sınai mülkiyet hakkı türleri toplanmıştır (Entegre devre topoğrafyaları hariç).

Patent: Patent, bir patent ofisi tarafından buluş veya başvuru sahibine yaptığı buluş için verilen sınırlı süredeki bir sınai haktır. Patent hakkı bir buluşu üretme, kullanma ve satma haklarını vermezken, bu buluşun başkaları tarafından üretimini, kullanımını, satışını ve ithalini engellemeyi sağlayan bir ayrıcalık vermektedir. Patent hakkı karşılığında bu hak için başvuruda bulunan kişi veya kurumdan buluşu topluma açıklaması istenmektedir. Dünya Ticaret Örgütü’nün (World Trade Organization-WTO) üye ülkelerle imzaladığı Ticaretle Bağlantılı Fikri Mülkiyet Hakları Antlaşması’na (The Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights–TRIPS) göre patent haklarının geçerli olduğu süre başvuru tarihinden itibaren 20 yıl olarak sunulmalıdır.

¹⁷ <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170110-9.htm>

551 sayılı KHK'nın geçerli olduğu dönemde ülkemizde iki farklı patent çeşidi bulunmaktadır. Bu patent tipleri incelemesiz ve incelemeli patent olarak adlandırılmaktadır. İncelemesiz patent; buluşun araştırması yapıldıktan sonra inceleme süreci bulundurmayan patent türüdür. İncelemeli patent ise buluşun araştırma sürecinden sonra inceleme sürecine girdiği ve inceleme sürecinden buluşun patentlenebilirlik kriterlerine uygun olup olmadığı değerlendirilen patent türüdür. İncelemesiz patenti koruma süresi başvuru tarihinden itibaren yedi yıl, incelemeli patentin koruma süresi ise başvuru tarihinden itibaren 20 yıldır. Şu an yürürlükte olan Sınai Mülkiyet Kanunu'nda ise bu patent türlerinden sadece incelemeli patent seçeneği geçerli kalmıştır.

Faydalı Model: Faydalı model de tıpkı patent gibi patent ofisleri tarafından buluş veya başvuru sahibine yaptığı buluş için verilen sınırlı bir hak olup; koruma süresi Türkiye'de ve dünyada 10 yıldır. Faydalı modelde patentten farklı olarak patentlenebilirlik kriterlerinden buluş basamağı aranmamaktadır. Bunun dışında Sınai Mülkiyet Kanunu'na göre kimyasal ve biyolojik maddeler, eczacılıkla ilgili maddeler, biyoteknolojik buluşlar, usuller ve usuller sonucu elde edilen ürünler faydalı model ile korunamaz.

Faydalı modelin patente göre tescil süresi genellikle daha kısa olmaktadır. Bunun sebebi, 551 sayılı KHK'da faydalı model için araştırma ve inceleme zorunluluğunun olmayıőı, 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu'nda ise sadece araştırma sürecinin faydalı modele eklenmesidir. Patente göre tescil edilme süresi daha hızlı olmasına rağmen faydalı modelin koruma süresi daha azdır.

5.3.2. Patent süreçleri

Patent süreçleri, Ulusal ve Avrupa patent başvurusu ile patent işbirliği antlaşması başvurusu olarak aşağıda üç kısımda ele alınmıştır.

5.3.2.1. Ulusal patent başvurusu

Türk Patent ve Marka Kurumu (TÜRKPATENT)'na yapılan patent başvurusunun işleme alınabilmesi için aşağıdaki unsurların yer alması sunulması gerekmektedir:

- Patent verilmesinin istendiğine dair yazılı talep,

- Başvuru sahibinin kimliğine ilişkin bilgiler ve başvuru sahibi ile temasa geçilebilmesini sağlayan iletişim bilgileri (adres, telefon vb.),
- Türkçe ya da Paris Sözleşmesi veya Dünya Ticaret Örgütü Kuruluş Anlaşmasına taraf veya karşılıklılık ilkesini uygulayan devletlerin resmi dillerinden biri ile yazılmış tarifname veya önceki bir başvuruya yapılan atıf.

Yukarıda belirtilen unsurların tamamının TÜRKPATENT'e verildiği tarih itibarıyla başvuru tarihi kesinleşir. Bu unsurlardan herhangi birinin eksik olması durumunda başvuru işleme alınmaz ve bu durum talep sahibine bildirilir (Türkpatent, 2017).

Aşağıda belirtilen unsurlardan en az birinin eksik olması halinde, bu eksiklikler herhangi bir bildirim gereksiz başvuru tarihinden itibaren iki ay içinde tamamlanmalıdır:

- Başvuru formunda verilmesi gereken ve başvuru sırasında verilmemiş olan bilgiler,
- İstemler,
- Tarifnamede veya istemlerde atıf yapılan resimler,
- Özet,
- Başvuru ücretinin ödendiğini gösterir bilgi.

Tarifname, istemler, özet ve varsa resimler başvuru sırasında Paris Sözleşmesi veya Dünya Ticaret Örgütü Kuruluş Anlaşmasına taraf veya karşılıklılık ilkesini uygulayan devletlerin resmi dillerinden birinde verilmişse, bu unsurların Türkçe çevirileri herhangi bir bildirim gereksiz başvuru tarihinden itibaren iki ay içinde Kuruma sunulur (Türkpatent, 2017).

TÜRKPATENT'e yapılan ve unsurları eksiksiz olan başvuruların şekli incelemesi yapılır. Şekli inceleme esnasında bazı eksiklikler tespit edilirse, başvuru sahibine eksikliklerin giderilmesi için bildirim yapılır. Söz konusu eksikliklerin giderilmesi için bildirim tarihinden itibaren iki ay süre verilir. Eksiklikler bu süre içinde giderilmezse veya Kurum tarafından kabul edilmezse, başvuru reddedilir (Türkpatent, 2017).

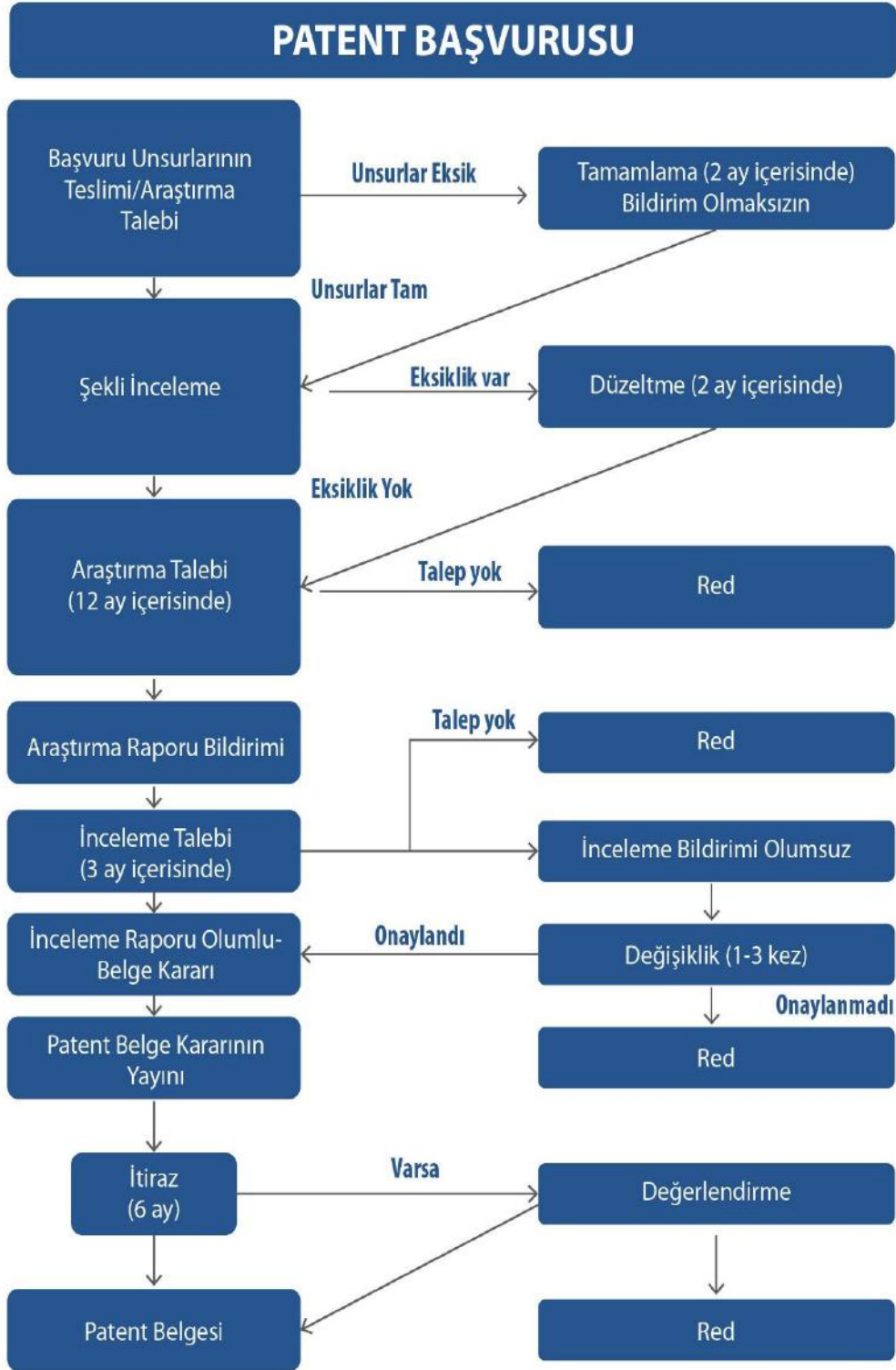
Başvuruyla birlikte veya bildirim gereksiz başvuru tarihinden itibaren 12 ay içinde

araştırma ücreti de ödenerek araştırma talebi yapılır. TÜRKPATENT tarafından başvuru ile ilgili araştırma raporu düzenlenir. Başvuru sahibi, araştırma raporunun bildirim tarihinden itibaren üç ay içinde ücretini ödeyerek başvurusunun incelenmesini Kurumdan talep eder. Başvuru sahibi bu süre içinde araştırma raporuna ilişkin görüşlerini sunabilir ve varsa tarifname, istemler veya resimlerde değişiklikler yapabilir. Araştırma raporunda belirtilen dokümanlar, varsa inceleme aşamasında tespit edilen dokümanlar, varsa başvuru sahibinin görüşleri ve başvuruda yaptığı değişiklikler dikkate alınarak yapılan inceleme sonucunda patentin verilmesine karar verilmesi halinde patent verme nedenlerini gerekçeleriyle açıklayan bir inceleme raporu düzenlenir. Bu rapor, patent verme kararıyla birlikte başvuru sahibine bildirilir (Türkpatent, 2017).

İnceleme sonucu olumsuz ise; yani istemler kısmen veya tamamen patent verilebilirlik şartlarını sağlamıyorsa veya herhangi bir eksiklik içeriyorsa başvuru sahibine bu konuda bildirim yapılır. Bu bildirimde araştırma raporunda belirtilen dokümanlar, varsa inceleme aşamasında tespit edilen dokümanlar, varsa başvuru sahibinin görüşleri ve başvuruda yaptığı değişiklikler dikkate alınarak patentin verilememesi nedenleri gerekçeleriyle açıklanır ve bunların dayanakları belirtilir. Başvuru sahibinden, her bir bildirim tarihinden itibaren üç ay içinde bu bildirimlere karşı görüşlerini sunması veya başvurunun kapsamını aşmaması şartıyla tarifname, istemler veya resimlerde değişiklikler yapması istenir. Söz konusu bildirimlerin sayısı üçten fazla olamaz (Türkpatent, 2017).

Patentin verilmesine ilişkin yayımdan sonra patent sahibi tarafından talep edilmesi ve Tebliğde belirtilen ücretin ödenmesi halinde patent belgesi düzenlenerek patent sahibine gönderilir. Olumlu inceleme raporunun başvuru sahibine bildiriminden ardından bültende “Belge Yayıımı” yapılır. Patent verilmesi kararının bültende yayımlanmasından itibaren altı ay içinde itiraz ücretini ödeyerek üçüncü kişiler patente itiraz edebilir. Kanuna uygun olarak yapılan itirazlar patent sahibine bildirilerek, görüşlerini bildirebilmesi ve gerektiğinde tarifname, istem veya resimlerinde değişiklik yapabilmesi için bildirim tarihinden itibaren üç ay süre verilir. İtiraz, patent sahibinin görüşleri ve varsa patentte değişiklik talepleri de dikkate alınarak, Kurul tarafından incelenir. Kurul, tüm dokümanları dikkate alarak nihai kararı bildirir ve Karar bültende yayımlanır. Patent başvurusu, Şekil 5-5’de gösterilmektedir.

Şekil 5-5 Patent Başvurusu



5.3.2.2. Avrupa patent başvurusu

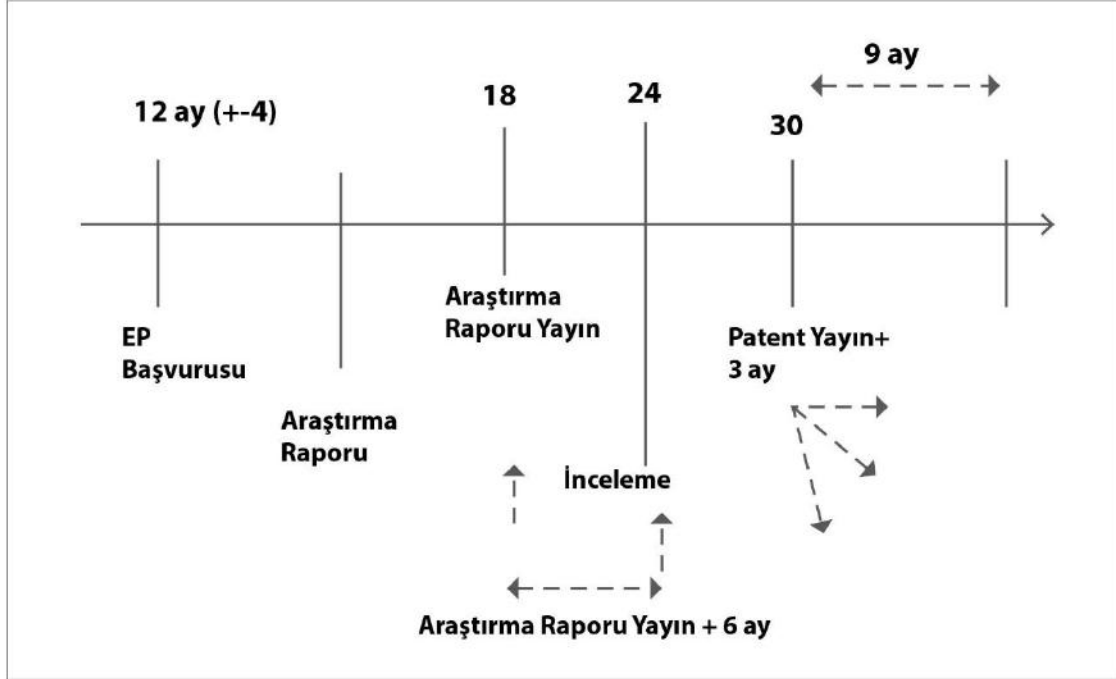
Avrupa Patent Sözleşmesi (European Patent Convention - EPC), tek bir başvuru ile EPC'ye üye ülkelerde patent elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sistem, bölgesel başvuru fırsatını sunarak başvuru sahiplerinin tek tek ulusal ofislere başvuru yapmadan birden çok ülkede koruma kazanmasını sağlamakta ve başvuru sahiplerinin hem süre olarak hem de maddi kazanç sağlamasına yaramaktadır. Avrupa patentinin hangi ülkeleri kapsayacağına başvuru sahibi karar vermektedir. Başvuru sahipleri Türkiye'nin EPC'ye üye olduğu 1 Kasım 2000 tarihinden beri TÜRKPATENT'e Avrupa patenti ile giriş yapabilmektedir.

Avrupa patenti başvurusu; doğrudan TÜRKPATENT'e Avrupa patenti başvurusuyla Ulusal başvurunun başvuru tarihinden itibaren 12 ay geçmemişse, ulusal başvuru rüçhan gösterilerek rüçhanlı ya da rüçhansız olarak ulusal bir Patent İşbirliği Antlaşması (Patent Cooperation Treaty - PCT) başvurusu yoluyla yapılabilmektedir. Ancak, bölünmüş başvurular doğrudan Avrupa Patent Ofisi'ne (European Patent Office - EPO) yapılmalıdır. Avrupa patenti başvurusu, EPO'nun ofislerine ya da Türkiye için TÜRKPATENT'e yapılabilir. Avrupa patenti başvurusu için tarifname dili; EPO'nun resmi dilleri olan İngilizce, Almanca veya Fransızca dillerinden biri olmak zorundadır. Ana dilli bu dillerin dışında olan ülkelerde yapılan başvurular kendi dillerinde yapılabilmekte ancak başvuru tarihinden itibaren üç ay içinde (ilk rüçhan tarihinden itibaren 13 ayı geçmeyecek şekilde) bahsedilen resmi dillerden birine çevrilerek EPO'ya iletilmelidir. Eğer bir başvuru, başvuru tarihinden veya en erken rüçhan tarihinden itibaren 14 ay içinde EPO'ya ulaşmaz ise geri çekilmiş kabul edilir.

Bir Avrupa Patenti başvurusu ya da belgesinin ülkemizde koruma sağlayabilmesi için, ulusal aşamaya giriş yapması (TÜRKPATENT'e başvuru) ve yayımlanması gerekmektedir. Avrupa Patenti belge olduktan sonra Türkiye'de korumanın başlaması talep ediliyorsa, Avrupa Patenti fasikülünün (tüm tarifname takımı) Türkçe çevirisinin TÜRKPATENT'e verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, daha önce Avrupa Patenti başvurusunun istem teslimi yapıldı ise, aynı şekilde fasikül çevirisinin TÜRKPATENT'e verilmesi gerekmektedir. Söz konusu çevirilerin Avrupa patenti fasikülünün verildiğinin ilan edildiği tarihten itibaren üç ay içinde TÜRKPATENT'e verilmesi gerekmektedir. Söz konusu süre içinde yapılacak ek süre talebi ile

birlikte ek 3 aylık bir süre daha verilmektedir. Avrupa Patent Başvurusu, Şekil 5-6'da gösterilmektedir.

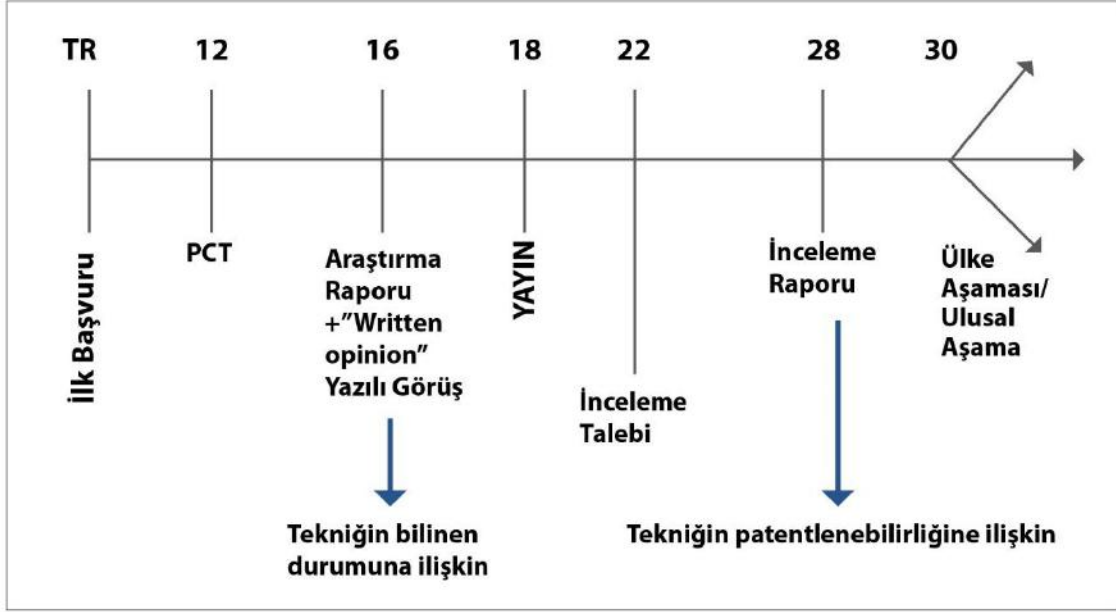
Şekil 5- 6 Avrupa Patent Başvurusu



5.3.2.3. Patent işbirliği antlaşması başvurusu

Patent İşbirliği Antlaşması (Patent Cooperation Treaty - PCT); bir buluşun, birden çok ülkede korunması istendiği takdirde, bunu kolaylaştırmak ve ekonomik hale getirmek amacıyla üye ülkelerin yapmış olduğu bir antlaşmadır. Bu antlaşma, Türkiye’de 1 Ocak 1996 tarihinde yürürlüğe girmiş olup anlaşma kapsamında yapılan patent başvurusunun başvuru tarihi, ileriki adımların atılması sonucunda üye 151 ülke için geçerli olabilecektir. Başvurunun WIPO tarafından yayınlanmasından sonra, başvuru sahibi ilk başvuru tarihinden ya da varsa rüçhan tarihinden itibaren 30 ay içinde üye ülkelerin her birine başvuruda bulunma hakkı elde etmiş olacaktır. Bu başvuru hakkında sonraki süreç PCT ulusal safha olarak adlandırılmaktadır. PCT yolu ile patent başvurusu yapmanın bazı avantajları ulusal/bölgesel girişlere kadar en 30 ay boyunca masrafları erteleme, ilgili ülkelere ulusal girişlerden önce buluşun ticarileşmesi için zaman kazanma, gelecekteki patent stratejisini kurgulamada yardımcı olabilecek bir ön inceleme raporunu elde etme; ulusal ve bölgesel aşamalarda maliyetlerin düşürülmesi olarak gösterilebilir. Uluslararası patent başvurusu, Şekil 5-7’de yer almaktadır.

Şekil 5- 7 Uluslararası Patent Başvurusu



5.3.3. Patentın ticarileştirilmesi

Patentlerin ticarileştirilmesi ekonomik bir kazanç ya da büyüme için patentin pazara sunulması anlamına gelmektedir. Ticarileşme aşağıdaki yöntemlerle sağlanabilir:

- Üretim
- Lisans
- Devir
- Start-up Firma
- Ortaklık

5.3.3.1. Lisans sözleşmesi

Lisans sözleşmesi, lisans veren (licensor) patent sahibinin, bu patentin kullanım hakkını anlaşmada belirtilen sınırlar dâhilinde lisans alana (licensee) vermesi olarak tanımlanır. Lisans anlaşmalarında patentin mülkiyeti değişmemekte ve patentin mülkiyeti lisans alanda kalmaya devam etmektedir. Lisans sözleşmesi, milli sınırların bütünü içinde veya bir kısmında geçerli olabilir; inhisari lisans veya inhisari olmayan lisans şeklinde olabilir.

- **İnhisari Olmayan Lisans:** Lisans veren (patent-başvuru sahibi), buluşu kendi kullanabilir ve/veya üçüncü kişilere lisanslayabilir.
- **İnhisari Lisans:** Lisans veren (patent-başvuru sahibi), buluşu üçüncü kişilere lisanslayamaz ve (hakkını açıkça saklı tutmadıkça) kendisi de kullanamaz.

5.3.3.2. Devir sözleşmesi

Patent devir sözleşmesi başvuru sahibi ile devir alan kişi ya da kurum temsilcisi arasında yapılan ve patent haklarını kısmen ya da tamamen devir alan kişi/kuruma vermesini sağlayan sözleşmedir.

Pek çok ülkede devir sözleşmeleri yazılı formda düzenlenmeli ve taraflarca imza altına alınmalıdır. Aksi takdirde anlaşma geçersiz olur ve bağlayıcı niteliğini kaybeder. Genellikle devir anlaşmalarında ödemeler defaten (bir defalığına) yapılır. Ancak taraflar anlaşmaları takdirde ödemeler taksitle (royalty) de gerçekleştirilebilir.

Devir anlaşmasında yer alan ana maddelerden biri, devre konu patentin tanımlanmasıdır. Bu nedenle başvuru veya tescil numaraları açık bir şekilde devir anlaşması üzerinde belirtilmelidir.

Pek çok resmi patent ofisi devrin sicile işlenmesini şart koşmaktadır. Bu işlemin gerçekleştirilmemesi, devir alan için bazı olumsuz sonuçlar doğurabilir. Zira bazı ülkelerde devir işleminin sicile işlenmemesi ve devir edenin üçüncü bir kişi ile başka bir devir anlaşması imzalaması halinde bu durum ilk devir alanın patent üzerindeki haklarını kaybetmesine neden olabilir.

Lisans ve Devir Sözleşmesi avantaj ve dezavantajlarına, Tablo 5-11'de yer verilmektedir.

Tablo 5-11 Lisans ve Devir Sözleşmesi Avantaj ve Dezavantajları

	Lisans	Devir
Avantajlar	<p>-Lisans sözleşmelerinde mülkiyet değişmediğinden buluş sahibi buluşu kullanmaya devam edebilir (inhisari olmayan lisans sözleşmelerinde)</p> <p>-Lisans verenin patent yönetimi üzerindeki tüm sorumluluğu devam eder.</p> <p>-Lisans veren patent sahibi, lisans sözleşmesi sayesinde kendi erişimi ve tecrübesi olmayan yeni pazarlara da bu patent ile girebilir.</p>	<p>-Finansal olarak karşılığı hemen alınır: Lisans sözleşmelerindeki ödemelerin aksine devir sözleşmelerinde devir bedeli genellikle defaten (bir defalığına) yapılır.</p> <p>-Mülkiyet değiştiğinden, patent yönetimi üzerinde devreden tarafın, ödenecek yıllık ücretler üzerinde veya olası bir tecavüze karşı alınacak önlemler, yaptırımlar veya atılacak adımlar hususunda maddi manevi hiçbir tasarrufu kalmaz.</p>
Dezavantajlar	<p>-Lisans anlaşmaları çoğu zaman uzun vadeli ortaklıklar üzerinde kurgulandığından, örneğin yeni pazara girecek teknolojiler için nispeten daha düşük lisans ücretleri (royalty) ödenir.</p> <p>-Lisans alan daha sonra bir rakip haline gelebilir.</p> <p>-Lisans anlaşmalarındaki lisans bedelleri genellikle taksitliolarak ödendiğinden buradan elde edilecek kazanç kesin olarak öngörülemez.</p>	<p>-Patent üzerindeki tüm yönetim kaybedilir. Anlaşmada özel olarak belirtilmediği müddetçe devir işleminin ardından, devreden tarafın patenti izinsiz kullanımı dahi tecavüz sayılır.</p> <p>-Devir konusunda bilgili veya yetkin çalışanları olmayan veya geniş iş ağı bulunmayan işletmeler için cezbedici olmayabilir.</p>

5.3.4. Patent teşvikleri

Patent teşvikleri kapsamında bu kısımda TÜBİTAK patent destek programı ve KOSGEB destek programları aşağıda ele alınmıştır.

5.3.4.1. TÜBİTAK patent destek programı

Ülkemiz kaynaklı ulusal ve uluslararası patent başvuru sayısının artırılması, gerçek ve tüzel kişilerin patent başvurusu yapmaya teşvik edilmesi ve ülkemizdeki patent sayısının artırılmasını hedefleyen 1602 kodlu TÜBİTAK Patent Destek Programı, 01 Ocak 2014 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Bu program kapsamında Türk Patent ve Marka Kurumu, Dünya Fikri Haklar Örgütüne (WIPO), Avrupa Patent Ofisine (EPO), Japonya Patent Ofisine (JPO), Amerika Birleşik Devletler Patent ve Marka Ofisine (USPTO) yapılacak olan patent başvuruları desteklenmektedir.

- **Türk Patent ve Marka Kurumu'na yapılacak ulusal patent başvuruları**

TÜBİTAK tarafından Türk Patent ve Marka Kurumu'na yapılacak ulusal patent başvuruları için verilen destekler aşağıdaki gibidir;

Araştırma Raporu Desteği (600 Avro),

İnceleme Raporu Desteği (600 Avro),

Vekil kullanılan başvurulara vekil desteği,

Patent alınması durumunda ise patent sahibine ve patent vekiline Patent Tescil ödülü verilecektir (Patent sahibine 300 TL, patent vekiline 2000 TL).

- **Avrupa Patent Ofisi'ne, Amerika Patent Ofisi'ne ve Japonya Patent Ofisi'ne yapılacak patent başvuruları**

Başvuru veya Araştırma Raporu Desteği: Destek tutarı 4.000 TL olup başvuru sahibi hesabına yatırılmaktadır.

İnceleme Raporu Desteği: Buluş Değerleme Komisyonu tarafından uygun bulunan başvurular için destek tutarı başvuru sahibinin banka hesabına yatırılmaktadır. Verilen destek tutarı, başvurunun yapıldığı kuruma göre değişiklik göstermektedir.

Avrupa (EPO), Amerika (USPTO) veya Japonya (JPO)'dan patent alınması durumunda patent ödülü verilecektir. (Buluş Değerleme Komisyonu tarafından uygun bulunan başvurular için destek tutarı başvurusuyla 10.000 TL değerindeki ödül doğrudan başvuru sahibinin banka hesabına yatırılmaktadır).

- **Uluslararası patent başvuruları**

Uluslararası patent başvurularında araştırma talebi safhasında teşvik başvurusu yapılabilmektedir. Bu durumda, destek tutarı olan 2000 (İsviçre Frangı) CHF başvuru sahibi adına TÜBİTAK tarafından Türk Patent ve Marka Kurumu'nun hesabına yatırılmaktadır.

İnceleme talebi safhasında, yeniden teşvik başvurusu yapılabilmektedir. Bu durumda, Buluş Değerleme Komisyonu tarafından uygun bulunan başvurular için destek tutarı başvuru sahibinin banka hesabına yatırılmaktadır. Destek tutarı, inceleme talebinde bulunulan kuruma göre farklılık göstermektedir.

Uluslararası patent başvurusunun tescil edilmesi durumunda ise, başvuru sahibi ödül başvurusunda bulunabilmekte ve bu durumda, 10.000 TL değerindeki ödül doğrudan başvuru sahibinin banka hesabına yatırılmaktadır.

TÜRKPATENT, WIPO, EPO, JPO veya USPTO'dan herhangi birisine başvuru yaparak, başvuru numarası alan Türkiye Cumhuriyeti vatandaşları veya ülkemizde yerleşik olan şirketler, üniversiteler, kamu kurum ve kuruluşları TÜBİTAK patent destek programı kapsamında öngörülen desteklerden faydalanabilirler. Ancak, kanuni ve iş merkezi yurtdışında bulunan işletmelerin dar mükellefiyet statüsündeki Türkiye'de yerleşik temsilcilik ve şubeleri ile vakıflar (kanunla kurulmuş vakıflar hariç), dernekler ve bunların iktisadi işletmeleri bu program kapsamında destek başvurusu yapamazlar.

Gerçek kişiler bir takvim yılı içerisinde en fazla 5 (beş) patent başvurusu için Tüzel kişiler bir takvim yılı içerisinde en fazla 20 patent başvurusu için desteklerden faydalanabilirler.

Ulusal Patent Tescil Ödülü ve Uluslararası Patent Tescil Ödüllerine sadece gerçek kişiler, üniversiteler ile KOBİ ölçeğindeki şirketler başvurabilir.

5.3.4.2. KOSGEB destek programları

- **Tasarım hizmeti alımına destek**

Bu programda işletmelerin ürün tasarımı için satın alacakları tasarım hizmetlerine ilişkin giderlerine destek verilir.

Destek programlarının alt başlıklarında yer alan tasarım desteği, “Genel Destek Programı” içerisinde değerlendirilmektedir. Üst limiti 15.000 TL olan tasarım desteği bazı şartları ihtiva etmektedir. Bu destekten yararlanılabilmesi için ürün tasarımının; Patent Belgesi, Faydalı Model Belgesi, Endüstriyel Tasarım Tescil Belgesi veya Entegre Devre Topografyaları Tescil Belgesi alımı ile sonuçlanmış olması şartı aranmaktadır.

KOSGEB Genel Destek programının alt başlıklarında yer alan bir başka önemli destek ise Sınai Mülkiyet Hakları desteğidir. KOBİ’lerin tasarım faaliyeti sonucu ortaya çıkan ürün/hizmetlerinin korunabilmesi amacıyla alacakları Patent, Faydalı Model, Endüstriyel Tasarım Tescili, Entegre Devre Topografyaları Tescil ve Yurtdışı Marka Tescil Belgelerine destek verilmekte olup desteğin üst limiti 20.000 TL’dir.

- **Ar-Ge, inovasyon ve endüstriyel uygulama destek programı**

KOSGEB, Genel Destek Programı’nın yanı sıra Araştırma-Geliştirme, İnovasyon ve Endüstriyel Uygulama Destek Programı’nın içerisinde de Tasarım desteklerini sunmaktadır. KOBİ’lerin Ar-Ge ve İnovasyon projelerini geliştirmeye yönelik olarak, yurt içi/yurt dışındaki üniversiteler ile kamu kurum/kuruluşları tarafından kurulmuş araştırma merkezleri/enstitülerden; teknik, tasarım vb. konularda alacağı danışmanlık hizmetleri desteklenmektedir. Bu danışmanlıklar sayesinde işletmeler profesyonel bir bakış açısına sahip olmakla birlikte olası bir değer kaybı da engellemiş olmaktadır. Bu desteğin üst limiti ise 25.000 TL’dir.

- **Fikri ve sınavi mülkiyet destek programı**

Ar-Ge, İnovasyon ve Endüstriyel Uygulama Destek Programı altında gerçekleşen Sınâî ve Fikrî Mülkiyet Hakları Desteği programı kapsamında da KOBİ ölçeğindeki işletmelere üst limiti 25.000 TL olan destek programı sunulmaktadır. Bu destek sayesinde, işletmelerin fikri kazanımlarının heba olmasını önlenmektedir.

5.4. Standart ve patent ilişkisi

Standart ve patent ilişkisi; standart için zorunlu patent (Standard Essential Patent - SEP), FRAND lisanslama şartları ve patent havuzları konu başlıklarında aşağıda incelenmiştir.

5.4.1. Standart için zorunlu patent

Özellikle teknik standartlar patentlerle korunan teknolojilere yönelik olarak tasarlanmaktadır. Standart için Temel Patent (Standard Essential Patent - SEP), bir standarda uymak için gerekli olan teknolojiyi kapsayan patentler olarak tanımlanmaktadır. Bir patent standardın yalnızca opsiyonel bir parçasını korumaktaysa yine standart için temel patent kapsamına girmektedir. Bu yüzden bir ya da daha fazla standart için temel patent tarafından korunan teknolojileri kullanmadan standartlara uyumlu ürünler imal etmek neredeyse imkânsızdır.

Elektronik haberleşme sektörü için SEP, çok önemli bir konumda bulunmaktadır. Elektronik haberleşme endüstrisi içinde en hızlı gelişen sektör olan akıllı telefon ve tablet sektörünü ele alacak olursak; standartlara uygun bir akıllı telefonu ya da tableti bir ya da birden fazla SEP'in koruduğu özellikleri kullanmadan üretmek mümkün değildir. SEP'ler dışındaki patentlere uyumlu üretim zorunlu olmadığı için, bu durum SEP olmayan patentlerde daha az yaşanmaktadır. Diğer firmalar standart belirlemeyen patentlerle ilgili alternatif çözümler bularak söz konusu patentlerin koruma kapsamını ihlal etmeden üretim yapabilmektedir.

Örneğin; telefon üreticisi firmasının sahip olduğu “kenara itilerek açılan tuş kilidi (slide to unlock)” patenti bir standart için temel patent değildir. Bu sayede diğer telekomünikasyon kuruluşları farklı tuş kilitleri tasarlayarak bu patentin etrafından dolanma şansına sahip olmuştur.

Her ne kadar iki kavram çok daha önceden var olsa da; SEP'ler 1980'li yıllardan itibaren telekomünikasyon sektöründe önemli bir konu haline gelmiştir. 1980'li yılların sonunda ETSI tarafından geliştirilen GSM standartları ile beraber standart belirleme kuruluşlarının patent hakları için çeşitli kurallar getirmesi gerektiği konuşulmuştur. Sadece ETSI, GSM ve UMTS (3G) standartları ile ilgili 23500'ü aşkın standart için temel patent beyan etmiştir. Bu standartlar, Avrupa'da satılan neredeyse tüm akıllı telefonlar ve tabletler için uygulanmalıdır. Büyük şirketler için SEP'lere sahip olmak birçok kâr amaçlı fayda sağlamak ve sektörü yönlendirmelerine yardımcı olmaktadır. Öte yandan, ihlal davaları ve SEP ihlalleri için ödenen tazminatların çok büyük boyutlarda olması nedeniyle; bu patentler için telekomünikasyon sektöründeki büyük firmalar ve standart belirleme kuruluşları tarafından çeşitli stratejiler ve düzenlemeler geliştirilmiştir.

5.4.2. FRAND lisanslama şartları

FRAND lisanslama şartları, standart belirleme kuruluşlarının SEP'ler için talep ettikleri gönüllü bir lisanslama taahhüdü anlamına gelmektedir. Bir başka deyişle, FRAND lisanslama şartları FRAND taahhüdü standart belirleyici kuruluş ile standart için temel patentin sahibi arasında yapılan gönüllü bir antlaşmadır. FRAND ismi İngilizce “adil (fair)”, “makul (reasonable)” ve “ayrımcı olmayan (non-discriminatory)” kelimelerinin baş harflerinin birleşiminden meydana gelmektedir.

- **Adil**

“Adil” kavramı lisanslama şartlarının temelini oluşturmaktadır. Rekabet Kanunu'ndan yola çıkarak adil şartlar, rekabete uygun ve sektörde baskın bir firma tarafından dayatılmayan şartlar olarak tanımlanmaktadır. Adil kavramına uymayan durumlar arasında, lisans isteyen firmaya lisansını istediği patentlerin istemediği patentlerle beraber verilmesinin dayatılması (paketleme), lisans isteyen firmaların lisans veren firmaya kendi patent haklarını bedava vermeye zorlanması ve lisans sahiplerine rekabet ettiği firmalarla ilgili kısıtlayıcı durumlar getirilmesi gösterilebilir.

- **Makul**

“Makul” kavramı, esas olarak lisans bedelleri ile ilgilidir. Bazı yorumlara göre, makul bir lisans bedeli tüm lisans isteyen firmaların lisans bedelleri benzer olduğunda makul

olmayan bir toplam bedel oluşturmaya bedeldir. Bu görüşe göre, artan toplam bedeller sektördeki gideri arttırmakta ve sektörün rekabet gücünü azaltmaktadır. Aynı zamanda, makul bir lisans bedeli SEP için lisans veren firmayı da tatmin etmeli ve gelecekteki çalışmalarda standarda katkı yapması için isteğini arttırmalıdır.

- **Ayrımcı olmayan**

“Ayrımcı olmayan” kavramı lisans antlaşmalarındaki terimler ve bedeller ile ilgilidir. Lisans veren firmalar her lisans alan firmaya benzer şekilde davranmalıdır (ITU, 2014). Bu lisans alan firmanın kredi değerliğine ve hacmine göre lisans antlaşmasının ya da bedelinin değişmeyeceği anlamına gelmemektedir. Yine de, lisans antlaşmalarının temelinde yatan şartlar her lisans alan kuruluş için aynı olmalıdır. Bu zorunluluk aynı sektörde rekabet eden firmalara eşit seviyede bir rekabet ortamı yaratmakta ve sektöre yeni giren firmaların eşit şartlarda yarışmasını sağlamaktadır.

- **Çapraz lisanslama**

Çapraz lisanslama antlaşması iki ya da daha fazla tarafın sahip oldukları patent haklarını birbirlerine lisanslamasını sağlayan antlaşmalardır. Bu tip lisanslamalar genelde iki tarafın birbiriyle bir ihlal anlaşmazlığı ya da hukuki problemler yaşamaması amacıyla yapılmaktadır¹⁸. Standart için temel patentlerin çapraz lisanslamasında, tarafların her biri üretimi için gerekli olan standartlara sahip patentleri lisanslamayı amaçlamaktadır. Bu şekilde, tüm taraflar ticari ürünlerini piyasaya sunmakta özgürlük kazanmaktadır. “Çapraz lisanslama” kavramı iki tarafın da herhangi bir para bedeli ödemeyeceğini çağırırsa da; kimi durumlarda taraflar parasal bedel de ödemektedir (Dipp, 2016).

5.4.3. Patent havuzları

Çapraz lisanslama için düzenlemeler karmaşık bir hal almaya başladığında, patent havuzu adı verilen yapı karşımıza çıkmaktadır. Patent havuzları, birçok taraf arasında söz konusu teknolojilerin paket halinde lisanslandıkları anlaşmalardır. Patent havuzlarına en çok sayısal teknoloji ve telekomünikasyon teknolojileriyle ilgili standartlarda rastlanmaktadır. Patent havuzlarını çapraz lisans anlaşmalarından ayıran temel fark, hak sahiplerinin toplulaştırdıkları

¹⁸ Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent Pools, and Standard Setting, Innovation Policy and Economy, 2000

haklarını sadece birbirlerine değil, üçüncü kişilere de lisans olarak verebilmeleridir. Patent havuzu için yapılan lisans anlaşmaları aynı zamanda havuzun bir kısmının ayrı olarak lisanslanabilmesini de sağlamaktadır.

Patent havuzları normal şartlarda birbiriyle rekabet içinde olan sektördeki firmaların ortak bir fayda için bir araya gelerek oluşturdukları patent portföyleridir. Örneğin; mobil telefonlar için üçüncü nesil teknoloji standartları oluşturan ETSI destekli 3GPP organizasyonunun oluşturduğu 3G patent havuzu, 400'den fazla patent ve patent başvurusundan oluşmakta, birbirinden farklı standartları desteklemekte ve ayrı yöntemleri olan beş platformdan meydana gelmektedir. Patent havuzları patent sahiplerinin havuz dışında endüstriye masraf ve risk yaratmasını tamamen engellemese de, etkisini azaltabilmektedir. Tüm potansiyel lisans alıcılarının ve genel olarak kamunun teknolojiye erişimi patent havuzları sayesinde daha da kolaylaşmaktadır. Ancak havuzun yönetimi tasarlanırken öngörülemeyen hatalar bazen bir üyenin patent havuzu oluşumunu kötüye kullanmasına yol açabilir. Örnek verecek olursak; standart için temel patent kapsamına girmeyen bir patent de SEP havuzuna eklenebilir (Dipp, 2016).

5.5.Türkiye'de ve Dünyada Fikri Mülkiyet Hakları İle İlgili Durum

Türkiye'de ve Dünyada fikri mülkiyet hakları ile ilgili durum; patent sayıları, telif haklarından elde edilen gelirler, fikri mülkiyet hakları ile ilgili istatistikî bilgiler, telekom sektöründe ilerleme stratejileri, telif hakları üzerine açılan uluslararası davalara örnekler, fikri mülkiyet geliştirme stratejileri başlıkları altında aşağıda incelenmiştir.

5.5.1. Patent sayıları

- **Yabancı telekom firmalarının aldığı patent sayıları**

Son 10 yıl içerisinde Samsung ve Qualcomm tarafından yapılan patent başvurularının ve alınan patentlerin sayısı aşağıdaki Tablo 5-12'de verilmektedir (Patsnap, 2018a) (Patsnap, 2018b).

Tablo 5-12 Samsung ve Qualcomm Tarafından Yapılan Patent Başvurularının ve Alınan Patentlerin Sayısı

Firma Adı	Son 10 Yılda Yapılan Patent Başvurusu	Verilen Patent Sayısı	Alınan Patent/Yapılan Başvuru Yüzdesi	Patent Çoğunluğu Olan Ülkeler
Samsung	462.600	335.150	%72.5	Güney Kore, ABD, Japonya
Qualcomm	106.500	46500	%43.7	ABD, WIPO (Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü), EPO (Avrupa Patent Ofisi)

- **Yerli telekom firmalarının aldığı patent sayıları**

2015 ve 2016 yıllarında Türk Telekom (Türk Telekom, 2017) (e-Dünya, 2016), Turkcell (Milliyet, 2016) ve Vodafone Türkiye (Oksijen) (Anadolu Ajansı, 2016) tarafından alınan patentlerin sayısı aşağıdaki Tablo 5-13’de verilmektedir.

Tablo 5-13 Türk Telekom, Turkcell ve Vodafone Türkiye (Oksijen) Tarafından Alınan Patentlerin Sayısı

Firma Adı	Alınan Patent Sayısı	5G ile İlgili Patent Sayısı
Türk Telekom (2016)	116	28
Turkcell (2015)	145	
Vodafone Türkiye (2015)	78	
Vodafone Türkiye (2016)	125	

5.5.2. Telif haklarından elde edilen gelirler

- **Qualcomm**

Qualcomm firması, 2016, 2015 ve 2014 yıllarında elde ettiği tüm kazançların sırasıyla %33, %31 ve %29'unu telif haklarından elde etmiştir. Aşağıdaki tabloda verilen rakamların hepsi (yüzdeler hariç) milyon ile ifade edilmektedir. Yılda yaklaşık 8 milyar dolar gelir sadece telif haklarından gelmektedir. Telif haklarından elde edilen gelirler Tablo 5-14'de gösterilmektedir (Qualcomm, 2016).

Tablo 5- 14 Telif Haklarından Elde Edilen Gelirler

Firma Adı	2016 Gelir	2016 Telif Hakkı Geliri	2016 %	2015 Gelir	2015 Telif Hakkı Geliri	2015 %	2014 Gelir	2014 Telif Hakkı Geliri	2014 %
Qualcomm	\$23.554	\$7.773	%33	\$25.281	\$7.837	%31	\$26.487	\$7.681	%29

Firmanın 2015 yılında Çin Halk Cumhuriyeti ile yaptığı anlaşmaya göre 3G Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Code Division Multiple Access – CDMA) veya Geniş Bantlı Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Wideband Code Division Multiple Access – WCDMA) kullanan cihazların net satış fiyatının %65’i üzerinden %5 telif hakkı alınmaktadır. 4G olarak CDMA veya WCDMA kullanmayan cihazların net satış fiyatının %65’i üzerinden ise %3,5 telif hakkı alınmaktadır. Bu oran hesaplandığında bir cihazın satış bedeli 100 ABD Doları ise, ödenen telif ücreti 3G kullanan cihazda 3,25 ABD Doları veya 4G kullanan cihazda 2,28 ABD Dolarına tekabül etmektedir.

Telif haklarından elde edilen gelirlerin yıllara ve ülkelere göre dağılımı, Tablo 5-15’de verilmektedir.

Tablo 5-15 Telif Haklarından Elde Edilen Gelirlerin Yıllara ve Ünelere Göre Dağılımı

Ülke	2014	2015	2016
Çin Halk Cumhuriyeti (Hong Kong dâhil)	%50	%53	%57
Güney Kore	%23	%16	%17
Tayvan	%11	%13	%12

- **Interdigital**

Interdigital firmasının yıllara göre elde ettiği gelirin hangi firmalardan elde edildiği Tablo 5-16’da verilmektedir (Interdigital, 2018).

Tablo 5- 16 Interdigital Firmasının Yıllara Göre Elde Ettiği Gelir

Gelir Yılı	Apple	Huawei	Pegatron	Samsung	Sony
Interdigital 2016 Gelir Yüzdeleri	%25	%23	%20	%10	<%10
Interdigital 2015 Gelir Yüzdeleri	-	-	%31	%16	%14
Interdigital 2014 Gelir Yüzdeleri	-	-	%18	%33	<%10

Interdigital firmasının sahip olduğu patent sayıları, Tablo 5-17’de verilmektedir (Interdigital, 2018).

Tablo 5-17 Interdigital Firmasının Sahip Olduğu Patent Sayıları

	2016	Toplam
ABD’de sahip olunan patent sayısı	280	2.300
ABD dışında sahip olunan patent sayısı	1.250	12.100
ABD’de başvurusu yapılmış patent sayısı	-	1.300
ABD dışında başvurusu yapılmış patent sayısı	-	4.500

Patent Lisans Anlaşması (PLA) üzerinden elde edilen gelir bilgileri Tablo 5-18’de verilmiştir (Interdigital, 2018).

Tablo 5-18 Patent Lisans Anlaşması (PLA) Üzerinden Elde Edilen Gelir Bilgileri

PLA Yapılan Firma Adı	Gelir Miktarı
Apple	\$169.300.000
Huawei	\$154.800.000
Pegatron PLA	\$133.300.000
Samsung PLA	\$69.000.000

Interdigital Firmasının yıllara göre elde ettiği toplam gelir dağılımı, Tablo 5-19’da verilmiştir (Interdigital, 2018).

Tablo 5-19 Interdigital Firmasının Yıllara Göre Elde Ettiği Toplam Gelir Dağılımı

	2016	2015	2014	2013	2012
Gelir	\$665.854.000	\$441.435.000	\$415.821.000	\$325.361.000	\$663.063.000

5.5.3. Fikri mülkiyet hakları ile ilgili istatistikî bilgiler

2015 yılında elde edilen gelişim yüzdeleri, Tablo 5-20’da verilmiştir (WIPO, 2016).

Tablo 5-20 2015 Yılında Elde Edilen Gelişim Yüzdeleri

Ülke	2015 Patent	2015 Marka
Küresel	%7.8	%13.7
Çin Halk Cumhuriyeti	%18.7	%27.4
EPO (Avrupa Patent Ofisi)	%4.8	%9.0
ABD	%1.8	%9.6
Kuzey Kore	%1.6	-
Japonya	-%2.2	%43.0
Hindistan	-	%21.9

Ülkelere göre patent/marka ve tasarım konularında başarı sıralamaları, Tablo 5-21’de verilmektedir (WIPO, 2016).

Tablo 5-21 Ülkelere Göre Patent/Marka ve Tasarım Konularında Başarı Sıralamaları

Ülke	Patent	Marka	Tasarım
Çin Halk Cumhuriyeti	1	1	1
ABD	2	2	4
Almanya	5	3	3
Kuzey Kore	4	7	2

Japonya	3	5	7
Fransa	6	4	9
İngiltere (Birleşik Krallık)	7	8	11
İtalya	11	11	5
İsviçre	8	12	8
Hindistan	14	6	13
Türkiye	23	9	6
Rusya	10	10	23
Hollanda	9	18	17
İspanya	22	14	10

- **Mobil cep telefonu kullanımı**

1994 yılında küresel bazda 60 milyon mobil cep telefonu kullanıcısı olduğu bilinmektedir. 2016 yılına gelindiğinde ise bu rakamın 7,4 milyar kullanıcıya çıktığı görülmüştür.

2016 yılında 7.4 milyar kullanıcıdan %54'ü, yani 4 milyarı, 3G/4G bağlantısı kullanmaktadır. 2020 yılında bu rakamın 4 milyardan 6,4 milyara çıkacağı tahmin edilmektedir.

- **Patent başvurularında erkek/kadın yüzdeleri**

Patent başvurularında yapılan istatistiklere göre kadınların patent başvuru yüzdesi yıllar içinde artış göstermekle birlikte toplamda hala üçte birden az olduğu görülmüştür.

Patent başvurularında erkek/kadın yüzdeleri, Tablo 5-22’de verilmektedir (WIPO, 2016).

Tablo 5-22 Patent Başvurularında Erkek/Kadın Yüzdeleri

Yıl	Kadın	Erkek
1995	%17	%83
2015	%29	%71

5.5.4. Telekom sektöründe ilerleme stratejileri

Telekom şirketlerinin hedefleri iletişim alanında yeni teknolojiler geliştirmektir ve bunu gerçekleştirebilmek için aşağıdaki konulara önem verilmelidir:

- Ar-Ge alanında işgücünü iyi değerlendirmek ve bu alanda yatırıma önem vermek
- İletişimde güvenliği ve hızı bir arada sağlayabilmek
- Fikri hakların mülkiyeti ve patent alımı konularını temel rekabet stratejisi haline getirmek
- Yurtiçi ve yurtdışı teşviklerden yararlanmak
- Rakip firmaların stratejilerini takip etmek

Örnek vaka çalışması ‘Samsung’un telekom sektöründe yükselişi’

Akıllı telefon sektöründe küresel bazda 2009 yılında payı %3,7 olan Samsung, 2011 yılına gelindiğinde payını %19,9’a çıkartmıştır (UKESSAYS, 2017). Bu süreçte:

- Diğer firmaların teknolojilerini kopyalamayı bırakıp kendi tasarımlarını üretmiştir.
- Üretim aşamasında tedarikçilere bağımlı olmak yerine üretimlerini en küçük parçadan en büyük parçaya kadar kendisi yapmaya başlamıştır.
- Ar-Ge’yi ön plana çıkartmıştır.
- Ürettiği parçaların çevreye daha zararsız, sera gazı salınımı düşük olmasına özen göstermiştir ve çevrecilerin beğenisini kazanmıştır.

- Üretimlerinin patent ve fikri mülkiyet haklarının alınmasına önem vermiştir.
- Rakip firmaların stratejilerini takip etmeye başlamıştır.

Günümüzde telekom sektörünün iki büyük firması Samsung ve Apple arasında devam eden birçok patent davası vardır. Bu davaların kaybedilmesi, kaybeden tarafı maddi ve manevi oldukça zor durumda bırakmaktadır. İlerleme sürecinde, özellikle ürün geliştirme sırasında, patent aşamasını ihmal etmek yapılan bütün araştırmaları ziyan etmek anlamına gelebilmektedir.

5.5.5. Telif hakları üzerine açılan uluslararası davalara örnekler

Apple ve Samsung arasındaki en büyük telif hakları davasında (Interdigital, 2018) 2012 yılında 1 milyar ABD Doları telif hakları ücretinin Samsung tarafından Apple'a ödenmesi gerektiği şeklinde karar alınmıştır. Yıllar içerisinde Samsung'un avukatları bu rakamı, 400 milyon ABD Dolarına kadar düşürmüşlerdir.

Apple ve Qualcomm arasında telif hakları davaları karşılıklı devam etmektedir. Qualcomm Apple'a 16 ayrı dava açmıştır (Theverge, 2017). Dava konuları; güç tasarrufu yöntemleri/çipleri, kamera otomatik odaklanma sistemleri vb. Apple ise yakın zamanda Qualcomm'a üç ayrı ülkede (ABD, Çin Halk Cumhuriyeti ve İngiltere) dava açmıştır (Engadget, 2017). Açılan bu davaların konusu Qualcomm'un telif haklarından fazla ücretler istemesidir.

Blackberry ise Blu Products ile olan telif hakları davasında (Digitaltrends, 2017) anlaşma yoluna giderken, Avaya ile olan davasına hale devam etmektedir.

5.5.6. Fikri mülkiyet geliştirme stratejileri

Küçük ya da büyük bütün firmalarda, istikrarlı büyümek ve rekabet gücü oluşturabilmek için firmanın Fikri Mülkiyet Stratejileri olması gereklidir. Şirketlerin rakiplerine karşı avantajlı konuma geçebilmeleri için kullanabileceği stratejilerden bazıları aşağıda listelenmiştir (WIPO, 2018):

1. İlk aşama Patent ve Fikri Mülkiyet ile ilgili kavramları anlamak olmalıdır. Bu konuyla ilgili “Markalar, Buluşlar, Patentler, Faydalı Modeller, Fikri ve Sınai Mülkiyet” kavramlarının aralarındaki farklar detaylı bir şekilde incelenmeli ve hangilerinin firmaya faydalı olacağı tespit edilmelidir.
2. Bahsedilen kavramlardan şirkete uygun olanların belirlenmesinden sonra; bu hakların başvuru prosedürleri ve bunlarla ilgili kanun ve yönetmelikler öğrenilmelidir.
3. Firmada, bir fikri mülkiyet stratejisine sahip olmanın ne kadar önemli olduğunun anlaşılması sağlanmalıdır. Ürün geliştirme konusu sadece Ar-Ge bölümüyle sınırlandırılmamalı; yönetim kadrosu dâhil bütün personele yenilik kültürü aşılanmalı; üretimde ve iş süreçlerinde yenilik yapmaları teşvik edilmeli, çalışanların yaptıkları yenilikler ödüllendirilmelidir.
4. Bir profesyonele danışana kadar yeni teknoloji gizli tutulmalıdır. Gerekirse çalışanların sözleşmelerine gizlilik ile ilgili maddeler eklenmelidir.
5. Ticari sırların işletmede kaldığından emin olunmalıdır ve ticari sırları korumak için; iş ortaklarıyla müzakere edildiğinde ve bilgi paylaşımı yapıldığında gizlilik sözleşmeleri yapılmalıdır.
6. Yeni bir ürünü veya hizmeti yeni bir isimle piyasaya sürmeden önce mevcut bir ticari markayı kullanmamaya dikkat edilmeli ve ticari markaları korumak için ticari marka veri tabanları kontrol edilmelidir. Bunu yaparken ihracat pazarlarını da düşünmek ve yabancı dilde istenmeyen bir anlama gelen isimleri kullanmaktan kaçınmak gereklidir.
7. İhracata yönelik çalışılıyorsa fikri mülkiyet haklarının tüm olası ihracat pazarlarında korunması sağlanmalıdır. Patent söz konusu olduğunda bir işletmenin, ulusal patent başvurusu yaptıktan sonra diğer ülkelerde aynı patent için başvuruda bulunma süresinin genellikle 12 ay olduğu unutulmamalıdır.
8. Piyasa takip edilmeli ve sahip olunan fikri mülkiyet varlıklarının ihlal edilmediğinden emin olunmalıdır. Fikri mülkiyet haklarının ihlal edildiğinin tespit edilmesi durumunda yasal süreç başlatılmalıdır.

5.6. Sonuç ve Öneriler

Hem elektronik haberleşme sektöründe, hem de genel olarak ülkemizde son 10 yılda patent başvuruları ve patent tescilleri konusunda önemli bir artış gözlemlenmektedir. 2006 yılında 1090 yerli, 4075 yabancı, toplam 5165 patent başvurusu yapılmışken, bu sayı 2017’de 8625

yerli, 10658 yabancı, toplam 19283 patent başvurusuna yükselmiştir. Bu sayılar hem dünyada patent başvurularına verilen önem ile hem de Türkiye’de patent konusunda bilincin artması ve GSYİH içinde Ar-Ge oranının artmasıyla paralel olarak gerçekleşmiştir. Elektronik haberleşme alanında yerli firmaların patent başvurularında gözle görülür bir artış yaşanmıştır. 2011 yılında elektronik haberleşme sektöründe TÜRKPATENT’e en çok başvuru yapan 5 firmadan 3’ü yabancıyken, 2017 yılında bu sektöründe en çok başvuru yapan 5 firmadan 4’ü yerli firmalar olmuştur.

Bu artışın devam edebilmesi için yerli telekomünikasyon firmaları için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, BTK ve TÜRKPATENT ortak bir çalışma ile elektronik haberleşme alanındaki başvurular için özel teşvik sistemleri geliştirilebilir ve sınai mülkiyet bilincinin daha küçük ölçekli işletmelerde de geliştirilmesi için özel programlar ve sempozyumlar düzenlenebilir. TÜRKPATENT ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın ortak çalışmasıyla elektronik haberleşme ile ilgili özel fikri ve sınai mülkiyet günleri organize edilebilir. 10 Ocak 2017’de yürürlüğe giren Sınai Mülkiyet Kanunu’nda ve 24 Nisan 2017’de Kanunun Uygulanmasına Dair Yönetmelik’te yer verilen çalışan buluşlarında genişletilen çalışan hakları, elektronik haberleşme sektöründeki Ar-Ge çalışanlarına TÜRKPATENT ile işbirliği yaparak çeşitli projeler kapsamında daha detaylı bir şekilde anlatılabilir ve Ar-Ge çalışanlarının buluş yapma ve inovatif çalışmalarda bulunma isteği arttırılabilir.

5G’nin getireceği yüksek hız, yüksek kapasite ve çok düşük gecikme süreleri ile elektronik haberleşme sektöründe ve elektronik haberleşme sektöründen faydalanan enerji, sağlık, otomotiv gibi dikey sektörlerde önemli değişimler yaşanacağı öngörülmektedir. Bununla ilgili BTK 5GTR Forum ve Çalışma Gruplarını oluşturmuş ve çalışmalar başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda yurt dışı forumlara ve standardizasyon gruplarına ülkemizdeki geliştiriciler tarafından sunulacak teknik önerilerin, hızlı bir şekilde patent başvurusuna dönüşmesi oldukça önem arz etmektedir. Burada geliştirilen buluşlarla ilgili BTK ve TÜRKPATENT işbirliği yaparak, başvurunun araştırma, inceleme ve tescil sürecini çok daha kısa bir sürede bitirilmesi sağlanabilir. Bu konulardaki başvuruların hızının, başvurunun diğer ülkelerde patent koruması alma sürecini de çabuklaştıracağı düşünülmektedir. Yine BTK ile TÜRKPATENT işbirliğinde telekomünikasyon sektöründe, özellikle mobil haberleşme alanında büyük önemi olan Standart için Zorunlu Patent (Standard Essential Patent - SEP) konusu hakkında, mobil işletmeci ve altyapı firmalarının bilinçlendirilmesinin arttırılması için özel çalışmalar önem arz etmektedir.

5G standartizasyon kuruluşlarının düzenli olarak takibinin yanısıra bu kuruluşların toplantılarının ve organizasyonların ülkemizde yapılması sağlanarak etkin rol alınabilir.

Mobil işletmeciler ve Kurumlar 5G konusunda bir araya gelerek bilgi paylaşımı ile ortak bir sinerji meydana gelebilir.

6. FON VE TEŞVİK MEKANİZMALARI

6.1. İhtiyaç

Dünya pazarında yer alacak, pazar analizleri yapılarak hem yerli ihtiyaçları adresleyecek hem de tüm dünyaya satılabilir yüksek teknoloji ve katma değerli ürünler ortaya çıkarmak; yüksek yatırım maliyetleri, uzun yatırım geri dönüş süreleri ve yüksek riske sahiptir. Ülkemizin hedefleri açısından baktığımızda, 5G ve ötesi teknolojiler ile ilgili yapılacak çalışmaların ürünleştirilmesi için gerekli tüm aşamalarının desteklenmesi gereklidir.

6.2. Mevcut durumda kullanılacak destekler

Yüksek teknoloji ve katma değeri yüksek bir ürünün tüm yaşam süreci, temel olarak şu şekildedir:

- Prototip (Minimum Viable Product, MVP) Fazı
 - Yeni ürün fikri
 - Fikirden projeye geçiş
 - Prototip geliştirme
- Satış Öncesi
 - Prototipten ticari ürüne geçiş
 - Diğer faaliyetler (reklam, tanıtım ve pazarlama; destek ekiplerinin oluşturulması gibi)
- Satış Sonrası
 - Ürün destek
 - Müşteri/pazar geri bildirimlerine göre ürünün geliştirilmesi/iyileştirilmesi

Bu fazlarda desteklenebilecek faaliyetler, bu faaliyetler için kullanılacak mevcut destek mekanizmaları ile bunlarda yapılması önerilen düzenleme ve iyileştirmeler, Tablo 6-1’de verilmektedir. Bir faaliyet en olası olduğu fazda açıklanmış olup bu durum, diğer fazlarda gerçekleşmesine bir engel teşkil etmemektedir.

Bu bölümde sadece tüm şirketlerin yararlanabileceği ve hibe şeklinde olan destekler incelenmiş olup tamamı veya belli bir kısmı geri ödemeli olanlar ve kredi şeklinde olanlar ile sadece KOBİ’lere yönelik olan destekler göz önüne alınmamıştır.

6.2.1 Prototip fazı

Müşteri ihtiyaçlarını adresleyen yeni ürün fikrinin;

- i. Ortaya çıkması,
- ii. Bunun projelendirilmesi (gereksinim analizi, teknolojik/teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü, vb.) ve
- iii. Prototip için gereken araştırma-geliştirme (planlama ve analiz; kavramsal geliştirme ve üst seviye tasarım; gerçekleştirme/geliştirme; test/doğrulama/entegrasyon ve problem çözümü)

süreçlerini içermektedir.

Bu süreçler için destek kapsamına giren faaliyetler ise şunlardır:

- Bilimsel etkinliklere ve standart komitelerine katılım
- Pazar ve müşteri araştırmaları
 - Danışmanlık ve rapor alımları
 - Yurt dışı pazar araştırma gezileri
- Ar-Ge faaliyetleri

Tablo 6-1 Prototip Fazında Desteklenebilecek Faaliyetler

Desteklenebilecek Faaliyetler	Mevcut Hibe Destekler	Önerilen Düzenleme ve İyileştirmeler
<p>Bilimsel etkinliklere (kongre, konferans, sempozyum, çalıştay, vb.) ve standart komitelerine katılım</p>	<p>TÜBİTAK Konsorsiyum Oluşturma Amaçlı Seyahat Desteği (H2020 Seyahat Desteği)</p> <p>TÜBİTAK Bilimsel Etkinliklere Katılım (2224-A ve 2224-B)</p>	<p>H2020 Seyahat Desteği</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desteklenen giderler yeterli - Sadece H2020 etkinliklerine yönelik olan destek kapsamı genişletilmeli, şartlar yeniden düzenlenmeli - Limiti (1.500€/seyahat) yükseltilebilir <p>2224-A ve 2224-B</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kapsam -standart komitelerine katılım hariç- uygun - Ancak akademisyenlere yönelik ve çok şart var, bunların düzenlenmesi gerekiyor
<p>Danışmanlık ve rapor alımları (teknik ve satış/pazarlama)</p>	<p>Ticaret Bakanlığı (mülga Ekonomi Bakanlığı) İhracat/Hizmet Sektörü Destekleri</p> <ul style="list-style-type: none"> - Danışmanlık - Oran: %50, Limit: 200.000\$/yıl - Rapor - Oran: %60, Limit: 200.000\$/yıl 	
<p>Yurt dışı pazar araştırma gezileri (tek başına olmamak koşuluyla fuar ziyaretlerini de içeriyor)</p>	<p>Ticaret Bakanlığı İhracat Destekleri;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desteklenen Giderler: Ulaşım ve konaklama - Oran: %70, Limit: 5.000\$/seyahat 	

<p>Prototip ürüne yönelik ArGe faaliyetleri:</p> <ul style="list-style-type: none"> - İş gücü - Hizmet, ekipman, yazılım ve malzeme alımları, seyahatler 	<ul style="list-style-type: none"> - TÜBİTAK TEYDEB 1501 veya 1511: ArGe içerdiğine kanaat getirilen projeler için iş gücünde en fazla %60, alımlarda %60 - Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ArGe Desteği: 10 MTL bütçe ve %100'e kadar 	<p>TEYDEB için destek oranı teoride %60, ancak uygulamada özellikle büyük şirketler için %25-30 civarında. Destek oranlarında iyileştirme gerekiyor.</p> <p>Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ArGe Desteğinin uygulaması henüz yapılmadı, öncelikle uygulamaya yönelik bir takım düzenlemeler gerekiyor, ayrıca destek üst limiti (10 MTL) arttırılabilir.</p>
--	---	---

6.2.2. Satış öncesi

Bu fazdaki olası temel faaliyetler şunlardır:

- Prototipten ticari ürüne geçişe yönelik faaliyetler;
 - İlave geliştirme faaliyetleri
 - Detaylı test (birlikte çalışma testleri gibi) ve doğrulama çalışmaları
 - Seri üretim
- Bilimsel etkinliklere ve standart komitelerine katılım
- Pazar ve müşteri araştırmaları
- Reklam, tanıtım ve pazarlama faaliyetleri, fuar katılımları
- Diğer faaliyetler;
 - Hedef ülke/pazar için uyulması gereken regülasyonlar ve alınması gereken belgeler
 - İzin, ruhsat, tahsis, lisans ve tescil işlemleri
 - Destek ekibinin kurulması

Satış Öncesi Dönemde Desteklenebilecek Faaliyetlere Tablo 6-2'de yer verilmektedir.

Tablo 6-2 Satış Öncesi Dönemde Desteklenebilecek Faaliyetler

Desteklenebilecek Faaliyetler	Mevcut Hibe Destekler	Önerilen Düzenleme ve İyileştirmeler
İlave geliştirme faaliyetleri	Bkz. Tablo 2-6	Ürünün ömrü boyunca müşteri istekleri, değişen pazar koşulları gibi nedenlerden dolayı birden fazla geliştirme evresi olabilir. Prototip geliştirmesi desteklenen bir ürünün, daha sonraki geliştirme süreçleri tekrar değerlendirmeye girmeden desteklenebilir.
Yatırım gerektirecek herhangi bir konu (test merkezi, üretim tesisi kurulması gibi)	<ul style="list-style-type: none"> - Ticaret Bakanlığı Yatırım Destekleri (Proje Bazlı veya Genel); İlgili destek unsurları - Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı 	<p>Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın Yatırım Desteği büyük şirketler için sadece Makine ve Teçhizat yatırımları için Oran: %10-20, Limit: 2 MTL</p> <p>- Büyük şirketler için destek oranları yükseltirse seçenek olarak değerlendirilebilir.</p> <p>- KOBİ'ler için olabilir.</p>
Bilimsel etkinliklere (kongre, konferans, sempozyum, çalıştay, vb.) ve standart komitelerine katılım	Bkz. Tablo 2-6	Bkz. Tablo 2-6
Danışmanlık ve rapor alımları (teknik ve satış/pazarlama)	Bkz. Tablo 2-6	Bkz. Tablo 2-6

Yurt dışı pazar araştırma gezileri (tek başına olmamak koşuluyla fuar ziyaretlerini de içeriyor)	Bkz. Tablo 2-6	Bkz. Tablo 2-6
Reklam, tanıtım ve pazarlama faaliyetleri	- Ticaret Bakanlığı İhracat/Hizmet Sektörü Destekleri - Oran: %60 (hedef ve öncelikli ülkeler için %70), Limit: 400.000\$/yıl	
Fuarlara katılım (Stand açma)	Ticaret Bakanlığı İhracat/Hizmet Sektörü Destekleri, belirlenen fuarlar için - Desteklenen Giderler: Stand ücreti, 2 kişi için ulaşım ve konaklama - Oran: %50 (hedef ve öncelikli ülkeler için %70), Limit:15.000\$/etkinlik	Desteklenen fuar listesinin 5GTR ihtiyaçlarını da içermesi
Hedef ülke/pazar için alınması gereken belgeler	Ticaret Bakanlığı İhracat/Hizmet Sektörü Destekleri - Belirlenen belgeler için - Oran: %50, Limit: 50.000\$/belge	Belge/Regülasyon listesinin 5GTR ihtiyaçlarını da içermesi
İzin, ruhsat, tahsis, lisans ve tescil işlemleri		Ticaret Bakanlığı Proje Bazlı Teşvikinin uygulanabilir olması durumunda bu paketteki “İzin, Ruhsat, Tahsis, Lisans ve Tescillerde İstisna Getirilmesi” desteği

Ürün yönetimi, çözüm, satış&pazarlama, ürün destek ekibi istihdamı		Ticaret Bakanlığı Proje Bazlı Teşvikinin uygulanabilir olması durumunda bu paketteki İstihdam destekleri kullanılabilir.
--	--	--

6.2.3. Satış sonrası

Bu fazdaki olası temel faaliyetler ise şunlardır:

- Bakım ve destek hizmetleri
- Müşteri/pazar geri bildirimlerine göre ürünün geliştirilmesi/iyileştirilmesi

6.3. 5G Projelerinin Finansmanı İçin Öneriler

5GTR kapsamında her üç çalışma grubundan çıkacak projelerin finansmanında aşağıda verilen üç modelden biri veya birkaçı birlikte kullanılabilir.

Bir ürünün ömrü boyunca baştan sona değişik faaliyetler için farklı kurumlar tarafından verilen farklı destek mekanizmalarını devreye sokmak, uygulama zorluğunun yanında takip, zamanlama gibi birçok ek yükü de beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla, aşağıdaki ilk iki seçenekte verildiği gibi daha bütüncül bir çözüm ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

5G'nin ülkemiz için önem arz eden, yüksek teknoloji içeren, yenilikçi, Ar-Ge yoğun ve yüksek katma değerli öncelikli bir alan olmasından dolayı, bu iki seçenek için gerekecek mevzuat değişikliklerinin yasal dayanağının oluşturulması (Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) yoluyla veya başka bir şekilde) gerekmektedir. Desteklerin eksik/yetersiz kaldığı noktalarda, çeşitli kredi mekanizmaları devreye girebilir ve ayrıca desteklerin yanı sıra alım garantisi, yerli ve milli ürünlere pozitif ayırmacılık, gibi farklı metotlar da uygulanabilir.

6.3.1. Mevcut bir desteğin uygulanması

Bir takım düzenleme ve eklemeler ile mevcut tek bir destek mekanizmasının kullanılması uygulamada önemli kolaylıklar sağlayacaktır. Seçilecek desteğin yönetmelik değişikliği

yapılarak yüksek teknoloji kazanımı gerekçesiyle “5G Ar-Ge ve Ür-Ge” projelerinin tüm aşamalarını kapsayacak şekilde uygulanması sağlanmalıdır.

Bu seçenek kapsamında öne çıkan iki destek şunlardır:

➤ **T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ar-Ge Desteği**

- Öncelikle mevcut uygulamadaki sıkıntıların giderilmesi, sonrasında kapsamın önemli ölçüde genişletilmesi ve buna bağlı olarak destek limitinin artırılması,
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’na ait bir destek mekanizması olmasından dolayı yeni kapsam belirlenirken 5GTR’in ihtiyaçlarına göre yeniden dizayn edilmesi mümkündür.

➤ **T.C. Ticaret Bakanlığı Proje Bazlı Teşvik Sistemi**

- Öncelikle sahip oldukları özel önem nedeniyle “5G Ar-Ge ve Ürünleştirme” projelerinin yatırım olarak değerlendirilip bu desteğin kapsamına girmeleri sağlanmalıdır. Desteğin amaçları arasında “ülkemiz için kritik önemi haiz yatırım konularında, sabit sermaye yatırımının ötesinde; Ar-Ge, üretim, tedarik zinciri ve pazarlamasıyla bir eko sistem oluşturabilecek, sadece üretim konusunda değil etkileşimde olduğu diğer sektörlerde de farklılık yaratabilecek yatırımların desteklenmesi” yer aldığı için 5G ve ötesi yüksek teknoloji ürünleri kapsayacak şekilde güncellenebilir.
- Baştan sona birçok ihtiyaca cevap veriyor, eksik kaldığı noktalar yine Ticaret Bakanlığının destekleri ile doldurulabilir.
- Koşulların (özellikle asgari yatırım tutarının) 5GTR için uygulanabilir olması için bazı düzenlemeler gerekebilir. Alternatif olarak, 5GTR’in tamamı tek bir yatırım projesi olarak değerlendirilebilir.
- Desteğe başvuruda çağrının yanında davet usulü de olduğu için uygulamadaki bazı zorlukların üstesinden gelinebilir.
- 7033 sayılı yasa ile Yazılım da Sanayi tanımı içine alınmasının uygulamasına yönelik olarak, Ticaret Bakanlığının Yatırım ve İhracat desteklerinde Bilişim/Yazılım şirketlerinin de bu desteklerden yararlanmasına yönelik bir takım düzenlemeler yapılması gerekebilir.

6.3.2. Bir destek paketi oluşturulması

Hangi destek mekanizması seçilirse seçilsin ilk seçenek için önemli oranda yasal düzenlemeler yapılması gerekeceği için pratikte zorluklar yaşanabilir veya uygulamaya geçilmesi çok zaman alabilir. Bu nedenle, fazla mevzuat değişikliğine gitmeden mümkün olduğunca mevcut destekler ile Ticaret Bakanlığı ile TÜBİTAK TEYDEB desteklerini birlikte kullanarak baştan sona birçok ihtiyaca (bir takım düzenleme ve ilavelerle hemen hemen hepsine) cevap verebilecek bir Destek Paketi oluşturulabilir.

Bu durumda uygulama kolaylığı açısından tek bir Başvuru ve Değerlendirme süreci olmalıdır:

- Seçilecek ürünlerin tüm süreçlerini içerecek belli bir süre boyunca desteklenmesi
- Her kuruluş/destek türü için ayrı bir başvurunun ve değerlendirme süreci olmadan doğrudan destek kapsamına alınması, süreçler arasında boşluk/bekleme olmaması
- Farklı kuruluşlara ait destek mekanizmaları arasında koordinasyonun sağlanması

Bu seçenek için bir uygulama örneğine aşağıda yer verilmektedir:

- **Çatı Birim:** 5GTR Forum tarafından önerilen projelere uygun destek mekanizmalarının verilmesini koordine etmek için oluşturulacak organizasyon/komite:
 - Yüksek teknolojili ürünler için özel çağrılar açar (mesela ‘5G Orchestrator’ ürünü çağırısı) ve başvuruları toplar.
 - Finansal ve teknik olarak yetkin bir şirketin koordinatörlüğünde olmasına dikkat edilir.
 - Konsorsiyumdaki dağılımın en az %20’si KOBİ ve üniversite olmak şartı ile dengeli iş bölümü yapılmış olması tercih edilir.
 - Konsorsiyum şirketlerinin teknik yeterlilikleri incelenir.
 - Konsorsiyumda
 - Ürünü sahada denenmesini sağlayacak şirketler ve use-caseleri tanımlı/planlı olmalıdır.
 - Uluslararası satış kanalları olan firmalar olmalıdır.

- Mümkinse birden fazla konsorsiyum seçilerek rekabet sağlanır, prototip aşaması tamamlandığında ürünleşmeye hangi konsorsiyum ile devam edileceğine yetkin bir komite vasıtası ile karar verilir.
- Her aşama kendi içinde kapı (gate) sistemine göre değerlendirilerek sonraki aşama onayı verilir; destekler arasında gecikmeler yaşanmaması için gerekli önlemler oluşturulur.
- Finansal olarak yetersiz şirketlere kredi olanakları tanınır.
- Ürünleşme ve satış sonrası da olmak üzere teknolojik ürün için gerekli tüm adımlar desteklenir.

6.3.3. Kamu alım garantisi

Desteklerden bağımsız olarak bir diğer finansman seçeneği ise 5G ürünlerinin bir paket veya ayrı ayrı ürün bazında yüksek teknoloji kazanımı gerekçesiyle “5G Ar-Ge ve Ürünleştirme” projelerinin tüm aşamalarını kapsayacak şekilde maliyetlerin devlet tarafından karşılanması, devletin ortaya çıkacak ürünün (Paylaşımlı FM – Shared IP hakkı ile) müşterisi olmasıdır.

Başlıca avantajları:

- Tüm faaliyetler hibe destek mekanizmaları devreye girmeden finanse edilmiş olur.
- Ekosistem oluşturulmasını sağlar.
- Pazar ve gün koşullarına göre ürün isterlerinde değişiklik yapılma esnekliği olur.
- Proje bütçesi tüm ürünleşme faaliyetleri göz önünde bulundurularak belirlenir.
- Regülasyon ihtiyaçları (access agnostic FMC, identity management, güvenlik ile ilgili, ...)

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

5GTR Forum çalışmalarının kısa süre içerisinde verimli yol alabilmesine imkan sağlamak amacıyla 5GTR Forum organizasyon yapısı altında kurulan Çekirdek Ağ, Fiziksel Ağ, Hizmet ve Uygulama ile Standardizasyon çalışma grupları çalışmalarına başlamış öncelikli olarak da ülkemiz için 5G ve Ötesi stratejisi ve yol haritalarını içeren bir Beyaz Kitap; 5GTR Forum Çalışma Gruplarında yer alan kamu kuruluşları, işletmeciler, üreticiler, STK'lar, özel sektör temsilcileri ve akademisyenlerimizin katkıları ile hazırlanmış ve 5G vizyonu formüle edilmiştir. Sonrasında, bu öncelikler ve yol haritalarına göre de projeler üretilmesi hedeflenmiştir.

5GTR Forumun önemli çıktılarından biri olan bu çalışma, dünyada ve ülkemizde 5G teknolojileri ve çalışmalarında gelinecek durum, 5G mimarisi öngörülere ile 5G gereksinimlerinin potansiyel teknoloji yapı taşlarına ilişkin bir bakış açısı sunmaktadır. Beyaz Kitap, ülkemizin bu teknolojileri üreten ülkelerden biri olma hedefi doğrultusunda 5G ve ötesi strateji ve yol haritaları için bir kılavuz olarak hizmet etmeyi amaçlamaktadır.

Beyaz Kitapta, 5G haberleşme şebekesini oluşturan çekirdek ağ katmanı ve fiziksel ağ katmanı ile bu katmanlar üzerinde çalışacak hizmet ve uygulamalara dair Türkiye'de yapılabilecek ve yapılması gerekli çalışmalar ele alınmıştır. 5G'ye geçiş için gereken teknik düzenlemeler ve 5G gereksinimlerine ilave olarak Türkiye'nin bu alandaki teknolojik yetenekleri de göz önünde bulundurularak geliştirilebilecek yazılım, donanım, hizmet ve uygulamalar konularında ülkemiz 5G ekosisteminin nasıl büyütülebileceğine verimli hale getirilebileceğine ilişkin öneriler ile 5G yol haritalarını içermektedir.

Çekirdek Ağ ile ilgili olarak;

- Mobil şebeke işletmecileri 5G ağ gereksinimlerini karşılamak amacıyla altyapılarında yenilikçi teknolojilere yönelmektedir. Çekirdek katmanda temel 5G servislerinde yerlilik ve milliliğin sağlanması amacıyla öncelikli olarak çekirdek şebeke elemanlarına yönelim sağlanması ve ilk prototiplerin 2019 yılı sonunda hazır edilmesi önem arz etmektedir. Çekirdek şebeke elemanlarına yönelik bilgilendirmeler Bölüm 2.3'te detaylı olarak yer almaktadır.

- 5G çekirdek şebeke mimarisinin NFV tabanlı olması hedeflenmekte olup NFV altyapısına uygun geliştirecek VNF'lerin konfigürasyonu elzemdir. 5G şebekelerde gereksinim duyulan performans, esneklik ve çeviklik benzeri kazanımları sağlamak amacıyla mobil işletmecilerin altyapılarında VNF kullanacak olmaları VNF'ler arasında koordinasyonu sağlayacak VNF Yöneticisi modülünü etken kılmaktadır. Bu kapsamda 2019 yılı sonu itibariyle VNF Yöneticisi ve EMS'in hazır hale getirilmesi önem arz etmektedir.
- Uçtan uca servis yönetimini yapabilmek amacıyla yerli SDN çözümünün de canlı ortama alınması planlanmaktadır. Uçtan uca servis kalitesi sadece çekirdek ağın bir konusu değildir. Aynı zamanda alt katmanlarda bulunan taşıma şebekesi ve IP tabanlı veri şebekesi, fiziksel ağ ile hizmet ve uygulamaların çıktılarında yer almalıdır.
- Temel şebeke bileşenlerini koruyabilmek amacıyla JSON tabanlı bir yerli güvenlik duvarının geliştirilmesi ve devreye alınması gerekmektedir.
- Fiziksel ağ katmanında geliştirilecek ürünlerin entegrasyonun 2019 içerisinde çekirdek ağ ile senkronize bir şekilde yapılması önerilmektedir.
- Radyo ve 5G çekirdek şebeke entegrasyonları tamamlandıktan sonra hizmet ve uygulamalarda geliştirilecek servislerin kurulacak 5G şebekesine entegrasyonu planlanmalıdır.
- 3GPP Release 16'nın 2019 sonunda tamamlanması ile birlikte temel şebekeyi zenginleştirecek ürünlerin prototiplerinin çıkması ve mevcut temel şebeke bileşenlerinin yazılımlarının iyileştirilmesi ve bu bileşenlerle entegrasyonu planlanmaktadır. Bu faz, 2020-2021 yılları aralığını kapsamaktadır.
- Yönetim ve orkestrasyon konusunda Servis Orkestrasyon yapısının kurulması planlanmaktadır. Bu şekilde hizmet yönetiminde sistemsel esnekliklere kavuşulacaktır.
- Güvenlik tarafında da gelişmelerin devam etmesi ile SDN tabanlı Anti DDOS ve SDN tabanlı zaafiyet analizlerinin otomatik olarak gerçekleştirecek sistemler ortaya çıkacaktır.
- Ticarileşme ve canlı şebekelerde kullanılabilir ürünlerin ortaya çıkartılması ve burada geliştirilecek ürünlerin Avrupa ve dünya standartlarını sağlamaları gerekmektedir. Türk Standartları Enstitüsü'nün de bu standartları kullanarak özellikle güvenlik alanında Türkiye'ye özgü ek gereksinimleri kapsayan standartları yayınlamasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

- Ek olarak 5G'ye özgü yüksek bant genişliği veya düşük gecikme ihtiyacı bulunan Sanal Gerçeklik (VR) veya Artırılmış Gerçeklik (AR) gibi servislerin temel şebekeye entegrasyonu önerilmektedir.

Fiziksel Ağ ile ilgili olarak;

- 5G ve ötesi konularında çalışacak, üniversitelerin kuluçka merkezlerine benzer yapıda yeni kurulan şirketleri desteklemek üzere kuluçka merkezi desteği sağlanmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.
- 5G VATS ile geniş bir paydaş topluluğuna hizmet edebilecek bir işbirliği modeli örneği oluşturulabilmiştir. Bu örneğin daha somut hale getirilmesi bir ortak araştırma merkezi kurulması ile devam ettirilebileceği değerlendirilmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde, endüstri ile ortaklaşa kurulmuş, 5G ve Ötesi üzerine çalışmalar yürüten merkezler bulunmaktadır. Bu merkezler, kritik kütle yaratmak amacıyla dar bir coğrafi bölge çerçevesinde kurulmuş, hem ilgili teknolojileri geliştirmek hem de canlı ve açık test sahalarında bu teknolojileri doğrulamak amacıyla çalışmalar yapan kurumlardır. 5G VATS kapsamında yakalanan kamu-üniversite-sanayi işbirliğinin bir merkez çevresinde desteklenmesinin ülkemiz açısından 2020'li yıllarda büyük atılımlar sağlayabileceği değerlendirilmekte, bu merkezden elde edilecek deneyimlerle ve merkezi bir koordinasyon ile diğer şehirlerde de benzer merkezlerin açılmasının ülkemizi çok daha ileri noktalara taşıyabileceği düşünülmektedir.
- Araştırma merkezi benzeri yapıların ve ayrıca ürün odaklı projelerin devlet tarafından güçlü bir şekilde desteklenmesi durumunda Ar-Ge çalışmaları ürünleşebilecek, sürdürülebilir araştırma altyapıları kurulabilecek ve esas amaç olan katma değerli ürünler ortaya çıkarılabilecektir. Devletin çok çeşitli destek mekanizmalarının merkezi bir biçimde yapılması metoduyla ve fon dağıtma aşamasında deneyimli kurumlardan faydalanılmasıyla, hızlı ve etkin bir şekilde projelerin desteklenmesinin çalışmaların etkinliğini artıracığı değerlendirilmektedir.
- Türkiye'de 5G ve ötesi haberleşme teknolojileri alanında çalışmalar yürüten üniversite ve şirketlerin dünya genelinde üniversite-sanayi işbirliği projelerinde yer alması için gerekli finansal ve politik destek sağlanmalıdır.

- Haberleşme teknolojileri sektöründe ülke olarak söz sahibi olabilme doğrultusunda gerekli insan kaynağının sağlanabilmesi için yaygın katılımlı ve sanayi işbirliği içeren lisansüstü eğitim programları desteklenmelidir.
- Dikey sektörlerin uçtan uca tüm gereksinimlerinin 5G teknolojileri ile karşılanması adına farklı çalışmalar ve iş modeli denemeleri ülkemizdeki işletmeciler tarafından yürütülmektedir. 5G sistem mimarileri ülkeden ülkeye hatta aynı ülke içinde işletmeciden işletmeciye değişiklik kazanacaktır. Geliştirilecek servislerin teknolojik gereksinimleri belirlenerek ona göre şebeke şekillendirilecektir. Farklı ülkelerin de kendileri açısından ekonomik olarak en verimli modeli benimsemek adına çeşitli akademik çalışmalar yaptıkları görülmektedir. Örneğin araç iş modeli için Almanya, sağlık iş modeli için İngiltere, turizm iş modeli için de İtalya gibi ülkeler çeşitli farkındalık programları ile modelleri sahiplenmektedirler. Ülkemiz için de benzer şekilde iş modellerinin benimsenmesi, bu konuda farkındalık yaratılması ve ayrıcalıklı bir destek verilmesi, bu iş modellerinin sahiplenilmesi adına kritiktir.
- 5G standartları tüm dünyada gelişme ve olgunlaşma aşamasındadır. 5G ile beraber yeni teknoloji ve şebeke yapılarının da gündeme gelmesi beklenmektedir. Bu noktada, gerekli mevzuatın belirlenmesinde uluslararası çalışmalar ve standartlar yakından takip edilerek yeni teknolojilerin ülkemizde gelişimini sağlamak için ilgili mevzuatın teknolojiye ilişkin değişimlere olanak verecek şekilde esnek olması sağlanmalıdır.
- Üreticilerin ve uygulama geliştiricilerin frekans bandına ilişkin uygunluk durumunu üretim/araştırma safhasından önce BTK ile koordine etmesi olası ekonomik zararların önlenmesi açısından önemli olacaktır.

Hizmet ve Uygulama ile ilgili olarak;

Otomotiv:

- Teknik mevzuat ve standartların geliştirilmesi ve uygulanmasında AB ve küresel yaklaşımlara ve uygulamalara paralel bir yol haritası oluşturulması,
- Uluslararası standart geliştirme süreçlerine aktif katılım sağlanması,
- Otonom sürüş, trafik emniyeti ve etkinliğinin sağlanması için uç bilişim teknolojileri ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi,
- Milimetre dalga boyunda araç haberleşmesi için modül geliştirilmesi,

- Görünür ışık ile araç haberleşmesi için modül geliştirilmesi,
- Tüm paydaşların geliştirdikleri teknolojileri test edebilecekleri uygun test ve simülasyon altyapısının oluşturulması,
- Operator tarafından sağlanan yüksek bant genişliği düşük veri iletimi ile araç sürücüsü ve diğer yolculara sağlanan hizmetler için araç içi ağ altyapısına ve bilgi/eğlence sistemlerine yönelik çalışmalar yapılması,
- Özellikle hizmetler alanında kişisel verilerin kullanımı söz konusu olabileceği için gerekli yasal düzenlemelerin yapılması

gerekmektedir.

Ulaşım ve Lojistik:

- Akıllı ulaşımın merkezinde yer alan bağlantılı araç teknolojisinin hem uluslararası standartlara uygun hem de yerli olarak geliştirilmesi önemsenmeli, bunun için gerekli kripto altyapısı ve tip onayı altyapısı ile ilgili süreçler yakından takip edilmeli ve ülkemizde zamanında bu altyapılar kurulmalıdır.
- C-V2X teknolojisi stratejik öncelikli bir alan olarak değerlendirilmeli ve milli ürünler geliştirilmesi için desteklenmelidir.
- Geliştirilecek milli C-V2X araç içi ünitelerinin başta milli araç projesinde kullanılması ve uluslararası piyasada rekabet edebilir maliyet ile uluslararası standartlara uygun yüksek kalitede geliştirilmesi önemli olacaktır.

Sanayi:

- Sayısal sanayi platformlarının geliştirilmesi
- İnovasyon (Digital İnnovation Hub) merkezleri kurulması
- Ar-Ge için kamu alımları modelinin desteklenmesi
- Strateji ve farkındalık oluşturulması
- Kamu özel sektör işbirliği platformları (Public Private Partnership) kurulması
- Nitelikli iş gücünün sanayi sektörüne çekilmesi ve sanayi sektöründeki iş gücünün niteliğinin artırılması
- Kamunun alım yaptığı yurt dışı teknoloji firmaları ile ortak Ar-Ge projeleri geliştirilmesi
- 5G Vadisine akıllı fabrika ve endüstriyel IoT (IIOT) test ortamının kurulması

Enerji:

Enerji sektörünün ihtiyaçlarına yönelik yapılabilecek çalışmalar ile ilgili öneriler üç kısımda incelenebilir.

- **Şebeke Özellikleri**

- 5G telekomünikasyon alt yapısı akıllı şebekelerin hem veri iletimi hem de kontrol amaçlı veri gönderimi ihtiyaçlarını karşılamalıdır.
- Arıza anlarında alternatif senaryoları işletmek için esnek ve güvenilir olmalıdır, arıza durumlarına karşı dayanıklı ve servis süreleri (Service Level Agreement-SLA) dâhilinde arızadan normale dönebilmelidir.
- Bununla beraber yüz binlerce algılayıcıdan da verilerinin geleceği düşünülerek aynı anda çok sayıda noktadan veri iletimi konusunda gelişmiş olmalıdır.
- 5G şebekesinde kullanılacak baz istasyonlarının servis yazılımları enerji sektörünün ihtiyaçları da göz önünde bulundurularak yerli olarak geliştirilebilir.
- 5G ile uyumlu yerli ve akıllı sayaçlar tasarlanmalıdır.
- 5G üzerinde kritik durumlarda veri iletiminin aksamaması için SLA süreleri konusunda standartların tanımlanması ve işletmelerin yapılacak test ve fizibiliteler sonucunda belirlenen standartlara buna uyması gerekmektedir.

- **Rekabet**

- Enerji alt yapısı uzun dönemli olarak yapılan bir alt yapıdır. 5G teknolojilerinin sunacağı hizmetler de uzun-dönemli yapıya uygun olmalıdır, bir önceki ve bir sonraki nesil ürünlere uyumluluğun olması gerekmektedir.
- Telekomünikasyon alt yapısı, enerji ağı alt yapısının stratejik bir parçasıdır. Bu göz önüne alarak fiyat istikrarı olan iş modelleri geliştirilmelidir.
- Powerline Communication (PLC), LPWAN teknolojiler şu anda da düşük pil ömürleri ve düşük fiyat imkanları ile tercih edilen ürünlerdir. 5G'nin bunlarla yarışması için gerektiğinde güçlü garanti desteği, hızlı cevap, geniş bant genişliği, düşük enerji harcayan cihaz uyumluluğu gibi farklı seçenekleri ve çözüm paketlerini önerebilmelidir.

- **Büyük Veri**

- Enerji sektöründe elde edilen büyük veri faturalandırma, pazarlama, planlama, denetleme gibi farklı veri kanallarında incelenmekte ve her geçen gün yeni veri kanalları ortaya çıkmaktadır. Bunlar göz önüne alınarak blockchain teknolojisi prensibinin bu sektörde uygulanması düşünülebilir. 5G alt yapısı bu bağlamda blockchain teknolojisine de destek verebilmelidir.
- 5G teknolojileri kapsamında milyonlarca algılayıcıdan alınan büyük veriyi güvenilir olarak işleyebilecek uygulama yazılımları geliştirilmelidir.

Sonuç olarak; enerji sektörü müşteri odaklı bir yapı ile birlikte, dağıtık kaynaklardan enerjinin toplanıp iletilmesine dair bir duruma doğru evrilmektedir. Bu noktada, iletişim alt yapısı kritik ve stratejik olacaktır. 5G teknolojilerinden de buna göre esnek, güvenilir, dayanıklı, uzun ömürlü, fiyatlama açısından cazip ve güvenli çözümler sunması beklenmektedir.

Sağlık:

5G uygulamaları geliştirilirken;

- Sağlık Bakanlığı, SGK ve diğer ilgili kamu kuruluşlarının ve sivil toplum örgütlerinin davet edilmesi,
- Uygulamaların ve regülasyonların eş zamanlı kurgulanması ve geliştirilmesi,
- Sağlık alanında 5G kullanım senaryolarının ve etik çerçevelerin görüşülmesi,
- Tıbbi cihazların standardizasyonunun ve sayısal hastane akreditasyonlarının üstünden geçilmesi,
- 5G uyumlu IHE standartlarının kamu ve özel sektörün beraber geliştirmesi,
- 5G tabanlı ileri teknoloji Ar-Ge projelerine yönelik destekleme altyapısının oluşturulması

gerekmektedir.

5G Altyapısı ve Sağlık Altyapısı için;

- Sağlık ile ilgili bilgi, hizmet ve iletişimin sağlanması için özel bant genişliği yaratılarak İnternet Üzerinden Sağlık (İnternet of Health -IoH) altyapısı oluşturulmalıdır. İnternet

üzerinden sağlık altyapısı, sağlık alanında ki hizmetlerin güvenli, hızlı, fiyat-fayda açısından avantajlı ve yenilikçi uygulamalara açık olmasını destekleyecektir.

- IoH, Internet of Medical Things (IoMT) ve Health as a Service (HaaS) gibi alt ağların geliştirileceği ve uygulamaya alınacağı teknik altyapıyı oluşturacaktır.
- İnternet üzerinden Sağlık altyapısı genel olarak beş alt başlık altında uygulamalar geliştirilmesini yönlendirebilir.
 1. Kişisel Sağlık Yönetimi Uygulamaları
 2. Hastanelerin varlıklarını ve müdahalelerinin yönetim altyapısı
 3. Robotik: Uzaktan Cerrahi, bulut sistemler, yaşam desteği için robotik teknolojilerin kullanılması
 4. Mobil Sağlık: uzaktan sağlık ve iyilik durumu takibi
 5. Akılcı İlaç kullanımı

Kurumların Destekleyebileceği Örnek Uygulamalar bakımından;

- Hastane veri sistemlerinin yüksek bant genişliği ile paylaşımı
- Sağlık verisinin bilgiye dönüştürülmesi ve anlamlandırılması
- Karar destek sistemleri ile bireye özgü tip uygulamaları
- E-kayıtların entegrasyonu, paylaşımı, güvenliği
- Evde bakım ve uzaktan sağlık hizmeti sunulması
- Sağlık hizmeti veren kişilerin 5G teknolojileri kullanılarak özellikle pratik gerektiren alanlarda eğitimi (AR ve VR tabanlı sistemler)

Çevre ve Tarım:

5G teknolojilerinin çevre ve tarım alanında kullanımı ile ilgili ülkemiz için faydalı olabilecek çalışmalar aşağıda yer almaktadır:

- Yurtiçinde tamamlanan ve devam eden tüm çalışmaların bir envanteri çıkarılmalı, hizmetler sınıflandırılmalı, benzer çalışmalar kümelenme oluşumu ile birbirini destekleyici ve tamamlayıcı noktaya taşınmalıdır.
- Çevre ve tarımda bilişim kullanımı konusunda tecrübesi olan uzmanlardan karşılaştıkları teknolojik zorluklar öğrenilmelidir. Özellikle hücresel şebeke üzerinden kullanılan iletişim servislerindeki kısıtlar, zorluklar hakkında bilgi toplanmalıdır.

- 5G ve ötesinde ulaşılabilecek şebeke kabiliyetleri, mevcut şebekelere göre üstünlükleri ile ilgili farkındalık artırıcı toplantı ve seminerler düzenlenmeli, sektör paydaşlarının ileri dönük fikirler edinmeleri sağlanmalıdır. Yaratıcı yeni fikirlerin günyüzüne çıkması için ödüllü proje önerisi yarışmaları düzenlenmelidir.
- İki önemli bakanlığımızın (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı) temsilcileri, konuyla ilgili akademisyenler ve konu uzmanları ile ortak bir platform oluşturulmalı, geleceğin şebekeleri ile yapılabilecek projelerin ulusal strateji planlarına girmesi sağlanmalıdır. Diğer taraftan Bakanlıklarımızın operasyon yönetimi takımı kurması ve bir operasyon merkezi içerisinde görevlendirmesi sistemlerden en yüksek verimin alınmasını sağlayacaktır.
- Güçlü devlet politikaları oluşturulmalı ve endüstrinin takibi sağlanmalıdır. Öncelik su tüketimini akıllılaştırmak olmalı, ulusal su stratejisi oluşturulmalıdır.
- Tarım ve hayvancılıkla ilgili verilerin toplandığı ortak veri merkezleri kurulmalı ve ortak erişime açık hale getirilmelidir. Ayrıca bu verilerin görselleştirilebileceği, işlenebileceği ve analiz edilebileceği hibrit bulut mimari yapıları kullanılarak kamu ve özel tarafların erişim seviyeleri farklılaştırılmalıdır.
- Tarımda kamu tarafı kendisi gözlem ağını kurmalı ve işletmeli, standardı belirli olmayan ve verileri yurtdışına gönderen gözlem sistemlerinin kurulmasını da denetlemelidir. Gözlem ağlarının kalibrasyonu izlenmelidir verilerin toplulaşma noktası Türkiye içerisinde kalmalıdır. Bunların referans bir gözlem ağı dâhilinde coğrafi koordinatlı veri ve hesaplama modellerine dayalı bilgiye dönüştürülebilmesi ve sunulması için hizmet kalite seviyesi yönetimi yapılabilen bir operasyon merkezi işletim ihtiyacı bulunmaktadır. Bu tür bir operasyon merkezinde veri ve bilgi sunum servis standartları oluşturulursa özel sektörde mobil uygulamalar ve belediyeler de 5G, otonom araçlar ve görüntüleme sistemleri konusunda da hizmetleri bireylere ulaştırma imkanı bulunmaktadır.
- Kamu kurumlarında kadro değişimi ve benzeri sebeplerle bu konulardaki gelişim ve ulusal stratejiye ilişkin bilgi ve tecrübelerin sürdürülebilirliği önemli zorluklardan biridir. Planlanmış ve çeşitli aşamalarda yarım kalmış bazı kamusal yatırımların, görevlendirilecek bir kurumun koordinasyonu ile verimli şekilde dikey sektör entegrasyonuna dayalı hizmetlere dönüştürülmesi, bunun devamı olarak bilişim ve iletişim sektörünün ortak hizmet platformları ile entegrasyonu sağlanarak uluslararası alanda da rekabet edecekleri ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi mümkündür.

Koordinasyon gerektiren çalışmalarda tıkanıklıkları çözümlenme amacıyla BTK da süreç içerisinde rol alabilecektir.

- Algılayıcı ihtiyaçlarımıza yönelik problemlere yer verilmesi ve bu alanda yeni çalışmaların başlatılması önemlidir. Yerli algılayıcıların geliştirilmesi hem gereksinime direkt cevap verebilmesi hem de daha uygun maliyetli olması bakımından önemlidir. Bu konu üniversitelerimizi ilgili bölümleri ile yakın ilişki içerisinde projelendirilmelidir. Büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta kullanılacak algılayıcılar için elektronik ve biyomedikal mühendisliğin yetkinlikleri ve veteriner hekim uzmanlıkları birlikte kullanılmalıdır. Toprak, hava, su için ortaya çıkacak algılayıcı ihtiyaçları için meteoroloji, zooloji, botanik bilim uzmanları ile mühendislik gücü birleştirilerek, özgün, uygun maliyetli, rekabetçi, yüksek performanslı algılayıcılar geliştirilmelidir.
- Amacımız yerli teknoloji üretmek olmalıdır. Tarım ve çevre uygulamaları için bağlanabilirlik seviyesi diğer dikey sektörler göre, örneğin sağlık veya ulaşım sektörlerine göre daha düşüktür. Tarım ve çevre uygulamalarında gecikme toleransı daha yüksektir. Tarım ve çevre uygulamalarında 5G açısından en önemli nokta uygulama alanı ile orantılı olarak çok fazla cihaz kullanılması olacaktır. Cihaz sayısı artacağı için geniş bant aralığı gereklidir. Yine uygulama alanı ile orantılı olarak bu sayede mevcut üretim 2.8 katına çıkarılırsa diğer hizmet gruplarından çok daha fazla ekonomiye katkı sağlanmış olacaktır. Bu amaçla önceliğin akıllı su tüketimine verilmesi gerektiği görülmektedir. Ulusal su stratejisi oluşturulmalı ve bu strateji tarlada üretimden tüketime kadarlık tüm dönemleri kapsamalıdır.
- Gerçekleştirilen toplantılarda bir diğer önemli konunun, ayrı çalışma grupları tarafından bağımsız uygulamalar yapılarak bu uygulamaların ve elde edilen verilerin entegrasyonunun yapılamaması olduğu anlaşılmıştır. Uygulamalar için ayrı ayrı servisler olması, ayrı ayrı yapay zeka, bulut servisleri kurulması, ağların işletilmesi fizibiliteyi azaltmaktadır. Ortak platformların oluşturulması gerekmektedir. Bu platformların yönetimini (veri-bilgi-süreç yönetimi) gerçekleştirmek üzere Tarım Bakanlığı tarafında operasyon merkezleri kurulmalıdır. Bankacılık, telekom sektörlerindeki gibi operasyon merkezi mantığı oluşturulmalıdır. Temel olarak, bir tanesi veriyi toplayan ve derleyen modeli yapan ve gerçek zamanlı işleri yapan biraz daha akademik kökenli olarak bunları sunan bir merkez, diğeri ise idari kayıtlar dahil olmak üzere tüm tarımsal iş süreçlerinin servislerini sunan bir merkez olmak üzere iki tane operasyon merkezi ihtiyacından bahsedilebilir. Bakanlığının kendi iç uygulamaları da bunlar üzerinde çalışmalı. Özel

sektörün uygulamaları da plug-in'ler ile bunlara bağlanıp çalışmalıdır. Operasyon merkezi üzerinde hem kamu hem özel sektör uygulamalarının ortak platform üzerinden çalıştırılması sağlanmalıdır. Örneğin Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hava kalitesi izleme uygulaması da bu platforma entegre olmalıdır. Bu ortak yapı sayesinde büyük veri ihtiyacı karşılanmış olacaktır. Böylece daha etkin modellemeler ve tahminlemeler yapılabilecektir. Bakanlıklar bu konularda bilgilendirilmeli ve bu noktadan itibaren BTK ile Bakanlıklar birlikte hareket eder hale gelmelidir.

- Hâlihazırda Tarbil uygulaması sistemi kurulmuş durumdadır. Bunun üzerine bahsedilmiş olan geliştirmelerin ve entegrasyonların yapılması gerekmektedir. Projenin devam ettirilmesi takip edilmeli ve projenin sağladığı altyapı operasyon merkezleri ile desteklenmelidir. Bu platformların kullanıcılara yansıtıldığı mobil uygulamalar geliştirilmelidir.
- Topraksız tarım uygulamaları (minimum su ve enerji ile geliştirilecek sera sistemleri, rutubet, ısı ayarları çok önemli) gerçekleştirilmelidir. Yeraltı sularının ve deniz sularının takibi yapılmalıdır. İhtiyaç duyulan sensörler kameralar, tetikleyiciler (sera kapaklarını aç/kapa, motoru aç/kapa), gece görüş kameraları ve akıllı ağ geçitleri yerli olarak tasarlanmalı ve geliştirilmelidir.
- Tarımsal üretim konusunda, gerek kablosuz sensör ağları gerek normal kameralar ve multispektral kamera görüntüleri, tüm veriler doğru toplanmalı ve anlamlandırılmalıdır. Anlamlı veriler yapay zeka sistemlerinde eğitilerek sağlam birer veri seti oluşturulabilir ve yeteri kadar veri öğrenen sistemler yanılmadan raporlama sağlayabilir. Bu konuda şu anda ülkemizde Tarsens firması, dünyanın en büyük yapay zekâ hızlandırıcısı, Nvidia ile çalışmaktadır.
- Mevcut veri tabanlarının entegre edilmesine öncelik verilmelidir.

Medya ve Eğlence:

- Medya ve eğlence, bilindiği üzere veri tüketiminin önde giden bir sektördür. Günümüzde gittikçe artan talebi karşılayabilmek için mobil işletmeciler, tüketicinin ihtiyaç duyduğu yüksek kapasiteye yönelik yatırımlar planlaması gerekebilecektir.
- Kullanıcılar, artan veri tüketimleri için daha yüksek ücret ödemeye hazır değildir. Bu da, artan veri kullanımı karşısında birim veri başına uçuk olmayacak maliyetler ile bu ihtiyacı karşılanabilmesi anlamına gelmektedir.

- Medya ve eğlencede sektöründe yeni cihazlar kullanılmaya başlanacaktır. Bu cihazların, örneğin AR/VR cihazları, hem taşınabilir hem kullanışlı hem de gösterişli hale getirilmesi gerekmektedir.

Özetlemek gerekirse, medya ve eğlence sektörü için 5G, kullanıcı/toplumun talep ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek kullanım alanları ile birlikte bir katalizör görevi görecektir. Ek olarak 5G, bugünden öngöremediğimiz yeni kullanım alanlarını tetiklemesi beklenmektedir. Bu kapsamda ihtiyaçlara hızlıca adapte olacak şekilde ölçeklenmesi beklenebilir.

Eğitim:

- Milli Eğitim Bakanlığı FATİH projesinin devamında 5G teknolojisinin katkılarının oluşturulması yararlı olacaktır.
- EduRoam benzeri bir çalışmanın 5G altyapısını kullanan eğitim sektöründe kullanılması önerilmektedir.
- Uzaktan erişimli kullanılacak laboratuvarların kurulması gerçekleştirilebilir.

Güvenlik:

- BTK tarafından özel güvenlik çözümü ağlarında frekans tahsisi için başvuru sürecine dair bir bilgilendirme sağlanabilir.
- Geniş bantda yapılan telsiz sistemlerinde standartlara uygun geliştirilme yapılması teşvik edilebilir.
- Özel ağlarına sahip kurumlar kendi istekleri doğrultusunda verilerini paylaşabilecekleri milli veri merkezleri kurabilir.
- Güvenli şehir konsepti tanımlanarak, büyük şehir olmayan illerde de çalışmalara destek olunabilir.
- Kamu tarafından public safety network kurulması.

Finans:

- Finansal açıdan bakıldığında 5G'nin gelecek vaad eden katkılar sunabileceği görülmektedir. Özellikle müşteri memnuniyetini arttıracak VR/AR uygulamaları, IoT temelinde akıllı şehirler, akıllı evler, akıllı otomobiller kapsamında çeşitli hizmetler,

sigorta risk analizi gibi konularda yakın gelecekte 5G tarafından sunulabilecek fırsatlar bulunmaktadır.

- 5G; nasıl harcadığımızı, nasıl biriktirdiğimizi, finansal hizmetleri nasıl satın aldığımızı değiştirecektir.
- 5G'nin finans dünyasına getireceği kritik rol hızdan ibaret değildir. 5G ile birlikte çok çok hızlı indirmeler yapabiliyor olunacaktır. Bunun yanı sıra 5G, çok ama çok kısa gecikme sürelerini de sağlayacaktır. 4G'de 50 ms olan gecikme, 5G ile birlikte 1ms altına düşecektir. Böylece son kullanıcılar için bankacılık uygulamaları ve ödemeler neredeyse anında tamamlanan birer tecrübeye dönüşecektir.
- Üçüncü parti uygulamaların bağlandığı API hizmetleri bankacılıkta yaygınlaştıkça, yeni servislerin yaygınlaşmasının 5G ile hızlanması beklenir.
- 5G'nin finans sektörü ve finans teknolojilerine getireceği en büyük değişiklikler, 5G'nin ana kullanım alanları olması beklenen düşük maliyetli, düşük güç harcayan ve dayanıklı/güvenilir cihazların yaygınlaşması olacaktır. Şu anda birbiriyle konuşamayan RFID, Bluetooth gibi kısa mesafeli haberleşme teknolojilerini kullanan cihazların yerine 5G ile birbiriyle iletişimde olan IoT cihazlarının yaygınlaşması ile pek çok cihaz arasında veri alış verişi için 5G'nin standart teknoloji olması beklenmektedir. Telefonlar, akıllı saatler, kulaklıklar, AR/VR cihazları, sensörler, giyilebilir teknolojiler (Google Glass tarzı cihazlar gibi) birbirleriyle veri paylaşıırken aynı zamanda ödeme de yapabiliyor olacaktır.
- 4G, finans dünyasında yıkıcı etkiler göstermeye devam ediyor olması ile birlikte 5G ile finans dünyası, çok daha fazla cihazın bağlandığı, otomasyonun ve internet kullanımının arttığı bir döneme giriyor olacaktır.

Standardizasyon ile ilgili olarak;

- Hem telekomünikasyon sektöründe, hem de genel olarak ülkemizde son 10 yılda patent başvuruları ve patent tescilleri konusunda önemli bir artış gözlemlenmektedir. Bu artış da hem dünyada patent başvurularına verilen önem ile hem de Türkiye'de patent konusunda bilincin artması ve GSYİH içinde Ar-Ge oranının artmasıyla paralel olarak gerçekleşmiştir. Telekomünikasyon alanında yerli firmaların patent başvurularında gözle görülür bir artış yaşanmıştır. Bu artışın devam edebilmesi için yerli telekomünikasyon firmaları için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, BTK ve

TÜRKPATENT ortak bir çalışma ile telekomünikasyon alanındaki başvurular için özel teşvik sistemleri geliştirilebilir ve sınai mülkiyet bilincinin daha küçük ölçekli işletmelerde de geliştirilmesi için özel programlar ve sempozyumlar düzenlenebilir. TÜRKPATENT ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın ortak çalışmasıyla telekomünikasyon ile ilgili özel fikri ve sınai mülkiyet günleri organize edilebilir.

- 10 Ocak 2017'de yürürlüğe giren Sınai Mülkiyet Kanunu'nda ve 24 Nisan 2017'de Kanunun Uygulanmasına Dair Yönetmelik'te yer verilen çalışan buluşlarında genişletilen çalışan hakları, telekomünikasyon sektöründeki Ar-Ge çalışanlarına TÜRKPATENT ile işbirliği yaparak çeşitli projeler kapsamında daha detaylı bir şekilde anlatılabilir ve Ar-Ge çalışanlarının buluş yapma ve inovatif çalışmalarda bulunma isteği arttırılabilir.
- 5G'nin getireceği yüksek hız, yüksek kapasite ve çok düşük gecikme süreleri ile elektronik haberleşme sektöründe ve elektronik haberleşme sektöründen faydalanan enerji, sağlık, otomotiv gibi dikey sektörlerde önemli değişimler yaşanacağı öngörülmektedir. Bununla ilgili BTK 5GTR Forum ve Çalışma Gruplarını oluşturmuş ve çalışmalar başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda yurt dışı forumlara ve standardizasyon gruplarına ülkemizdeki geliştiriciler tarafından sunulacak teknik önerilerin, hızlı bir şekilde patent başvurusuna dönüşmesi oldukça önem arz etmektedir. Burada geliştirilen buluşlarla ilgili BTK ve TÜRKPATENT işbirliği yaparak, başvurunun araştırma, inceleme ve tescil sürecini çok daha kısa bir sürede bitirilmesi sağlanabilir. Bu konulardaki başvuruların hızının, başvurunun diğer ülkelerde patent koruması alma sürecini de çabuklaştıracağı düşünülmektedir.
- Yine BTK ile TÜRKPATENT işbirliğinde telekomünikasyon sektöründe, özellikle mobil haberleşme alanında büyük önemi olan Standart için Zorunlu Patent (Standard Essential Patent - SEP) konusu hakkında, mobil işletmeciler ve altyapı firmalarının bilinçlendirilmesinin arttırılması için özel çalışmalar önem arz etmektedir.
- 5G standartizasyon kuruluşlarının düzenli olarak takibinin yanısıra bu kuruluşların toplantılarının ve organizasyonların ülkemizde yapılması sağlanarak etkin rol alınabilir.
- Mobil işletmeciler ve Kurumlar 5G konusunda bir araya gelerek bilgi paylaşımı ile ortak bir sinerji meydana gelebilir.

5GTR Forum vizyonuna uygun olarak mevcut teknoloji yerine 5G teknolojisine odaklanılması ile dünyadaki tüm geliştiricilerle rekabet edebilme avantajı sağlanmış olacaktır.

EKLER

EK-1

5G VE ÖTESİ ALANLAR ÜZERİNE ÇALIŞAN ÜNİVERSİTELERİMİZİN FAALİYET ALANLARI

Üniversite	Çalışma Konuları	Altyapı
Hacettepe Üniversitesi	Dağıtık Anten Sistemleri, Heterojen Ağlar, CoMP, MC Radio Resource Management, Massive MIMO, Girişim Kontrolü/NOMA, Görünür Işıklı Haberleşme, Full Duplex Haberleşme, Dalgaşekli Tasarımı, İşbirlikli Haberleşme, IoT, Ağ Kodlama, Anten Tasarımı, Mikroelektronik Tasarım, Ağ Güvenliği, Siber Güvenlik, Makine Öğrenmesi	USRP, Network Analizörü (20 GHz), Sinyal Üretici (3 GHz), Osiloskop (1 GHz), Muhtelif Antenler, Pasif Mikrodalga Elemanları, Ansys HFSS, CST Mikroelektronik Tasarım Anten ve Baskı Devre (Prototip) Üretim Sistemleri (LPKF)
İTÜ	Uzaysal Modülasyon, İndis Modülasyonu, NOMA, mmWave, Drone ile Haberleşme Fiziksel Katman Güvenlik, Tam Çift Yönlü Haberleşme, Enerji Verimli Haberleşme, Enerji Hasatlama, Araç Haberleşmesi, Kanal Modelleme, Lokalizasyon, Kanal Modülasyonu (Media Based Modulation, MBM), Ağ Kodlama, Massive MIMO, Yeni Nesil Dalga Formları, Bilişsel Ağlar	İTÜ Telsiz Haberleşme Araştırma Laboratuvarı (THAL),

Kadir Has Üniversitesi	PHY ve MAC katman tasarımı, Dalga tasarımı, Küçük hücrelerde girişim yönetimi.	
Koç Üniversitesi	V2X iletişim protokolleri tasarımı ve optimizasyonu; işaret, ses ve görüntü işleme; IoT donanım ve sistem tasarımı, gerçekleştirilmesi ve uygun protokollerin geliştirilmesi, fiziksel entegre üretimi için proses geliştirilmesi, ışın şekillendirme simülasyon ve modelleri (beamforming), sağlık uygulamaları için kablosuz ve vücuda entegre edilebilir sensör tasarımları, görünür ışıkla sinyal işleme, kriptolama	70 GHz'e kadar çıkan VNA (vektör network analizörü), 800 m ² temiz oda altyapısı (optik, elektron ışın ve maskesiz litografi cihaz yetkinlikleri), RF entegre karakterizasyonu için probe istasyonu, malzeme karakterizasyon yetkinlikler (KUYTAM)
Marmara Üniversitesi	V2X Ağ Konuları, SDN, NFV	V2X iletişimi, algoritmalar, araç trafiği ve 5G-V2X ağ altyapısına yönelik modelleme ve simülasyon ortamı
Medipol Üniversitesi	Dalga Şekli Tasarımı, Çoklu Erişim Teknikleri, Katmanlar Arası Haberleşme Güvenliği, Bilişsel Radyo Ağları, Milimetre Dalga Erişimi, Hava Araçları Haberleşmesi, Vücut İçi Kablosuz Haberleşme, Massive MIMO Anten Teknolojisi, Heterojen Ağlar, Doğal Afet ve Acil Durum Haberleşmesi, Cihazlar Arası İletişim, Nesnelerin İnterneti, Haberleşme Standartları	USRP, Muhtelif ölçüm cihazları

<p>ODTÜ</p>	<p>Massive MIMO, Çoklu erişimde huzme oluşturma yöntemleri, Dikgen olmayan çoklu erişim (NOMA), Bant içi ve dışı backhaul sistemleri, Omurga Ağları anahtar ve yönlendirici mimarileri, Donanım ile hızlandırılmış bulut bilişim mimarileri, Yazılım tabanlı ağlar için uçtan uca servis kalitesi yönetimi, Akıllı ulaşım için düşük gecikmeli hücresel araç-X ağları (C-V2X), Geniş bantlı, çift polarizasyonlu, ince ve küçük anten tasarımı, MIMO sistemler için anten elemanı ve dizi tasarımı, Çok fonksiyonlu (çift bant, çift polarizasyon gibi) ya da fonksiyonları anahtarlanabilen (bant kaydırma, linear polarizasyon/ dairesel polarizasyon anahtarlama gibi) anten tasarımı, Çok kullanıcı kanalı erişim algoritmaları, Enerji verimli paket çizelgeleme, Bilgi tazeliği optimizasyonu, Enerji hasatlı haberleşme, Yeni dalga şekilleri, Yeni nesil kablosuz haberleşme teknikleri (5G+), Massive MIMO, Milimetrik dalga haberleşme teknikleri,</p>	<p>Çeşitli USRP, Network Analizörler (0.1-67GHz), Spectrum Analizörler (0.1-67GHz), Sinyal üreteçleri (1-67GHz), Yankısız oda (1-40 GHz) (uzak alan - yakın alan anten ölçüm sistemi), Anten Kulesi, CAD Tools (Ansys-HFSS, CST, FEKO, ADS), RF- mikrodalga kablolar, konektörler, yükselteçler, adaptörler vs LPKF Hızlı PCB prototip üretim cihazı, 40 Gbps anahtar</p>
--------------------	--	--

	Düşük karmaşıklıkta kıl ve kod çözüme yöntemleri,	
Özyeğin Üniversitesi	Dalga şekli tasarımı, MIMO, OFDM, Kanal kestirimi/denkleştirme, İşbirlikli haberleşme, Görünür ışıqla haberleşme (LiFi), Backhaul çözümleri IoT, D2D, M2M, THz haberleşme, biyomedikal ağlar, kablosuz vücut civarı ağlar, manyetik indüksiyon tabanlı ağlar, enerji hasatlayan ağlar, ağ bilgi kuramı,	Optik Kablosuz Haberleşme Teknolojileri Mükemmelliyet Merkezi (OKATEM) , LiFi ile ilgili muhtelif cihazlar
Selçuk Üniversitesi	Kanal kodlama ve modülasyon, MIMO Sistemler ve Uzay-Zaman Kodlaması, İşbirlikli İletişim ve Ağ kodlaması, 5G (Massive MIMO, NOMA)	Spektrum Analizörü (İki adet), Network Analizör
Türk Hava Kurumu Üniversitesi	RF, Analog Devre Tasarımı, Kablolu ve Kablosuz İletişim için milimetre dalga Tümlşik Devre Tasarımı	
TOBB-ETÜ	NOMA, 5G sistemler için önbellekleme, OFDM, UAV-BS tasarımı 30-700 GHz kaynak, algılayıcı Diğer optik, THz, mmWave bileşenlerin geliştirilmesi Akıllı şehirler için optimizasyon, sensör ağları	0-26 GHz network analizör, 0-26 GHz spektrum analizör, 0-20 GHz sinyal üretici, 0.3-1 THz CW ölçüm sistemi, 0-1 THz probe istasyonu, CAD Tools (Ansys-HFSS, CST, AWR, Cadence), Entegre paketleme ve test imkanları

YTÜ	Small Cell, DAS ve Indoor ortamlar için anten ve anten dizileri, RF/ Mikrodalga modül tasarımları, IoT donanım ve gömülü yazılımları, RF enerji hasatlayıcı sensörler, İşbirlikli haberleşme, GFDM, OFDM, Kanal Denkleştiriciler, Uzay Zaman Kodlama ve Kod Çözme, Uydu Haberleşmesi, SON, Makine Öğrenmesi, Yapay Zeka Tabanlı Sistemler, Derin Öğrenme, Analog Tümdevre Tasarımı, Biyometri	RF/Mikrodalga ArGe Laboratuvarı (YTU-RFLAB) (Network Analizör, Spektrum Analizör, Sinyal Generator, muhtelif RF devre ve anten prototipleri) Siber Güvenlik ve Biyometrik Araştırmalar Danışmanlık ve Test Merkezi, Machine Intelligence and Design Automation Lab
------------	---	---

KAYNAKÇALAR

3GPP TS 23.228: "IP Multimedia Subsystem (IMS)"; Stage 2

3GPP TS 23.468 "Group Communication System Enablers for LTE (GCSE_LTE); Stage 2"

3GPP TS 22.179: "Mission Critical Push to Talk (MCPTT) over LTE"; Stage 1

3GPP'nin RP-172105 numaralı raporu

3GPP'nin RP-172021 numaralı raporu

3GPP'nin RP-171618 numaralı raporu

3GPP'nin RP-171880 numaralı raporu

3GPP'nin RP-172795 ve RP-180594 numaralı raporları.

3GPP TS 23.501 numaralı raporu

3GPP TS 23.502 numaralı raporu

3GPP, 2017,

<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3144>

3GPP, 2018a, <http://www.3gpp.org/about-3gpp/about-3gpp>

3GPP,2018b, www.3gpp.org/specifications-groups

3GPP, 2018c, <http://www.3gpp.org/specifications-groups/sa-plenary/sa-plenary/home>

3GPP, 2018d, <http://www.3gpp.org/specifications-groups/ct/plenary/home>

3GPP, 2018e, <http://www.3gpp.org/>

3GPP, 2018f, <http://www.3gpp.org/specifications-groups/specifications-groups>, 10.04.2018

3GPP, 2018g, <http://www.3gpp.org/release-15>, 10.04.2018

3GPP, 2018h, <http://www.3gpp.org/release-16>, 10.04.2018

3GPP, 2018i, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Study on new radio access technology: Radio access architecture and interfaces (Release 14), http://www.3gpp.org/ftp//Specs/archive/38_series/38.801/38801-e00.zip, 27.04.2018

5G Americas, 2017, 5G Services and Use Cases,
http://www.5gamericas.org/files/3215/1190/8811/5G_Services_and_Use_Cases.pdf

5G PPP, 2013, https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/Advanced-5G-Network-Infrastructure-PPP-in-H2020_Final_November-2013.pdf

5G-PPP, 2015, 5G Empowering Vertical Industries, https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2016/02/BROCHURE_5PPP_BAT2_PL.pdf

5G PPP, 2016, 5G PPP White Paper on Media Entertainment Vertical Sector.pdf

5G PPP, 2017a, 5GPP Architecture Working Group, , View on 5G Architecture (Version 2.0), Section 2: Overall Architecture, 18-07-2017

5GPPP, 2017b, 5GPP Architecture Working Group, 2017-07-18, View on 5G Architecture (Version 2.0), Section 2.2: Network Slicing, https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2017/07/5G-PPP-5G-Architecture-White-Paper-2-Summer-2017_For-Public-Consultation.pdf

5GPPP, 2018, <https://5g-ppp.eu/>

5G Ensure, 2017, 5G Enablers for Network and System Security and Resilience, <http://www.5gensure.eu/privacy>

ABAL, 2012, https://www.communications.gov.au/sites/g/files/net301/f/IBES_Report_-_PSA_broadband_options_FINAL.pdf

Agritech, 2017, <http://agritech-network.com/>

Anadolu Ajansı, 2016, <http://aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/bilisim/vodafone-oksijenden-gecen-yil-125-patent-basvurusu/635933>

ARCEP, 2017, 5G: ISSUES & CHALLENGES, https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/Report-5G-issues-challenges-march2017.pdf

ASELSAN, 2014, <http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/basin-odasi/haberler/Sayfalar/abMikroNano20141223.aspx>

ASELSAN, 2018, <http://www.aselsan.com.tr>, 30.03.2018

AUSDER, 2017, http://www.ausder.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/AUS_Rapor1_13Temmuz2017.pdf

BDVA, 2017, http://www.bdva.eu/sites/default/files/BDVA_SRIA_v4_Ed1.1.pdf

Beechamresearch, 2014, <https://www.beechamresearch.com/files/BRL%20Smart%20Farming%20Executive%20Summary.pdf>

BROWN Gabriel, 2017, Cloud Ran & The Next Generation-Mobile Network Architecture, <http://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/mbb/cloud-ran-the-next-generation-mobile-network-architecture.pdf?la=en>, 08.05.2018

BTK, 2008, Telsiz ve Telekomünikasyon Ekipmanları Yönetmeliği Kapsamında Yer Alan, Uyumlaştırılmış Standartların Uygulanmasına Dair Rehber, <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/tttereherber.pdf>

CİHAN Arzu, 2007, Dünya, Avrupa ve Türkiye Standart Organizasyonlarının Analizi ve Telekomünikasyon Alanında Standartlarla İlgili Sektör, Telekomünikasyon Kurumu ve Standart Organizasyonları Arasında İşbirliği Modelinin Geliştirilmesi

BJA, 2001, <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/bja/184218.pdf>

Carrfsenews, 2014, <http://www.carrfsenews.ca/feature/2014/1/19/who-global-action-plan-2013-2030-for-prevention-of-noncommunicable-diseases>

CSB, 2018, <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>

Deleoite, 2016, <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/manufacturing/articles/global-manufacturing-competitiveness-index.html>

Digitaltrends, 2017, <https://www.digitaltrends.com/business/apple-vs-qualcomm-news/>

DIPP, 2016, http://dipp.nic.in/sites/default/files/standardEssentialPaper_01March2016_0.pdf

EC, 2016, <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs>

EC, 2017a, Report from the Workshop on Digital Manufacturing Platforms for Connected Smart Factories, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/workshop-digital-manufacturing-platforms-connected-smart-factories>

EC, 2017b, <https://ec.europa.eu/futurium/en/implementing-digitising-european-industry-actions/report-wg2-digital-industrial-platforms-final>

EC, 2017c, https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/dei_working_group1_report_june2017_0.pdf

EC, 2017d, C-ITS Platform Phase II, Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS), Release 1, June 2017, https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/c-its_certificate_policy_release_1.pdf

EC, 2017e, C-ITS Platform Phase II, Working Group Compliance Assessment, 12 July 2017

e-Dünya, 2016, <https://www.dunya.com/sirketler/5gde-oncu-olmayi-hedefleyen-turk-telekom-28-patent-basvurusu-yapti-haberi-368505>

Endustri 4.0, 2018, <http://www.endustri40.com/nesnelerin-interneti-ile-cevre-verimlilik-stratejisi/>

Enerji, 2018, www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik

Engadget, 2017, <https://www.engadget.com/2017/11/30/qualcomm-sues-apple-to-block-iphone-x/>

Ericsson, 2017, <https://www.ericsson.com/en/white-papers/5g-security-scenarios-and-solutions/white-paper-5g-security--scenarios-and-solutions>

Ericsson, 2018, https://www.ericsson.com/assets/local/networked-society/consumerlab/six-calls-to-action_report_screen_aw.pdf

ESRI, 2005, <https://www.esri.com/library/brochures/pdfs/public-safety.pdf>

ETSI, 2014, http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV/001_099/002/01.02.01_60/gs_NFV002v010201p.pdf

ETSI, 2017, http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/124300_124399/124379/13.06.00_60/ts_124379v130600p.pdf

ETSI, 2018a, <http://www.etsi.org/about/what-we-do/global-collaboration/3gpp>

ETSI, 2018b, <http://www.etsi.org/>

ETSI, 2018c, About ETSI, <http://www.etsi.org/about>

EUObserver, 2016, Security and privacy challenges for next generation 5G technologies.
<https://euobserver.com/stakeholders/131843>

Fraunhofer, 2016, <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/fields-of-research/industrial-data-space/whitepaper-industrial-data-space-eng.pdf>

Futurism, 2018, <https://futurism.com/electricity-generated-renewables-surpassed-coal-power-europe-last-year/>

Gartner, 2017, <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/2018-will-mark-the-beginning-of-ai-democratization/>

GSMA, 2018, <https://www.gsma.com/>

IBM, 2010, <https://www.ibm.com/developerworks/library/ws-mqtt/>

IDC, 2017, <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43295217>

IEEE, 2017a, Network Slicing for 5G with SDN/NFV: Concepts, Architectures, and Challenges, <https://www.semanticscholar.org/paper/Network-Slicing-for-5G-with-SDN%2FNFV%3A-Concepts%2C-and-Ordonez-Lucena-Ameigeiras/5c61431e479245b1235b30de20aa89ebc188189c/figure/0>, 28.03.2018

IEEE, 2017b, sites.ieee.org/futuredirections/2017/09/25/transportation-leveraging-on-5g/, 22.06.2018

IEEE, 2018, <https://5g.ieee.org/>

IETF, 2013, <https://www.ietf.org/proceedings/88/slides/slides-88-sfc-4.pdf>

IHS, 2016, <http://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/x-lab/04-whitepaper-lte-in-public-safety.pdf?la=en>

IJEERT, 2015, <http://www.ijeert.org/pdf/v3-i1/18.pdf>

Interdigital, 2018, <http://ir.interdigital.com/Docs/> (Latest 10-K Report)

ITU, 2014, https://www.itu.int/en/ITU-T/Documents/Manual_Patents_Final_E.pdf

ITU, 2015, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf

ITU, 2018, <https://www.itu.int/en/ITU-T/groups/Pages/default.aspx>

Huawei, 2015, Huawei 5G-Ready Transport Network, Huawei Technologies Co., Ltd

Huawei, 2017, 5G Unlocks A World of Opportunities-To Ten 5G Use Cases, <http://www-file.huawei.com/-/media/CORPORATE/PDF/mbb/5g-unlocks-a-world-of-opportunities-v5.pdf?la=en>

Huawei, 2018, <http://e.huawei.com/tr/products/wireless/elte-trunking/rapid-deployment/elte-rapid>

Karel, 2017, <https://www.karel.com.tr/blog/nesnelerin-interneti-iot-ve-sensor-uygulamalari>

Milliyet, 2016, <http://www.milliyet.com.tr/145-patent-basvurusu-turkcell-e-odul-istanbul-yerelhaber-1327992/>

Mobilewordlive, 2018, <https://www.mobilewordlive.com/featured-content/top-three/3gpp-clears-5g-for-take-off-with-standalone-nr-specs/>

NCBI, 2012a, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22997325>

NCBI, 2012b, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22704741>

NGMN, 2015,

http://ngmn.org/fileadmin/ngmn/content/images/news/ngmn_news/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf

NGMN, 2016,

https://www.ngmn.org/fileadmin/user_upload/160506_NGMN_5G_Security_Package_1_v1_0.pdf

NGMN, 2018, <https://www.ngmn.org/home.html>

OKATEM, 2015, Optik Kablosuz Haberleşme, Haber Bülteni Sayı 1, <http://okatem.ozyegin.edu.tr/wp-content/uploads/2016/05/OKATEM-Haber-B%C3%BClteni-Say%C4%B1-1.pdf>, 02.04.2018

OLIVER Ian, 2015, <https://www.slideshare.net/ianoliver79/5g-security-and-privacy>

ONF, 2013, Open Network Foundation SDN Architecture Overview

ONF, 2018a, <https://www.opennetworking.org/software-defined-standards/overview/>

ONF, 2018b, <https://www.opennetworking.org/mission/>

Openairinterface, 2018, Heterogeneous 5G Networks,
http://www.openairinterface.org/?page_id=458

Patsnap, 2018a, <http://www.patsnap.com/resources/innovation/samsung>

Patsnap, 2018b, <http://www.patsnap.com/resources/innovation/qualcomm>

PLOS, 2013, <http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1001363>

ResearchGate, 2017,
https://www.researchgate.net/publication/319736756_Extending_LTE_into_the_Unlicensed_Spectrum_Technical_Analysis_of_the_Proposed_Variants

SBIR, 2018a, <https://www.sbir.gov/>

SBIR, 2018b, <https://sbir.defensebusiness.org/topics>

Qualcomm, 2016,
http://files.shareholder.com/downloads/QCOM/5919475992x0x915400/CD71F5A8-BEAA-4EEE-B385-2CD75B48B9D3/2016_Annual_Report_Form_10-K.pdf

Tarım, 2018, <https://tbs.tarbil.gov.tr/>

Tarım, 2017, <http://tarbil.com/>

Tarsens, 2018, <http://www.tarsens.com/>

Techplayon, 2017, Kaynak: Deployment Scenarios for 5G NR,
<http://www.techplayon.com/deployments-scenarios-for-5g-nr/>

Telecoms, 2015, <http://telecoms.com/opinion/5g-is-this-the-technology-that-will-deliver-the-ultimate-mobile-experience/>, 16.04.2018

Theverge, 2017, <https://www.theverge.com/2017/10/23/16519546/apple-samsung-patent-lawsuit-damages-retrial-october>

TÜRKPATENT, 2017, Türk Patent ve Marka Kurumu Patent/Faydalı Model Başvuru Kılavuzu

Türk Telekom, 2017, <http://www.ttyatirimciiliskileri.com.tr/tr-tr/turk-telekom-grubu/turk-telekoma-yatirim/sayfalar/arge-ve-teknoloji.aspx>

Turkishtime, 2016, <http://www.turkishtimedergi.com/dijital-ekonomi/turk-tariminin-nesnelerin-interneti-ile-imtihani/>

TÜSİAD, 2017, Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği

ULAK, 2017, <http://www.ulakhaberlesme.com.tr/index.php/tr/hakkimizda/sirket-profil>,
30.03.2018

UKESSAYS, 2017, <https://www.ukessays.com/essays/marketing/strategic-technology-and-innovation-at-samsung-electronics-marketing-essay.php>

Vodafone, 2016, <http://www.vodafoneakillikoy.com/>

Vodafone, 2009, <http://www.ciftcikulubu.com/>

WHO, 2015, <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/246223/9789241565363-eng.pdf?sequence=1>

WIPO, 2016, World Intellectual Property Indicators 2016 Report

WIPO, 2018, http://www.wipo.int/sme/en/ip_business/managing_ip/ip_strategy.htm