



TÜRKİYE UZAY AJANSI BAŞKANLIĞI
Uzay Sistemleri Ve Araçları Daire Başkanlığı

**“Teknoloji Geliştirme ve Uygulamaları Çalışma Grubu”
ve “Regülasyonlar, Standartlar ve Güvenlik Çalışma Grubu”**

Karasal Olmayan Şebekeler Kapsamında
**LEO Haberleşme
Uydu Sistemleri**



Ankara
Kasım 2022



Türkiye
Uzay Ajansı

Karasal Olmayan Şebekeler Kapsamında
**LEO Haberleşme
Uydu Sistemleri**



Türkiye
Uzay Ajansı

YÖNETİCİ ÖZETİ

90'lı yıllarda adım attığı uydu haberleşme sektörü, Türkiye'nin gündeminde her zaman önemli bir yer tutmuştur. Önceleri hizmet alımı yapılarak, sonrasında ise kendi uydusunu dış temin yoluyla tedarik ederek işletmiştir. İlerleyen yıllarda ise kendi gözlem uydularını ve haberleşme uydularını üretme noktasına gelmiştir. Aradan geçen yaklaşık otuz yıllık süreçte Türkiye artık kendi uydu projelerine yön verebilecek konuma gelmiş ve bu konuda kurumları vasıtasıyla çeşitli iş birliği modelleri de geliştirmiştir.

Son yıllarda küreselleşen dünyanın her yerinde artan kullanıcı ihtiyaç ve taleplerini karşılama adına LEO (Low Earth Orbit – Alçak Dünya Yörüngesi) uyduların daha düşük gecikmelerle kesintisiz iletişim sağlamaya imkân tanınması ve uzaya erişimde kilogram başına düşen uydu fırlatma maliyetlerinin azalması (Bkz: Grafik-1) haberleşme ağlarının bu altyapı üzerine kurulması konularını da gündeme getirmiştir. Özellikle 5G teknolojisinin beraberinde getirmesi planlanan IoT (Internet of Things) uygulamalarının hem pazar olarak önemli bir yer edineceği hem de mevcut altyapılarda köklü bir değişikliğe yol açacağı düşünülmektedir. Her geçen gün de yeni alanlarda kullanımlar yaygınlaşmaya başlamış durumdadır. Bu noktada LEO uydular üzerinden altyapı kurma planları olan dünyanın önemli teknoloji firmalarının çalışmaları, sektörde yer alan herkes için bir fırsat olduğu kadar bir tehdit olarak da algılanmaktadır. Konunun tüm paydaşlar tarafından doğru bir şekilde konumlandırılması için

bir farkındalığın oluşması; atılması gereken adımların ülke olarak zamanında ve doğru bir şekilde planlanması son derece elzem görülmektedir.

Gerek Türkiye gerekse dünya için yeni bir gelişme olan ve haberleşme sektöründe yeni kırılımların yaşanması kuvvetle muhtemel olan bu alan hem bir tehdit hem de bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yeni duruma yönelik çözüm önerileri geliştirmek ve Türkiye için uygun bir iş modeli geliştirerek adımların süratle atılmasının gerektiği değerlendirilmektedir.

Dünya'daki gelişmeleri dikkate alarak ülkemizdeki mevcut potansiyeli değerlendirmek üzere Türkiye'nin uzay politikaları alanındaki vizyonunu, stratejilerini, hedeflerini ve projelerini koordineli ve entegre olarak yürütmek amacıyla Milli Uzay Programı hazırlanmış; bu kapsamda uydu üretimlerinin tek çatı altında toplanması, uzay havasına ilişkin teknolojik araştırmalar, uzay sanayi ekosisteminin geliştirilmesi, uzay farkındalığı ve insan kaynağının yetiştirilmesi, uzay teknolojileri geliştirme bölgesi gibi hedeflere yer verilmiştir.

LEO uydularına ilişkin Dünya'daki gelişmeler dikkate alınarak ülkemizin ilgili sektörden kurum ve kuruluşları ile konunun bütünsel ve derinlemesine ele alınması ve akabinde ihtiyaçlarımızın analiz edilebilmesi amacıyla TUA koordinasyonunda, Karasal Olmayan Şebekeler Teknik Çalışma Grubu altında,

“Teknoloji Geliştirme ve Uygulamaları Çalışma Grubu” ve “Regülasyonlar, Standartlar ve Güvenlik Çalışma Grubu” oluşturulmuş; bu kapsamda da dünyadaki gelişmeler, konunun tarihsel gelişimi, teknolojik, hukuki ve güvenliği ilgilendiren hususlar ile diğer ülke yaklaşımları araştırma konusu yapılmıştır. Bu çalışmalar akabinde elde edilen bulgu ve bilgiler işbu dokümana derç edilmiş ve sektör temsilcileri ile yapılan çalışma grubu toplantıları ile de konuya yönelik fırsatlar, imkanlar, riskler, tehditler ve ülkemiz ihtiyaçları belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, LEO uydularının haberleşme alanındaki durumunu ele alarak sektörde hızla devam eden gelişmeler karşısında alınabilecek aksiyonların ortaya konması amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada, Dünya’da hali hazırda LEO uyduları üzerinden son kullanıcılara kadar haberleşmenin götürülmesi konusundaki mevcut çalışmalar ele alınarak bu sahada belirli bir yol almış olan şirketler incelenmiştir. İncelemeler sonucunda aksiyon alınabilmesi amacıyla olası iş modelleri sunulmuştur.

KISALTMALAR VE TANIMLAR

eMBB – Geliştirilmiş Mobil Geniş Bant (Mobil Enhanced Mobile Broadband)

ESA - Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency)

HAPS – Yüksek İrtifa Platform Sistemleri (High Altitude Platforms Systems)

HTS – Yüksek Verimli Uydu (High Throughput Satellite)

IXP – İnternet Değişim Noktaları (Internet Exchange Points)

IoT – Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

ITU – Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union)

İTÜ USSTL – İstanbul Teknik Üniversitesi Uzay Sistemleri Tasarım ve Test Laboratuvarı

(ITU Space Systems Design and Test laboratory)

GEO – Yer Durağan Dünya Yörüngesi (Geosynchronous Earth Orbit)

LEO – Alçak Dünya Yörüngesi (Low Earth Orbit)

MEO – Orta İrtifa Dünya Yörüngesi (Medium Earth Orbit)

mMTC – Büyük ölçekli Makineler arası Haberleşme (Massive Machine Type Communications)

NTN – Karasal Olmayan Şebekeler (Non Terrestrial Network)

SSCB – Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (Union of Soviet Socialist Republics)

SW-CDMA – Uydu Geniş Bant Kod bölme Çoğaltma Erişimi (Satellite Wideband Code Division Multiplexing Access)

UMTS – Uluslararası Telekomünikasyon Sistemi (Universal Mobile Telecommunications System)

UN COPUOS – Birleşmiş Milletler Uzayın Barışçıl amaçlarla Kullanım Komitesi (United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space)

URLLC – Yüksek Güvenilirlikli ve Düşük Gecikmeli Haberleşme (Ultra-Reliable and Low Latency Communications)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: LEO'daki Sistemler ile GEO / MEO'daki Sistemler Arasındaki Zaman Gecikmesi Farkları.....	4
Şekil 2: 5G-NTN Kullanım Durumları.....	16
Şekil 3: Örnek Uygulamalar.....	20

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Haberleşme Amaçlı Bazı Takım Uyduların Özellikleri	9
Tablo 2: LEO Uyduları İçin Onay Verilen Şirketler, İzin Tarihleri ve İzin Alınan Uydu Sayıları	12
Tablo 3: Uzay ve NTN Platformlarının Sınıflandırılması	15
Tablo 4: Mega Uydu Takımı Projeleri.....	21
Tablo 5: Uzay Sektöründe Faaliyet Gösteren Kurum ve Kuruluşlar	26
Tablo 6: Fırlatma Aracı Yol Haritası	27
Tablo 7: Telekom Şirketleri ile İşbirliği Örnekleri.....	42
Tablo 8: Teknoloji Geliştirme ve Uygulamaları Çalışma Grubu Kapsamında Belirlenen İhtiyaçlar.....	48
Tablo 9: Regülasyonlar, Standartlar ve Güvenlik Çalışma Grubu Kapsamında Belirlenen İhtiyaçlar	50

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Kilogram Başına Düşen Uydu Fırlatma Maliyetleri	2
Grafik 2: Uzay Ekonomisinin Değişimi 2016:2030	3
Grafik 3: Belli Başlı Şirketlerce Hedeflenen Küçük Uydu Sayıları	6
Grafik 4 : Görev Yüküne Göre Küçük Uydu Dağılımı	7
Grafik 5: Son Kullanıcıya Göre Küçük Uydu Dağılımı	7
Grafik 6: Starlink Projesi 2021 – 2025 Yılları Abone Sayısı ve Gelir Öngörüsü	10
Grafik 7: LEO Takım Uyduların Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı	19

İÇİNDEKİLER

Yönetici Özeti	i
Kısaltmalar ve Tanımlar	iii
Şekiller Listesi	iv
Tablolar Listesi	v
Grafikler Listesi	vi
İçindekiler	vii
Giriş	1
1. Dünyada Mevcut Durum ve Trendler	5
1.1. Uydu Teknolojileri Açısından.....	5
1.2. 5G Teknolojileri Açısından.....	14
1.3. Fırlatma Teknolojileri Açısından.....	21
1.4. Lisanslama	22
1.5. HAPS (High Altitude Platforms Systems)	24
2. Türkiye’de Mevcut Durum ve Trendler	26
2.1. ASELSAN	27
2.2. SSB-ROKETSAN.....	27
2.3. STM	28
2.4. TÜBİTAK UZAY.....	28
2.5. TURKCELL:	29
2.6. TÜRK TELEKOM:.....	29
2.7. ULAK HABERLEŞME.....	29

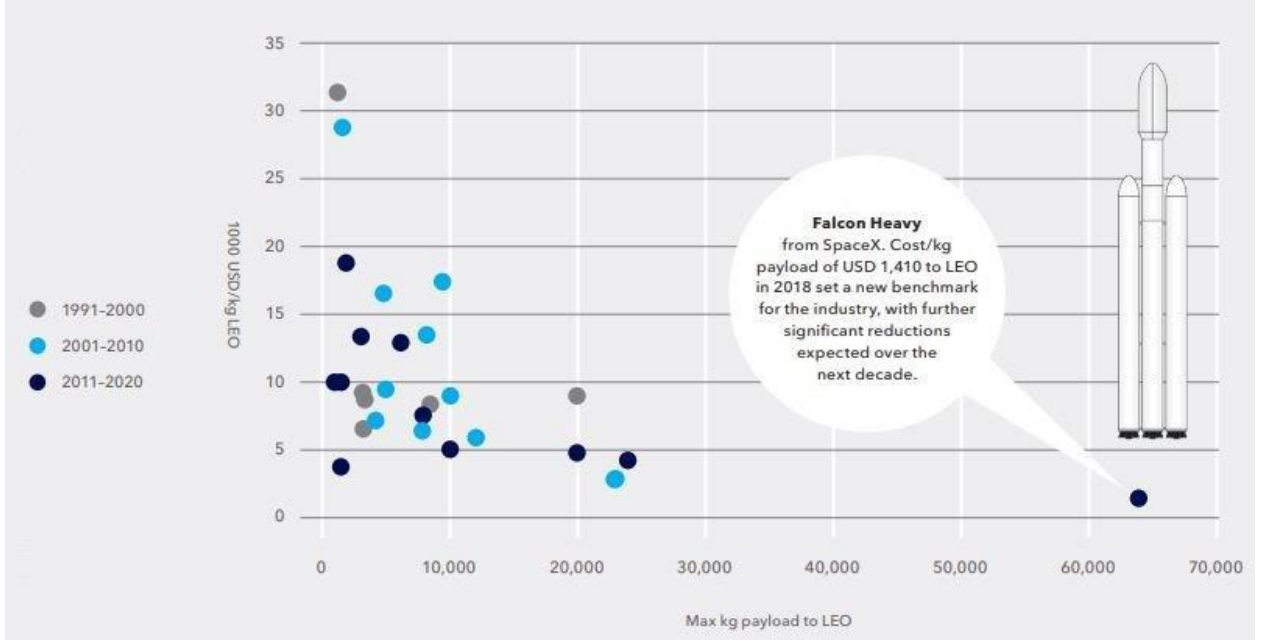
2.8. VODAFONE	30
3. Ülkemizdeki ve Dünyadaki Mevzuat/Standart Çalışmaları	31
3.1. Uzay Hukuku.....	31
3.1.1. 1967 Tarihli Ay ve Diğer Gökcisimleri Dâhil, Uzayın Keşif ve Kullanılmasında Devletlerin Faaliyetlerini Yöneten İlkeler Hakkında Andlaşma (“Uzay Andlaşması”) .	32
3.1.2. 1968 Tarihli Astronotların Kurtarılması, Astronotların Uzaya Fırlatılmış Olan Cisimlerin Geri Verilmesi Hakkında Antlaşma.....	33
3.1.3. 1972 Tarihli Uzay Cisimlerinin Verdiği Zarardan Dolayı Uluslararası Sorumluluk Hakkında Sözleşme.....	33
3.1.4. 1975 tarihli Uzaya Fırlatılan Cisimlerin Tescili Hakkında Sözleşme.....	34
3.1.5. 1979 Tarihli Devletlerin Ay ve Diğer Gök Cisimlerindeki Faaliyetlerine İlişkin Anlaşma (“Ay Anlaşması”).....	34
3.1.6. BM Deklarasyonları ve BM Genel Kurul Kararları	35
3.1.7. Avrupa Birliği.....	35
3.1.8. Ulusal Uzay Hukuku.....	35
3.1.9. Frekans Tahsisi ve Koordinasyon.....	40
4. Fırsatlar ve İmkânlar.....	41
5. Risk ve Tehditler.....	44
6. İhtiyaçlar	47
7. Sonuç ve Değerlendirme	51
Katılımcı Kurum ve Kuruluşlar	55
Kaynakça	56

Giriş

17 Temmuz 1975 tarihinde Apollo ve Soyuz uzay araçlarının uzayda birbirine kenetlenmesi ile SSCB ile ABD arasındaki uzay yarışında da yeni bir döneme geçilmiştir. Aradan geçen yaklaşık 50 yıllık süreçte uzayın navigasyon, haberleşme ve gözlem amaçlı kullanımı çalışmalarına onlarca ülke daha dahil olmuştur. 2030 yılına doğru yaklaşırken yaşanan süreçte alçak dünya yörüngesinin odak noktası olduğu yeni bir uzay yarışının fitili ateşlenmiş gözükmetedir.

Sektörü yakından takip eden kimi araştırmacılar tarafından “Yeni Uzay (New Space)” olarak tanımlanan bu yarış, öncelikli olarak ticari müşterileri hedefleyen, bir getiri arayan risk sermayesi ile desteklenen, uzayda veya uzay için geliştirilen yenilikçi ürünlerden veya hizmetlerden kâr sağlamaya çalışan küresel bir şirketler ve girişimciler endüstrisi haline gelmiştir ⁱⁱ.

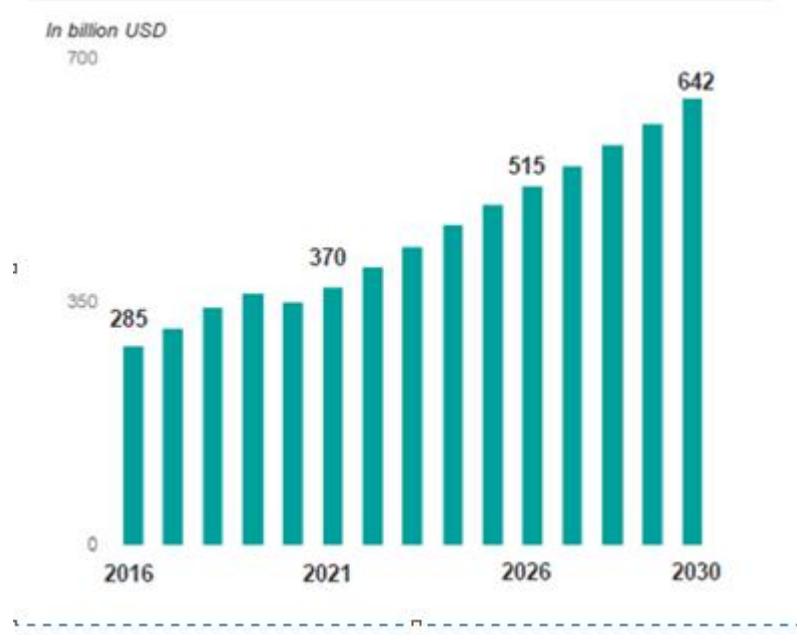
Kimi araştırmacılar tarafından da “Uzay 4.0 (Space 4.0)” olarak adlandırılan ⁱⁱⁱ bu yeni dönem; yıllardır yapılan geliştirme faaliyetleri neticesinde, fırlatma maliyetlerini oldukça düşüren (Bkz: Grafik-1^{iv}) yeniden kullanılabilir fırlatma araçları ile birlikte uzaya eşî görülmemiş bir ölçekte erişim sağlayan yeni bir uzay altyapısı ortaya çıkarmıştır. Bu altyapı ile birlikte uydu tabanlı haberleşme, navigasyon ve gözlem hizmetlerinde mevcut pazarların artarak yeni iş ve endüstrilerin genişlemesine olanak sağlaması kesin gözükmetedir. Bu nedenle Alternatif Uzay (Alternative Space), Girişimci Uzay (Entrepreneur Space) ve diğer başka isimlendirmeler de bu yeni dönemde uzaya ilişkin geliştirme yaklaşımlarını tanımlamak için kullanılmıştır ^v. Ekonomik kalkınma yoluyla uzayı insan yerleşimine açmak için çalışan tüm kişiler, işletmeler ve kuruluşlar da ^{vi} bu yeni yarışın yeni oyuncularını olmuşturlardır.



Grafik 1: Kilogram Başına Düşen Uydu Fırlatma Maliyetleri

“New Space” veya “Space 4.0” isimleriyle anılan bu yeni yarışta, özel şirketler ve risk sermayesinin öncülüğünü yaptığı, yeni teknolojik imkânlarla desteklenen, haberleşme, navigasyon ve yer gözlem uygulamaları için yeni fırsatlar, imkânlar ve konseptler öne çıkmaktadır.

Uzay Ekonomisinde 2030 yılına kadar %74 büyüme ile 642 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir (Grafik 2). 2020 yılında pandemiye bağlı bir düşüş yaşanmasına rağmen, 2021 yılında navigasyon uygulamaları ve uydu haberleşmesi alanındaki gelişmelerle pazarın tekrar büyümeye başladığı görülmektedir^{vii}.

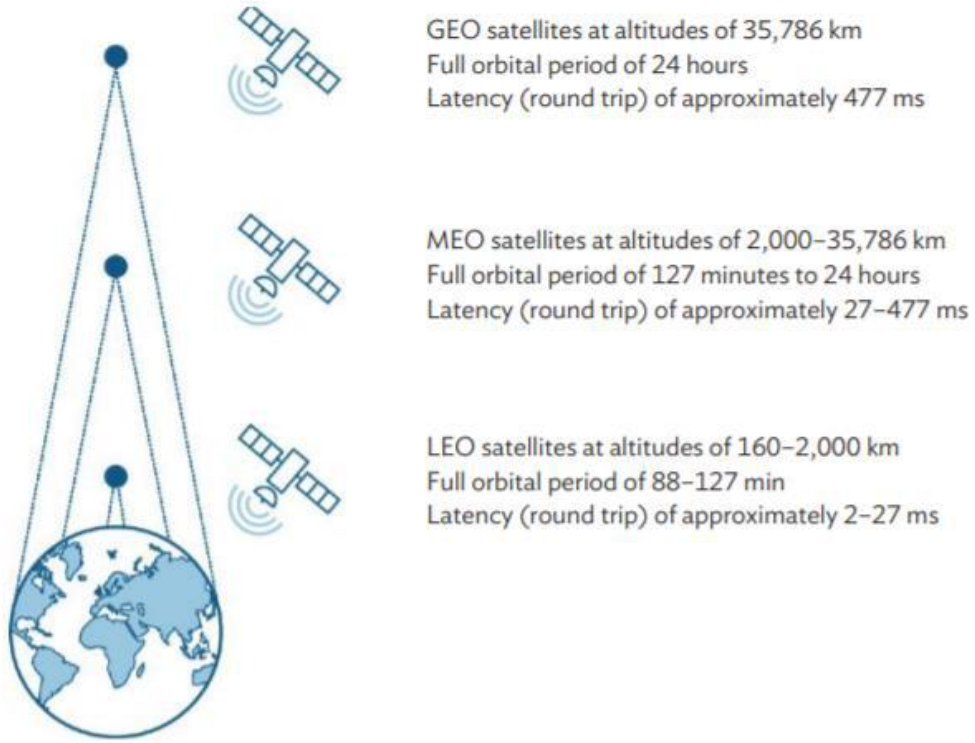


Grafik 2:Uzay Ekonomisinin Değişimi 2016:2030

Uzay ekonomisindeki gelişme ve büyüme, benzer şekilde küçük uydu ekonomisinde de kendini göstermektedir. Alçak Dünya Yörüngesinde (LEO) bulunan küçük uyduların oluşturduğu pazarın 2021 yılında 17 milyar ABD doları iken, 2030 yılında 54 Milyar ABD doları olması beklenmekle birlikte, LEO uydularının ağır yatırım maliyetleri, yoğun rekabet ortamı, iş modelinin belirsizliği ve karmaşık ekonomik yapısı gibi risklere bağlı olarak pazarın çok öngörülebilir olmadığı belirtilmektedir^{viii}.

Alçak Dünya Yörüngesinde (LEO) bulunan uydular ile haberleşme ağı kurulması konsepti, Yer Durağan Yörüngede (Geostationary Orbit-GEO) bulunan ve büyük uydu sistemleri ile kurulmuş haberleşme ağlarına alternatif olarak ortaya çıkarılmış bir konsepttir. LEO haberleşme uygulamaları ile elde edilmesi hedeflenen temel kazanım, GEO'daki uyduların veri iletimi için kullanıldığı durumlara göre daha düşük zaman gecikmesiyle haberleşme yapılabilmesidir. Bu alanda özellikle LEO uyduları alçak yörüngeye göndermenin maliyetlerinin daha düşük olması, alçak irtifanın sağladığı güvenlik avantajı ve dünyaya yakın olması dolayısıyla çift yönlü veri iletişimde sağladığı avantaj gibi nedenlerle ön plana çıkmaktadır. Böylece bağlanılan web sitelerinin daha hızlı yüklenmesi, kesintisiz bulut uygulamaları, farklı konumlar arasındaki veri işlemlerin daha hızlı olması, birbirinden çok uzak konumlarda bulunan cihazların uzaktan kontrol edilebilmesi gibi uygulamaları mümkün kılmaktadır. LEO'da bulunan uydular ile kurulan haberleşme ağlarındaki gecikme ile

GEO/MEO'daki uydular ile yapılan uygulamalardaki gecikme arasındaki fark Şekil 1'de^{ix}, verilmiştir.



Şekil 1: LEO'daki Sistemler ile GEO / MEO'daki Sistemler Arasındaki Zaman Gecikmesi Farkları

1. Dünyada Mevcut Durum ve Trendler

1.1. Uydu Teknolojileri Açısından

GEO’da görev yapan uydulara kıyasla küçük boyutlarda olan ve 500 ila 2200 km yükseklikteki LEO’ya çok sayıda yerleştirilen Starlink ve OneWeb uydu takımları, 20 yıldır durağan halde olan uydu haberleşme pazarını, 2016 yılında pazara girişleri ile birlikte yeniden canlandırmıştır. O günden bugüne yeni oyuncular da LEO’da bulunan uydular üzerinden hizmet sunmaya veya hizmet sunumu için vaatlerde bulunmaya başlamıştır. Bugün Starlink ve Oneweb’in yanısıra, Amazon, Telesat, Iridium, Globalstar, Viasat gibi şirketler de LEO uydular ile bütün dünyayı veya belirli bölgeleri kapsamak için çalışmalar yapmaktadır.

Ayrıca bugün dünyada ABD tarafından Starlink’e, İngiltere tarafından OneWeb’e, Kanada tarafından da Telesat’a yatırım ve fon sağlanmaktadır. Aynı şekilde Çin, Rusya, Birleşik Arap Emirlikleri^x ve Güney Kore^{xi} de da bu alandaki etkinliklerini arttırmak üzere çalışmalar yaparak yatırımlarına hız vermektedir.

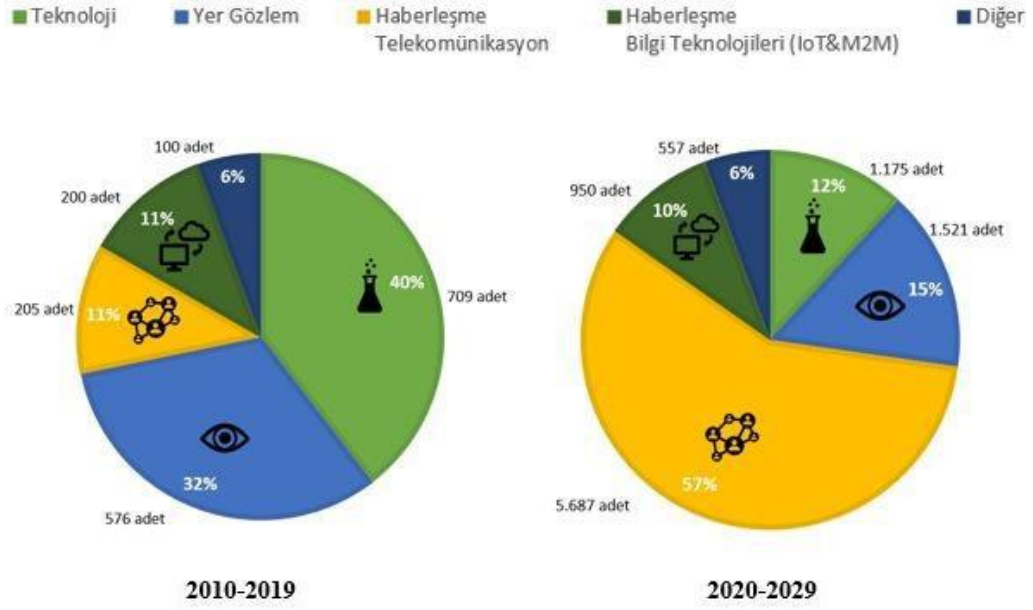
Tarihsel olarak, LEO uyduları üzerinden erişim hizmetleri sağlamaya çalışan ilk şirketler iyi bir şekilde lanse edilmemeleri, yüksek hızda erişim sağlayamamaları, bunun sonucunda az sayıda kullanıcının ilgisini çekmeleri, yüksek maliyetlerle engellenmeleri gibi nedenlerle yeterince büyüyememiş veya iflas etmek durumunda kalmışlardır. Uydu telefon hizmetlerini halen sunmakta olan Iridium, 1999 yılında iflas koruma başvurusunda bulunmuştur. Müşteri platformları petrol-madencilik, kamu hizmetleri, ormancılık, balıkçılık, askeri, ulaşım ve acil durum uygulamaları olan Globalstar ise 2002 yılında aynı durumla karşılaşmıştır. Daha sonraları ikinci nesil uyduları ile varlığını devam ettirse de istenilen pazar payını hiç yakalayamamıştır. Teledesic firması da proje maliyetini 9 Milyar Dolar olarak çıkarmış fakat yatırımcı bulamadığı için Ekim 2002’de uydu yapım çalışmalarını resmen askıya alarak faaliyetlerini sonlandırmıştır. Rusya merkezli bir servis olan Gonets uydularının mesajlaşma, M2M (makine-makine) haberleşmesi ve GLONASS (Rusya’nın Konumlama sistemi) uydularından gelen verileri yere iletmesine rağmen kullanım alanı Rusya ile sınırlı kalmıştır. Neticede tüm bu gelişmeler neticesinde geçmişten günümüze bu alanda faaliyet göstermiş olan operatörler aslında başarı ile sonuçlanmayan girişimler olarak ortaya çıkmışlardır^{xii}.

Başarısız ya da umulandan daha az bir ilgi görmüş girişimlerin dışında LEO uydu sistemleri günümüze kadar ülkemizde ve dünyada, genellikle yer gözlem amacıyla

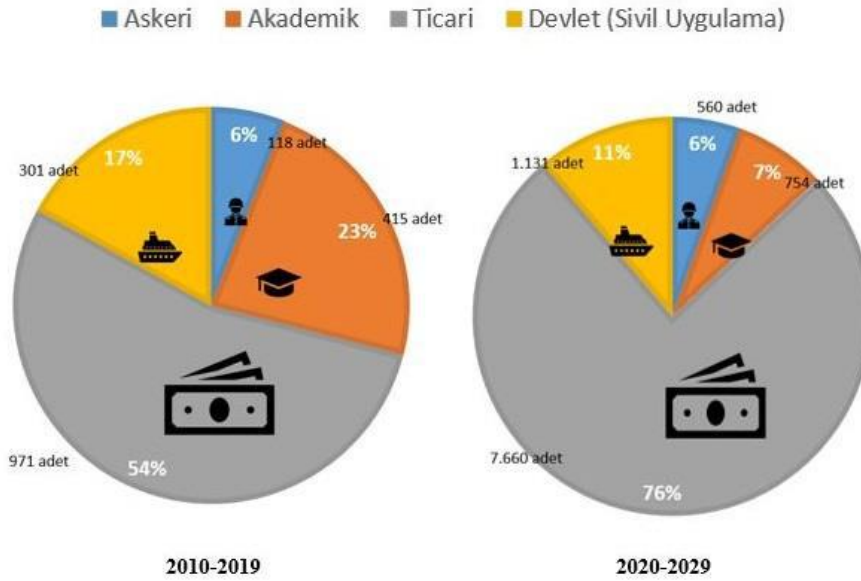
kullanılmıştır. Ancak bugün, bu amacın dışında kütlesi ortalama 50-250 kg arasında değişen mikro uydu sınıfındaki çok sayıda uydula haberleşme ve internet erişim hizmetinin küresel olarak kesintisiz bir şekilde de sağlanabilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde de dünyanın her yerinde artan kullanıcı ihtiyaç ve taleplerini karşılama adına LEO uydularının daha düşük gecikmelerle kesintisiz haberleşme sağlamaya imkân tanınması, haberleşme ağlarının bu altyapı üzerine kurulması ve/veya tamamlayıcı olarak bu altyapılara entegre edilmesi konularını da gündeme getirmiştir. Ayrıca, son yıllardaki teknolojik gelişmelere bağlı olarak veri ve haberleşmeye duyulan sivil-ticari ihtiyacın her geçen gün artması ve bu yörüngenin haberleşme hızı açısından avantaj sağlaması vb. durumlar, LEO'da haberleşme uygulamalarına yönelik kullanımın da hızla artacağını göstermektedir (Grafik 3, Grafik 4 ve Grafik 5). Sahip olunan bu yeni imkânlarla 2030 yılına doğru yol alırken tüm dünyada fırlatılması planlanan uydu sayısının, yüz bin adedi aşacağı tahmin edilmektedir.^{xiii} Bu da bugün yörüngedeki aktif uydu sayısının on katından çok daha fazlasına çıkması anlamına gelmektedir. Sadece SpaceX, OneWeb, Amazon ve StarNet / GW [Çin'in uydu ağı] uydu programlarının tüm aşamaları tamamlandığında toplamda 65.000'e yakın sayıda LEO uydunun uzayda olacağı öngörülmektedir.



Grafik 3: Belli Başlı Şirketlerce Hedeflenen Küçük Uydu Sayıları ^{xiv}



Grafik 4 : Görev Yüküne Göre Küçük Uydu Dağılımı ^{xv}



Grafik 5: Son Kullanıcıya Göre Küçük Uydu Dağılımı ^{xvi}

Dünyanın erişim zorluğu bulunan bölgelerini kapsayacak şekilde, tüm Dünyayı etkileyen pandemi gibi etkenler altında dahi kesintisiz haberleşme yapabilme gibi temel ihtiyaçlar, düşük maliyetli uydu haberleşmesi ile küresel kapsamanın sağlanmasına yönelik talebi artırmıştır. Milyarlarca insanın internete bağlanamamasının önündeki en büyük

engellerden biri yatırım maliyetini karşılayacak gelirlerinin olmaması nedeniyle erişim zorluğu yaşanan bölgelere altyapının ulaştırılamamış olmasıdır. ITU verilerine göre 2021 yılında Dünya’da halen 2,9 milyar insanın internet erişimi bulunmamaktadır^{xvii} Yine ITU raporlarına göre 2020 yılının sonunda dünyada şehirlerde yaşayan her 100 kişiden sadece 72’si, kırsalda yaşayan her 100 kişiden sadece 37’si internete bağlanabilmektedir. Bu sebeple erişimin olmadığı bölgeleri de kapsayacak bir ağ ilgi çekici görünmektedir.^{xviii}

Dünyayı kapsayacak bir ağ ve herkese internet erişiminin sağlanması fikri çeşitli rapor ve çalışmalarda da açıkça ortaya konmaktadır. Nokia firmasının gelecek araştırmaları yapan Future Today Institute ile ortaklaşa yazdığı "Know, Now: Know the Early Signals in the Market and What They Mean Now" adlı raporda genişbant teknolojilerinin ekonomik gerçeklerinin uydu üzerinden ücretsiz internet hizmeti verilmesine imkân sağlamasının olası görünmediği belirtilmekle birlikte, 2030 yılına kadar LEO uydular aracılığı ile yeryüzünün her yerinden ücretsiz internete erişim fırsatının ortaya çıkabileceği tahmini yapılmaktadır^{xix}.

Benzer şekilde Dünya Ekonomik Forumu tarafından hazırlanan “2021 Yılıının Gelişen Teknolojileri” konulu raporda uzay tabanlı haberleşme ağı gelişen 10 teknoloji arasında belirtilmektedir^{xx}.

Pazar potansiyelinin yüksek olması sebebiyle son yıllarda LEO’da bulunan uydular ile haberleşme ağı kurulması konusunda faaliyetler hız kazanmış, yatırım planları ve yatırımlar yapılmış ve öncü uygulamaları hayata geçirmek üzere çalışmalara başlanmıştır (Bkz: Tablo 1^{xxi}). Elde edilen teknolojik ve ekonomik ilerleme sonrasında küçük uydulara yönelik eğilim sadece uyduların inşası, fırlatılması ve işletilmesi maliyetlerini azaltmakla kalmamış, aynı zamanda daha hızlı ve daha esnek bir kurulum imkanı sağlayarak büyük ölçekli uydu takımlarını uygulanabilir hale getirmiştir^{xxii}. Her ne kadar GEO uydu teknolojilerine kıyasla uydu üretim ve fırlatma birim maliyetleri düşmüş olsa da geniş kapsama ve yüksek kapasite sağlayabilmek için LEO sistemlerinin çok sayıda uydu kurulumu yapması gerektiğinden, toplam yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu görülmektedir^{xxiii}.

Constellation	Regime	Orbit height	Quantity	Bands	Latency	Services	Est. data rate
Iridium Gen. 1	LEO	781 km	77	L	40 ms	Voice, data	2.4 Kbps
Globalstar	LEO	1414 km	48	S, L	60 ms	Voice, data	(up to) 9.6 Kbps
Orbcomm Gen. 1	LEO	700 ~ 800 km	36	VHF	40 ms	IoT & M2M* communication	2.4 Kbps
Skybridge	LEO	1457 km	64	Ku	40 ms	Broadband internet	60 Mbps
Teledesic	LEO	1375 km	288(840)	Ka	-	Broadband internet	64 Mbps
Iridium Gen. 2	LEO	781 km	66	L, Ka	40 ms	Voice, data	1.5 Mbps, 8 Mbps
Orbcomm Gen. 2	LEO	700 ~ 800 km	18	VHF	40 ms	IoT & M2M communication	4.8 Kbps
O3b	MEO	8063 km	20	Ka	140 ms	Broadband internet	500 Mbps
Oneweb	LEO	1200 km	648	Ku	30 ms	Broadband internet	400 Mbps
Starlink	LEO	550 km	42000	Ku, Ka, V, E	20 ms	Broadband internet	100 Mbps
Hongyan	LEO	1100 km	320	L, Ka	-	Voice, broadband internet	100 Mbps
Kuiper	LEO	590 ~ 630 km	3236	Ka	-	Broadband internet	-

* : Internet of things and machine to machine

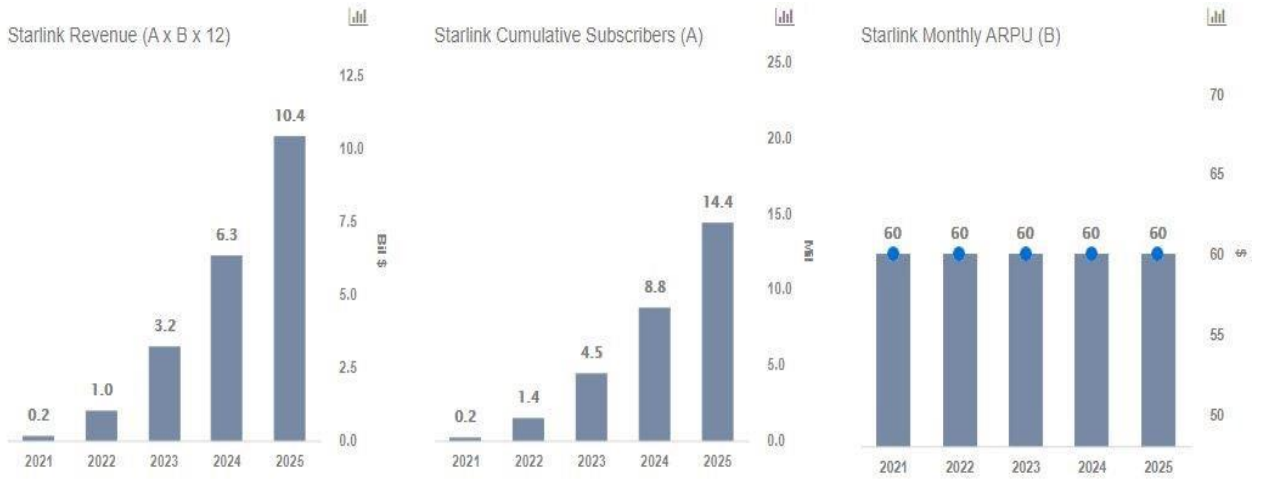
Tablo 1: Haberleşme Amaçlı Bazı Takım Uyduların Özellikleri

Son yıllarda SpaceX, OneWeb, Telesat ve O3b gibi firmaların başını çektiği uydu operatörleri bugüne kadar görülmemiş büyüklükte uydu takımları oluşturmaya başlamıştır. Amazon ise planladığı 3236 LEO uydudan oluşacak ve Kuiper adını verdiği projeyi gerçekleştirmek için Arianespace, Blue Origin ve United Launch Alliance (ULA) iş birliği ile 83 fırlatma planladığını duyurmuştur^{xxiv}. Ayrıca, AST&Science (ABD), Kepler Communications (Kanada), Hongyun/Xingyun/Hongyun (China Aerospace Science and Industry Corporation) / Hongyan (China Aerospace and Technology Corporation) / Guo Wang/Yinhe (Galaxy Space) / Hanwha Systems/CurvaNet (Çin), Astrome (Hindistan), Kleo Connect (Almanya), Samsung (Güney Kore), Gazprom, Yaliny (Rusya)'nın da benzer takım uydu projeleri üzerinde çalıştığı bilinmektedir.

Sayıları binler ile ifade edilen bu uydu takımları dünyayı adeta bir ağ gibi kaplayarak dünyanın her yerine yüksek hızlarda internet erişim hizmetinin sunulmasını mümkün hale getirecektir. Bu hizmetlerin sunumunda kullanılan küçük uyduların üretim, test, lojistik ve fırlatma hizmeti maliyetlerinin daha büyük haberleşme uydularına göre düşük olması bu alandaki yenilikçi teknolojilerin ve uzay tabanlı uygulamaların doğmasına ve “New Space” pazarının oluşmasına sebep olmuştur. Pek çok girişimci firmanın nano uydularla Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IoT) hizmeti sağlamaya başlaması da bu pazardaki potansiyele örnek olarak gösterilebilmektedir. Nitekim pek çok çalışmada da uzaydan kurulan bu haberleşme ağının IoT pazarındaki önemine atıf yapılmaktadır^{xxv xxvi}.

SpaceX'in (Starlink'in) haberleşme uydusu ağı fikri Ocak 2015'te ilan edilmişse de Kasım 2020 itibarıyla beta sürümü adıyla kullanıma başlamış olması, dünya kamuoyunun söz

konusu projelerin uygulanabilirliğine daha güçlü bir şekilde inanmasını sağlamıştır. Hizmeti beta sürümünden çıkartıp yaygınlaştırarak sunmak isteyen şirket, SpaceX Falcon 9 roketleriyle fırlatma başına yaklaşık 50 Starlink uydusunu periyotlar halinde fırlatmakta; bir seferde yüzlerce uyduyu yörüngeye yerleştirecek yeni nesil roketler üzerinde de çalışmaktadır. Tüm sistemin yaklaşık 42.000 uydu ile tamamlanacağı planlanmakta, buna yönelik çalışmalara başlanıldığı ifade edilmektedir^{xxvii}. Bu süreçte SpaceX, bazı uyduları yeni teknolojilerin gösterimi ve doğrulanması amacıyla kullanmaktadır. Önümüzdeki dönemde Starlink sisteminin kapasitesinin bir kısmının askeri haberleşme amaçlı olarak kullanımı da planlanmaktadır. SpaceX, yetersiz hizmet alan bölgelere internet hizmeti vermeyi amaçlamış olup, Grafik 6’da da görüldüğü üzere yaklaşık 30 Milyar Dolar harcayacağı projeden, 2025 yılı itibariyle yılda 10 Milyar Doların üzerinde kazanmayı hedeflemektedir.



Grafik 6:: Starlink Projesi 2021 – 2025 Yılları Abone Sayısı ve Gelir Öngörüsü^{xxviii}

İngiltere’nin 2018 yılında Avrupa Galileo Navigasyon Sistemi’nden; 2020 yılında da Avrupa Birliği’nden ayrılması ve o yıllarda Onweb’in iflası nedeniyle, OneWeb’e ortak olması uydu haberleşme ve navigasyon projelerine Avrupa ülkelerinden bağımsız bir şekilde devam etmesi anlamında önemli görülmektedir. 2020’de OneWeb’in iflasıyla, İngiltere Hükümeti önde gelen uluslararası telekom operatörü Bharti Global ile birlikte OneWeb’i satın almak için 500 Milyon Dolarlık bir yatırım yapmıştır. Diğer yatırımcılar projeye katılmış olup bunların başında 500 Milyon Dolarlık yatırımla en büyük Fransız uydu telekomünikasyon operatörü Eutelsat gelmektedir. OneWeb’in yörüngede 428^{xxix} uydusu bulunmaktadır ve ağda küresel hizmet sağlamak için 650 uydu fırlatılması planlanmaktadır. Bununla beraber süreç içerisinde

OneWeb'in, uyduların üretimi için Airbus ile bir ortaklığa giderek "OneWeb Satellites" şirketini kurması nedeniyle de Avrupa'dan tamamen bağımsız olması pek mümkün gözükmemektedir. Uydu sektöründe yaşanan yüksek rekabet şirket birleşmelerini de beraberinde getirmekte olup bunun son örneği GEO uydu operatörü olan Eutelsat ile LEO uydu operatörü olan OneWeb'in birleşme kararı olarak ortak bir GEO-LEO operatörü oluşturmaya adım atmalarıdır.^{xxx}

Kanada merkezli TELESAT, LEO'da çalışacak 120 uydudan oluşan TELESAT Lightspeed ismini verdikleri bir uydu takımı fırlatmayı hedeflediğini 2016 yılında belirtmiştir. 2020 yılında ise bu uydu takımını 1600 uydudan oluşmasını hedefledikleri ifade edilmiştir. 2021 yılında 3 Milyar Dolarlık bir büyüklüğe sahip, 298 uydu ve ilgili yer hizmetlerini içeren bir sözleşmeyi THALES ALENIA SPACE firması ile imzaladığını duyurmuştur. Thales Alenia Space'nin yaşadığı tedarik sıkıntısı dolayısıyla planlanan uydu sayısı 188 olarak (+10 yedek uydu) ve tamamlanma tarihi de 2026 yılı olarak güncellenmiştir.^{xxxi} Şirket düşük gecikmeli internet kullanımı ve 5G altyapı hizmetini 2023 yılı itibariyle kırsal ve kentsel bölgelerde sunmayı planlamaktadır^{xxxii}. Öte yandan 2021 yılında Kanada hükümeti de Telesat Lightspeed'e 1,44 Milyar Dolar yatırım yapmıştır^{xxxiii}.

LEO uydu faaliyetleri için onay verilen şirketler ve her bir şirketin yörüngeye yerleştirmek için izin aldığı LEO uydusu sayılarının güncel verileri ve izin tarihleri aşağıda görülmektedir. En son 2021 yılının Kasım ayında Boeing firması 147 uydu için izin almıştır.

Şirket	İzin Tarihi	Uydu Sayısı
Boeing	(3 Kasım 2021)	147
OneWeb	26 Ağustos 2020	2.000
Kuiper	30 Temmuz 2020	3.236
ViaSat	23 Nisan 2020	20
Theia	9 Mayıs 2019	112
Kepler	15 Kasım, 2018	112
Telesat	15 Kasım 2018	117
LeoSat	15 Kasım 2018	78

SpaceX	29 Mart 2018	4.425
Toplam		10.275

Tablo 2: LEO Uyduları İçin Onay Verilen Şirketler, İzin Tarihleri ve İzin Alınan Uydu Sayıları^{xxxiv}

2017’de AB Ufuk 2020 projesi olarak oluşturulan 5G için Uydu ve Karasal Ağ (SaT5G) Konsorsiyumu ile uyduların 5G ağlarına entegre edilerek her yerde ve anda 5G kapsama alanı ve kapasitesi sağlayacak sistemlerin geliştirilmesi amaçlanmış, bu kapsamda da 5G PPP 2. Faz çalışmaları AB Komisyonu tarafından fonlanmıştır^{xxxv}. 2016 yılında Lüksemburg merkezli uydu operatörü SES tarafından satın alınan O3b ise hali hazırda yörüngesinde bulunan MEO uydular ile mobil cihazlara ses ve veri haberleşmesi ile birlikte mobil operatörlere de internet sağlayan bir firmadır. O3b (Other 3 billion) ismi, henüz geniş bant internet hizmeti alamayan 3 milyar insanı temsilen konulmuştur. Bahsi geçen şirketler arasından bu alanda aktif olarak hizmet vermeye başlayan ilk operatör olup düşük gecikmeli, yüksek hızlı uydu haberleşmesi sağlanması için ABD Savunma Departmanı ile 2018 yılında bir anlaşma yapmıştır^{xxxvi}.

Bu dört şirketin yanı sıra Kepler, Kuiper, Hongyun gibi farklı şirketlerin de ilerleyen zaman içerisinde bu alanda servislerine başlaması beklenmektedir. Bunların dışında dünyanın geri kalan bölgelerinden de bu teknolojiyle ilgili kayda değer girişimler bulunmaktadır. Örneğin son yıllarda telekom altyapısı konusunda yaptığı atılımlarla adından söz ettiren ve Afrika’daki diğer ülkelerle arasını bir hayli açan Ruanda¹, 27 farklı yörüngede, 550-640 km irtifaya yerleştirilecek 327.320’den fazla uyduyu kapsayabilecek şekilde kurmayı planladığı Cinnamon (Cinnamon-217 ve Cinnamon-937) isimli mega uydu takımı ile ilgili olarak Ekim 2021’de ITU’ya resmi başvuruda bulunmuştur^{xxxvii}. Projenin ne zaman gerçekleşeceğine ilişkin somut bir bilgi bulunmasa da Proje kapsamında her yörüngeye (12.970 uydu yerleştirilecek olan ekvatoryal yörünge hariç) 8640 uydu yerleştirilmesi, uyduların L ve S bantlarındaki frekansları kullanmaları öngörülmektedir^{xxxviii}. Bunun yanı sıra, Ruanda Hükümeti 2019 yılında OneWeb’e yaptığı 1,25 milyar Dolarlık yatırımla, LEO uydularla ilgili küresel iş birliklerine yatırım yapan ülkeler arasında da yer almaktadır^{xxxix}.

¹ Ruanda Cumhurbaşkanı Paul Kagame ITU’nun bünyesinde kurulan Sürdürülebilir Kalkınma için Geniş Bant Konseyi’nin kurucuları arasında olup halen eş başkanıdır.

Avrupa Komisyonu uzay teknolojilerini geliştirmek üzere bir konsorsiyum kurmuş ve 7,1 milyon Avro kaynak ayırarak bir yıllık bir çalışma yapılmasını talep etmiştir. Konsorsiyumda uydu üreticileri, operatörler ve hizmet sağlayıcılar, telekom operatörleri ile fırlatıcı sistem sağlayıcıları bulunmaktadır. Çalışma, Avrupa'nın dijital egemenliğini güçlendirmeyi ve vatandaşlar, ticari işletmeler ve kamu kurumları için güvenli bağlantı sağlamanın yanı sıra kırsal ve hizmet alamayan alanlar için küresel kapsama sağlamayı amaçlayan yeni bir girişimin fizibilitesini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Copernicus ve Galileo'yu tamamlayan bu yeni AB programı Dijital ve Uzay endüstrilerinin sahip olduğu teknolojik potansiyelin sinerjilerinden tam olarak yararlanmayı hedeflemektedir^{xl}. Bu programı takiben Avrupa Birliği'nin stratejik özerkliğini iyileştirmek, teknolojik dışa bağımlılığı azaltmak ve güvenli bağlantıyı desteklemek adına Şubat 2022'de Avrupa Komisyonu iki yeni politika girişimini duyurmuştur; **uzay tabanlı güvenli bağlantıya** ilişkin bir Düzenleme taslağı ile **Uzay Trafik Yönetimi (STM)** hakkında bir ortak İletişim. Yönetmelik taslağı ile 2023-2027 AB Güvenli Bağlantı Programı yapılandırılmış olup, programın temel amacı; güvenli iletişim sağlamak için AB'ye ikinci nesil bir uydu altyapısı sağlamaktır. Onaylandığı takdirde 2023'te yürürlüğe girecek olan düzenleme taslağı ile kamu ve özel sektör paydaşlarının hem kamu hem de ticari altyapılarda geliştirme, kurulum ve işletim maliyetlerini paylaşabileceği yer almaktadır. İmtiyaz Sözleşmesi bulunan ticari paydaşlar kendi ek yatırımlarını yaparak ticari hizmetlerini genişletme imkanına sahip olacak olup, programa AB üyesi olmayan ülkelerin de AB ile imzalanacak bir anlaşma yapılması şartıyla katılabileceği düzenlenmektedir. Taslak aynı zamanda daha fazla frekans tahsis edilmesi yönünde fırsatlar olduğuna değinmektedir. Programın toplam maliyetinin 2023 ile 2027 arasında 6 milyar Avro olacağı tahmin edilmekte ve özel sektör yanı sıra AB bütçesi, AB üye devlet katkıları, Avrupa Uzay Ajansı'nın yatırımları gibi kamu kaynaklarından faydalanılarak finanse edilmesi planlanmaktadır. Uzay Trafik Yönetimi (STM) ortak iletişiminin amacı ise endüstrinin rekabet gücünü korurken uzay alanının güvenli, emniyetli ve sürdürülebilir kullanımını teşvik etmek için somut girişimler geliştirmektir.^{xli}

Bu teknoloji ve kullanımının rekabet boyutuna ilişkin endişelerin yanı sıra dünyada bir başka endişe de bu teknolojinin sadece sivil ve elektronik haberleşme hizmetleri amacıyla değil aynı zamanda askeri amaçlarla ve küresel güvenliği tehdit edici şekilde kullanılmasıdır. DARPA tarafından fonlanan ve ABD Uzay Kuvvetleri ile ABD Uzay Gelişim Ajansı tarafından 2020'de iş birliği yapılan Blackjack Projesi bu anlamda dikkat çekicidir.^{xlii} 2017 yılında başlatılan bu proje, Amerikan LEO gözetleme uydularından oluşan bir takım uydu sisteminin

kurulmasını ve işletilmesini amaçlamaktadır. Bu proje sona erdiğinde, Blackjack takım uydu sisteminin, mevcut Misty ve KH- gibi daha büyük sistemlerin yerini alması ya da tamamlayıcısı olması beklenmektedir^{xliii}.

DARPA'nın açıklamalarına göre yeni ve inovatif LEO uyduların takip edilmesi ve saldırıya uğraması daha da zorlaşacak ve eski uydular, görevleri tamamlandıkça sürekli olarak yeni sürüm LEO uydularla değiştirilecektir. Bu anlamda da her bir uydunun sınırlı yetenekleri olsa da birbirine bağlı yirmi uydudan oluşan bir takım uydu sistemi amacın yerine getirilmesi açısından yeterli olacaktır.^{xliv} Bu projede maliyetlerin, şu anda mevcut olan yaygın **ticari LEO uydu** teknoloji ve hizmetlerinin kullanılarak azaltılması planlanmaktadır.

1.2. 5G Teknolojileri Açısından

Haberleşme teknolojilerindeki, yeni servisler için sürekli artan talep ve akıllı cihazların kullanımının artması Karasal Olmayan Ağlar (Non-Terrestrial Networks -NTN) sistemlerinin geliştirilmesini hızlandırmaktadır. NTN sistemleri ile bu sayede, kapsama sağlanamayan veya yetersiz servis verilen coğrafik alanlara hizmet sağlanarak karasal sistemlere etkili bir tamamlayıcı çözüm olarak sunulmaktadır. NTN sistemleri, 3GPP tarafından standardize edilen hücreli karasal haberleşme ağları (3G, 4G, 5G, vs.) dışında kalan, uzaydan (GEO, MEO, LEO) veya havadan yapılan (UAS, HAPS) haberleşme hizmetlerini kapsamaktadır. NTN kırsal alanlar, gemiler, uçaklar gibi karasal şebekelerle kapsanması zor veya yüksek maliyetli olan bölgeler üzerinde bağlantı sağlayarak geniş bir kapsama alanı sunma kabiliyetleri sebebiyle oldukça önemlidir. Bu nedenle NTN sistemleri müşteri ihtiyaçlarının da radikal olarak değiştiği bir dünya pazarında karasal ağlar için bir kapsama uzantısı niteliği sağlamaktadır. Bu kapsamda kullanıcıların tüm isteklerinin karşılanması ve herhangi bir zaman ve herhangi bir yerde istenen hizmet kalitesinin sağlanması geleceğin haberleşme sistemleri açısından ana zorluklardan biridir. 5G'ye entegre olmuş NTN'in (5G-NTN) bunlara çözüm olabileceği değerlendirilmektedir.

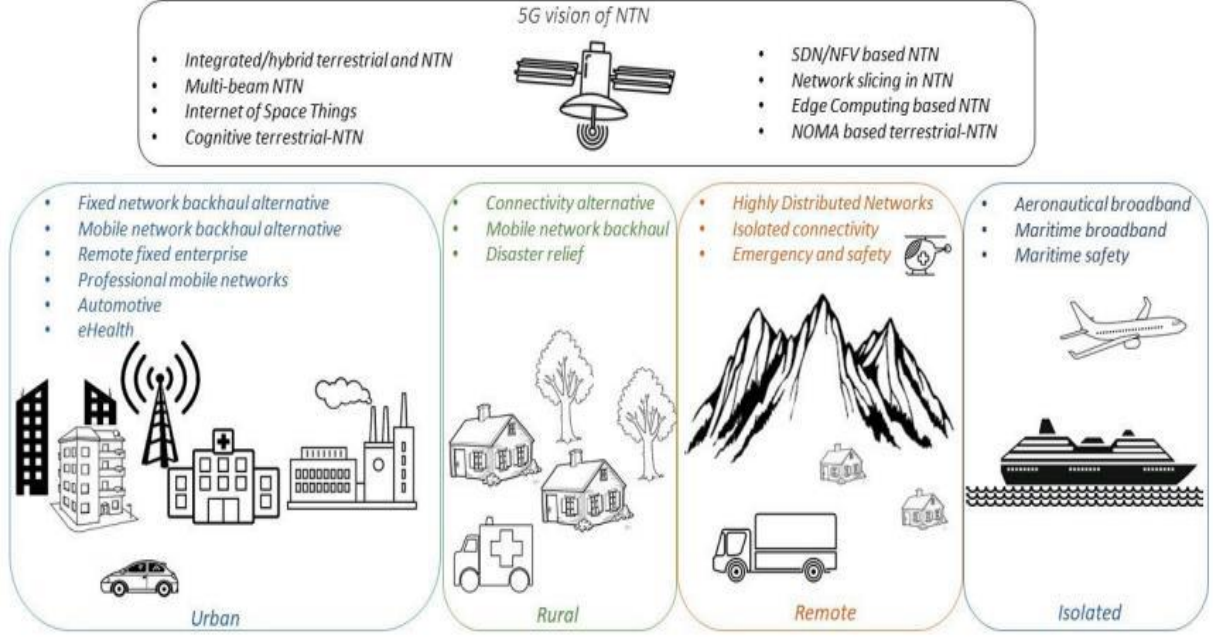
NTN platformları uzaydan ve havadan olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Uzay platformları yükseklik (altitude), huzme ayakizi boyutu (beam footprint size) ve yörünge (orbit) gibi üç ana parametreye bağlı olarak sınıflandırılmaktadır ve Tablo 2'ye göre ayırt edilebilmektedir. Hava platformları, HAPS (High-Altitude Platform Systems) ve insansız hava araçları sistemlerini (UAS) kapsamaktadır ve tipik olarak sırasıyla 20 km ve 8-50 km yükseklikte bulunmaktadır.

Platforms	Altitude range	Orbit	Typical beam footprint size
Low-Earth Orbit (LEO) satellite	300 – 1500 km	Circular around the earth	100 – 1000 km
Medium-Earth Orbit (MEO) satellite	7000 – 25000 km		100 – 1000 km
Geostationary Earth Orbit (GEO) satellite	35 786 km	notional station keeping position fixed in terms of elevation/azimuth with respect to a given earth point	200 – 3500 km
UAS platform (including HAPS)	8 – 50 km (20 km for HAPS)		5 - 200 km
High Elliptical Orbit (HEO) satellite	400 – 50000 km	Elliptical around the earth	200 – 3500 km

Tablo 3:Uzay ve NTN Platformlarının Sınıflandırılması

Uzay ve hava platformları taşıyıcı görev yüklerine göre iki farklı konfigürasyonda olabilmektedir; bunlar transparan (transparent) ve yinelemeli (regenerative) görev yükleridir. Burada olası durumlar: i) Son kullanıcı mobil istasyonun uydu ağı üzerinden transparan şekilde 5G baz istasyonuna iletilmesi, ii) Uydu ağının 5G baz istasyonu gibi davranması veya iii) Uydu ağının baz istasyonlarını birbirine bağlayan backhaul gibi davranmasıdır.

NTN'nin Şekil 3'te de gösterildiği gibi ulaşım, sağlık, toplum güvenliği, enerji, otomotiv, tarım, eğitim ve daha birçok alanı kapsayarak 5G ve ötesi sistemlerde önemli rol oynaması beklenmektedir. 5G-NTN kullanım durumları üç kategoride incelenebilmektedir. Bunlar karasal sistemler aracılığıyla erişimin mümkün olmadığı durumlarda NTN ile erişim sağlama (service continuity), karasal sistemlerde geçici bir kesinti ve yıkıma neden olan felaket anlarında NTN kullanılabilirliğini sağlama (service ubiquity) ve karasal sistemlerden trafiği boşaltma (service scalability) olarak ayrılmaktadır.



Şekil 2: 5G-NTN Kullanım Durumları

5G ve ötesi kapsamında NTN ITU tarafından Enhanced Mobile Broadband (eMBB), Massive Machine Type Communications (mMTC), ve Ultra-Reliable and Low Latency Communications (URLLC) olarak tanımlanan üç kullanım senaryosunu desteklemektedir. NTN için pratik uygulamalarda özellikle eMBB ve mMTC kullanım senaryoları öne çıkmaktadır.

Tarihsel olarak uyduların karasal sistemlere entegre edilmesi Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) olarak bilinen 3.Nesil (3G) kablosuz sistemlerin desteklenmesi ile başlamıştır. Uydu ağı operatörleri ile karasal ağ operatörleri rekabet etmek yerine iş birliği yapmış ve böylece UMTS'ye konum güncelleme, devretme (handover) gibi yeni özellikler eklenmiştir. Uydu sistemleri 3G kablosuz ağlar için entegre parça olarak düşünüldüğünde, verimli bir uydu-karasal birlikte çalışması için araştırılması gereken yayılım gecikmesi, Doppler kayması, uydu çeşitliliği gibi birçok teknolojik ve fiziksel bakış açıları meydana gelmiştir. Uyduları 3G UMTS global ağlara entegre etmek için Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Satellite Wideband Code Division Multiplexing Access (SW-CDMA) air interface çalışması yürütülmüş ve sistem kapasitesi değerlendirilmiştir. Daha sonra ortamdaki kaynaklanan kanal varyasyonları dikkate alınarak yenilikçi bir adaptif modülasyon ve kodlama teknikleri önerilmiştir. Bunların yanında hızlı dağıtım, geniş kapsama alanı, düşük yükseltme maliyeti, yüksek esneklik ve düşük yayılma gecikmesi gibi çeşitli avantajlarıyla HAPS

uydulara alternatif olarak sunulmaya başlanmıştır. HAPS ve karasal sistemlerin entegrasyonu için de çeşitli çalışmalar yürütülmüş, kabiliyetleri ve sınırları incelenmiştir.

IP tabanlı trafiğe destek olmak, 3G-UMTS'e göre düşük gecikme süresi, daha yüksek veri hızı ve daha iyi spektrum verimliliği sağlamak üzere LTE sistemleri tasarlanarak 4.Nesil (4G) teknolojisi kullanıma sunulmuştur. Karasal sistemlerin denizcilik, havacılık, afet, askeri gibi bazı senaryolarda ekonomik veya kurulum imkânı yönünden uygulanabilir olmaması nedeniyle uydu teknolojilerinin 4G'ye uygulanabilirliği o dönemdeki araştırmacıların da ilgisini çekmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar sonunda uydu 4G çekirdek ağına bir geçit (gateway) ile bağlanmıştır. 5G teknolojisinin yaygınlaşmasıyla birlikte 3GPP standartları 5G Yeni Radyo alanında NTN'yi destekleyici çözümler oluşturmak üzere evrilmiştir. Anahtar gereksinimlerden biri olan hizmet sürekliliği 5G-NTN entegrasyonu ile sağlanmıştır. NTN kesimi burada hem global kapsama alanı sağlama başarısı hem de hizmet sürekliliğini sağlama yönlerinden ötürü çok önemli rol oynamaktadır. Daha sonra NOMA tabanlı NTN – karasal ağ entegrasyonu ele alınmış, böylece çoklu uydu sistemleri aktarımı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda NTN sistemlerinin 5G hücreli haberleşme sistemlerine entegrasyonu için 3GPP koordinasyonunda devam eden çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların ana odağı kesintisiz 5G kapsamı sağlanmasına yöneliktir. Bu bağlamda 3GPP tarafından yayınlanan 3GPP TR 23.737 V17.2.0 kodlu referansta NTN sistemlerinin 5G ağına iki olası entegrasyon durumu tanımlanmıştır: Transparan (Transparent) ve Yinelemeli (Regenerative) uydu takımları.

Transparan uydu takımları yerdeki 5G şebekesine röle olarak hizmet vermekte iken; yinelemeli uydu takımları kısmen veya tamamen baz istasyonu yerine geçmektedir. Yinelemeli uydu takımları baz istasyonlarını birbirine bağlamayı da mümkün kılmaktadır. Kesintisiz 5G servisi için ihtiyaç duyulan son kullanıcı mobil istasyonların NTN sistemine çoklu-bağlantısı (multi-connectivity) için iki seçenek bulunmaktadır. Bunlardan birincisi son kullanıcının uydu ve karasal ağ baz istasyonuna birlikte bağlanması, diğeri ise son kullanıcının iki uyduya bağlanmasıdır. Son kullanıcının uyduya bağlanma şekilleri de iki olası durumla tanımlanmaktadır. İlk seçenekte NTN backhaul olarak kullanılarak baz istasyonları arasında bağlantı kurulmaktadır, bunun avantajı son kullanıcıların RF ara yüzlerinde değişikliğe ihtiyaç duymadan NTN-5G entegrasyonunu mümkün kılmasıdır. İkinci seçenekte ise son kullanıcılar NTN ile doğrudan haberleşerek NTN kapsama alanını azami ölçüde kullanabilmektedir; ancak son kullanıcıların iletim mesafesi sınırlı olduğu için NTN ile haberleşme hızları düşmektedir.

Geniş bant haberleşme hizmetleri açısından bu durum aşılması gereken bir zorluk olmakla birlikte Nesnelerin İnterneti / Internet of Things (IoT) haberleşmesi açısından sorun teşkil etmemektedir.

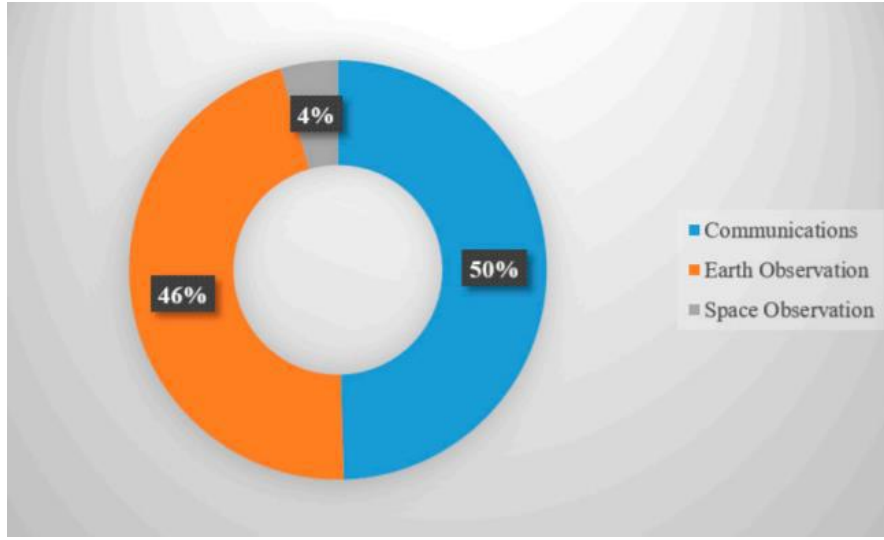
Bunlara ek olarak GEO High Throughput Satellite (HTS) ve LEO uydularından oluşan mega takım uyduları da telekom operatörleri ve araştırmacılar için dikkat çekici bir odak noktası haline gelmiştir. GEO HTS ile çok yüksek veri hızları sağlanırken LEO uydularla ilaveten oldukça düşük gecikmeli 5G hizmeti sağlanabilmektedir.

NTN, broadcast/multicast, IoT haberleşme, Internet of Remote Things (IoRT) ve Internet of Vehicles (IoV) uygulamalarını kırsal kesim ve uzak alanlar için karasal sistem kapsama alanının ötesinde olacak şekilde desteklemektedir. Bu nedenle de karasal kapsama alanını genişletmek ve geleneksel hücreli ağın yetersiz kaldığı veya olmadığı durumlarda her zaman ve her yerden gelişmiş bir hizmet sağlamaya destek olması açısından NTN kullanımı 5G teknolojisine dahil edilmiştir.

Çip sıkıntısına ve COVID-19'un tedarik zinciri üzerindeki görülmemiş etkisine rağmen, Nesnelerin İnterneti pazarı hızla büyümeyi sürdürmektedir. IoT Analytics tarafından son yayımlanan rapor uyarınca, 2021 yılında tüm dünyada, IoT cihazlarının sayısının %9 artarak 12,3 milyar aktif uç noktaya ulaştığı tahmin edilmektedir. Bu hızla büyüme sürerse, **2025 yılına kadar, 27 milyardan fazla IoT bağlantısı olacağı öngörülmektedir.**^{xlv} Öte yandan 5G şebekelerde NB-IoT teknolojisi bir km²'de bir milyon cihazın bağlantılı olabilmesine olanak verecek görünmektedir. Buna karşılık, LEO takım uyduları kullanıldığında IoT cihazlarında karmaşık ve pahalı antenlere ihtiyaç duyulmadan (maliyetleri düşürerek) haberleşme mümkün hale gelecektir. Bu kapsamda da bu teknoloji açısından IoT uygulamalarının hem pazar olarak önemli bir yer edineceği hem de mevcut altyapılarda köklü bir değişikliğe yol açacağı düşünülmektedir. Üstelik küresel bir kapsama içerisinde gerçekleşecek bu teknolojinin (NB-IoT'nin karasal olmayan bir ağ (NTN) versiyonu) 3GPP'de de standartlaştırılmaktadır. Bu kapsamda ilk destek Haziran 2022'de tamamlanan 3GPP Release 17 sürümü ile gelmiş olup, geliştirme çalışmaları Release 18 sürümü kapsamında devam edecektir.^{xlvi} Bu noktada LEO uyduları üzerinden altyapı kurma planları olan dünyanın önemli teknoloji firmalarının çalışmaları her geçen gün dünyanın gündemine daha çok gelmektedir. Nitekim yeni fırlatılan ya da fırlatılacak olan uyduların önemli bir kısmı 5G ve IoT uygulamaları için planlanmıştır. Böylece küresel bazda gerçek zamanlı geniş bant haberleşme sağlayan küçük uydu takımlarının

GEO uyduları tamamlayan bir yapıya ulaşması ve 2030 yılına kadar küresel bir etkiye sahip olması beklenmektedir.

LEO uydu uygulamalarına yönelik bilinen uydu takım sistemleri göz önüne alındığında, alanlara göre dağılım aşağıda gösterilmektedir. Görüldüğü gibi LEO'ya yerleştirilmesi planlanan uyduların yarısı haberleşme uygulamalarına yöneliktir. Aynı çalışmada 2024 yılında yörüngeye yerleştirilmiş olacak uydu takımlarının toplam uydu sayısının 8000'i geçeceği belirtilmektedir (henüz uydu sayısı net olarak açıklanmamış ancak uydu takımı görevi duyurulmuş uygulamalar hariçtir).



Grafik 7:LEO Takım Uyduların Uygulama Alanlarına Göre Dağılımı^{xlvii}

Multidisipliner Digital Publishing Institute'de (MDPI) yayınlanan çalışmada belirtilen uydu sayılarından da görüleceği üzere, geniş kapsama alanında kesintisiz haberleşmenin sağlanması için LEO'ya yerleştirilmesi gereken uydu sayısı çok yüksektir. Bu nedenle uydu sayısının, dolayısıyla sistem ve hizmet maliyetinin optimize edilebilmesi için karasal sistemler ile entegrasyon konularında da Dünyada yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda özellikle 5G ile entegrasyon konusu öne çıkmakta ve bu bölüm kapsamında örneklerle açıklandığı üzere güncel olarak çalışılmaktadır. Söz konusu entegrasyonun sağlanmasıyla birlikte aşağıdaki şekilde^{xxi} örnek olarak gösterilen tüm uygulamaların ilgili paydaşların fiziksel konumlarından bağımsız ve neredeyse kesintisiz/gecikmesiz olarak gerçekleştirilmesinin mümkün olacağı değerlendirilmektedir.



Şekil 3: Örnek Uygulamalar

Mevcut durumda 5G teknolojileri için tanımlanmış olan anahtar performans göstergelerinin LEO'ya uygulamalarınca desteklenebileceği görülmüştür. Ancak bunun başarılabilmesi için kurulacak ağların mimarisi, katmanlara yönelik protokol tanımlamaları, ek gecikme yaratmayacak kullanıcı yetkilendirme protokolleri, uyduların hızlı hareketi kaynaklı etkileri minimize edecek yeni modülasyon tekniklerinin geliştirilmesi gibi konularda gelişme kaydedilmesi gerekmektedir.

Haberleşme hizmeti sağlama amaçlı takım uydulardaki uydu sayılarının yüksek olması; frekans tahsisi, uyduların yörüngede çarpışma riskinin artması, yörüngedeki doğal olmayan nesne sayısının ve uzay çöpu miktarının artması, astronomik ölçümlerde hatalı verilere yol açması gibi olumsuzluklar getirmektedir. Bu nedenle uluslararası kurum/kuruluşlar bu uygulamalara yönelik kuralların, prosedürlerin tanımlanması konularında çalışmalar yürütmektedir. Sınırlı kaynak durumunda olan frekanslar konusunda uydu geliştiricisi firmalar, uzay ajansları da yeni frekans bantlarında çalışabilecek haberleşme sistemlerinin geliştirilmesi konusunda çalışmalar yürütmektedir. Bunun yanı sıra çok sayıda uydunun operasyonuna yönelik zorlukların aşılabilmesi için gerek uyduların (sistem güvenilirliğini düşürmeden) otonomluk seviyesinin artırılması ve uydular arası yüksek hızlı haberleşme yapılması gerekse yer istasyonu operasyonlarının otomatikleştirilmesine yönelik araştırma-geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir. Yine de birden fazla sayıda uydu yer istasyonu arasındaki görev paylaşımı-koordinasyonu gibi işlemlerin kısa vadede otomatize edilemeyeceği değerlendirilmektedir. Benzer şekilde özellikle maliyetleri nedeniyle otonomluk seviyesi yüksek uyduların yaygın kullanımının ancak orta vadede mümkün olacağı düşünülmektedir. Ayrıca uydular arasında sınırlı kaynak olan radyo frekansları kullanılmadan ve yüksek hızda haberleşme sağlayacak lazer haberleşme gibi sistemlerin geliştirilmesi, geliştirilen sistemlerin kütle ve hacim zarfı

açısından küçültülmesi ve güç tüketimlerinin düşürülmesi gibi konularda elde edilecek başarımlar LEO uyduları ile yapılacak haberleşme uygulamalarına katkı sağlayacaktır.

Bir dizi şirket, başka coğrafyalardaki yer istasyonlarına ihtiyaç duymaksızın uydular arasında veri alışverişini mümkün kılmak için lazerle haberleşmeye dayalı teknik çözümler üzerinde çalışmaktadır. Bunlara Uydular Arası Lazer Bağlantıları (ISLL'ler) denilmektedir. Günümüzün yeraltı ve denizaltı kablolarının aksine, ayrıntılı veya hassas “kablolama” gerektirmeyecek söz konusu lazer teknolojisi uydular ve dünya arasındaki bağlantı için de kullanılabilir. Almanya'nın Bavyera Eyaletinde faaliyet gösteren Mynaric adlı şirket uydular arası Lazer haberleşmesi konusunda çalışmalar yapmaktadır. Temmuz 2020'de kamuoyuna duyurulan bir kararla Alman hükümeti, Mynaric'in ürünlerini Çin'e ihraç etmesini engellemiştir^{xlvi}.

1.3. Fırlatma Teknolojileri Açısından

Bu kapsamda, Starlink (SpaceX), Kuiper (Amazon), OneWeb gibi mega uydu takımı projeleri ile mikro uydu sınıfındaki haberleşme uyduları LEO'ya gönderilmeye başlanmış, daha çok sayıda uydunun da fırlatılmasının planlandığı açıklanmıştır. Tablo 4'teki verilere göre sadece bu projelerdeki uydu sayısı^{xlix}, uydu kütlesi ve buna bağlı olarak fırlatma hizmeti ihtiyacı bile fırlatma pazarında önemli bir büyümeye işaret etmektedir.

	Uydu Sayısı		Yörünge	Kütle (kg)	İlk Fırlatma Tarihi	Fırlatma Aracı
	Mevcut	Planlanan Toplam				
Starlink (ABD – SpaceX)	3275	42000	550 km, 53°	227 - 260	2018	Falcon 9
Kuiper (ABD – Amazon)	0	3236	590 - 610 - 630 km, 56°	DSB	DSB	DSB
Oneweb (İngiltere – ABD)	462	7000	1200 km, 86,4°	150	2019	Soyuz

Tablo 4: Mega Uydu Takımı Projeleri

Küçük uydu pazarının genişlemesiyle, LEO'ya hizmet verecek maliyet etkin fırlatma aracı projeleri de başta ABD olmak üzere tüm dünyada hız kazanmıştır. Electron (Rocket Lab), Kuaizhou-1A (CASC- Çin), Hyperbola-1 (iSpace-Çin), LauncherOne (Virgin Orbit), Firefly Alpha (Firefly Aerospace) ve RFA (Almanya) bu projeler arasından en bilinenleridir.

Ülkemizde ise 2018 yılında imzalanan Mikro Uydu Fırlatma Sistemi Geliştirme Projesi ile bu alandaki çalışmalar fiilen başlamış, aşamalı bir modelle ele alınan proje kapsamında

sonda roketi fırlatmaları yapılarak 132 km irtifaya erişim sağlanmıştır. Von Karman çizgisi yaklaşık 100 km irtifanın üzerinde geçirilen 250 saniye süresince uzay ortamında ölçümler alınmış, bilimsel görev yüklerinin teknoloji gösterim testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, fırlatma araçlarına yönelik başta sıvı yakıtlı roket motoru, görev yükü kapsülü ve atmosfer dışı kontrol sistemi olmak üzere çok sayıda kritik teknoloji başarıyla denenerek bunlara uzay tarihçesi kazandırılmıştır.

1.4. Lisanslama

Uydular üzerinden geniş bant internet hizmeti de dahil olmak üzere küresel veri haberleşmesi sağlamak amacıyla farklı şirketlerin LEO uydu takımı sistemleri hizmete alınmaya başlamıştır. Bazı şirketler uydu ve yer kesimi testlerini tamamlamış olup müşterileri ile ön sözleşme imzalamaya başlamıştır.

Uydu şirketlerinin dünyada hizmet sunmaya başlayabilmesi için düzenleyici kurum olan International Telecommunication Union (ITU)'dan uydu pozisyonu, frekans kullanımı konularında onay almış olması gerekmektedir. Bu onaylar alındıktan sonra ise, hizmet sunulması hedeflenen ülkelerin her birinin düzenleyici kurumundan ülkede hizmet sunumu ve frekans kullanımı için onay alınması gerekmektedir.

Bugüne kadar ülkelerin bu konuda uygulamalarına bakıldığında, uzay ve uydu alanını stratejik olarak değerlendirmekle birlikte çoğunlukla teknolojinin ve rekabetin gelişmesini destekleyici bir yaklaşım içinde oldukları görülmektedir. Her ne kadar çok fazla somut düzenleyici karar görülme de devam eden çalışmaların spektrum kullanımında enterferansın engellenmesi, pazara sonradan giren uydu şirketlerinin de frekans kullanımından faydalanabilmesi, ömrü dolan uyduların tehlike yaratmaması gibi konuları öncelikli olarak ele aldığı görülmektedir.

Ülkeler arasında lisans verilmesine ilişkin farklı uygulamalar bulunmaktadır. Bu yetkilendirme uygulamaları ülkelerin uzay ve uydu teknolojilerine yaklaşımları ile stratejileri kapsamında şekillenmektedir. Örneğin İngiltere, her ne kadar Oneweb'e yatırım yapsa da, üç şirkete LEO uydu yetkilendirmesi (Oneweb, Starlink, Kepler) verilmesinin ardından, bu teknolojiye ilişkin ayrıca bir yetkilendirme ve başvuru süreci düzenlemiş ve bu kapsamda da başvuruların oldukça detaylı bir şekilde çeşitli açılardan değerlendirilmesini sağlamıştır. OFCOM bu teknolojinin etkilerinin değerlendirilmesi devam ettiği sürece lisans verme faaliyetlerini de askıya almış, akabinde başvuru koşulları ve yetkilendirmeye ilişkin çalışmalar

yapıldıktan sonra başvuruları almaya ve değerlendirmeye başlamıştır^l. Yapılan değişikliklerle OFCOM, LEO uyduların farklı bir yetkilendirme prosedürüne tabi olmasını karara bağlamış görünmektedir. Bu kapsamda OFCOM tarafından LEO uydular için yeni bir başvuru süreci tasarlanmıştır; bu süreç 3 sac ayağına oturtulmuştur:

1. Mevcut hizmetler açısından bu teknoloji üzerinden sunulan hizmetlerin (enterferans vb. hususlarda) doğuracağı sonuçlar üzerine bir kontrol mekanizması işletilmesi,
2. LEO yetkilendirmesinin rekabeti kısıtlayıcı veya bozucu etkisine karşı bir kontrol mekanizmasının işletilmesi,
3. Yetkilendirme başvurularının yayımlanması ve ilgili tüm paydaşların enterferans ve rekabet ile ilgili görüşlerinin alınması.

Aynı zamanda İngiltere’de Starlink’in 2020 yılında Earth Station Network ve 2021 yılında ise Non-Geostationary lisansı aldığı bilinmektedir.^{li} Bunun dışında Hindistan’da Starlink’in hizmet sunumuyla ilgili oldukça ciddi adımlar atılmış; Starlink’in resmi makamlardan yetkilendirme almadan abonelik toplaması itirazlara konu olmuş ve nitekim ilgili makamlarca Starlink’in topladığı ön talepler kapsamında aldığı bedelleri iade etmesine karar verilmiştir^{lii}. Hindistan’da öte yandan, Hindistan’ı kapsayacak bir internet hizmeti sunumu için Onweb ve Hughes ile anlaşmalar imzalanmıştır^{liii}. Bu noktada Onweb’e yatırım yapan Bharti Group’un Hindistan menşeli bir telekom şirketi olduğunu belirtmekte de fayda bulunmaktadır. Hindistan, LEO uyduları üzerinden sunulacak hizmetleri mevcut karasal operatörleri ve uydu şirketlerine tamamlayıcı bir hizmet olarak konumlandırmak üzere düzenleme çalışmalarını başlattığını duyurmuştur. Bu kapsamda 2021’de uydu üzerinden düşük hızlı bağlantı uygulamaları ve yer istasyonu yetkilendirmeleri konusunda iki ayrı görüş toplama sürecini başlatmış ve yakın zamanda tamamlamıştır^{liv}. Ancak henüz net bir karar ile ilgili açıklama yapılmamıştır.

Öte yandan Almanya’da yer istasyonu kurma zorunluluğu getirilmesinin yanı sıra ilk başta verilen yetkilendirme 1 yıl ile sınırlandırılmıştır^{lv}. Öte yandan Almanya’nın Starlink’in 40.000 uydusu için ITU nezdinde yetkilendirme başvurusu yaptığı da uluslararası medya organlarına yansımıştır.^{lvi}

Bunun dışında Rusya'nın da bu teknoloji ile ilgili olarak kendi çalışmalarını yürüttüğü^{lvii}, ulusal olarak stratejik iş birliği kurabileceği Uzay Ajansları ile temasa geçtiği ve henüz bu kapsamdaki firmaların yetkilendirmesini yapmadığı ancak somut bir düzenleyici engel de koymadığı bilinmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde Düzenleyici Kurum (FCC) uyduların spektrum kullanımına ilişkin bir düzenleme yapılması konusunda çalışma başlatmıştır. Düzenlemenin hem uydular arası enterferansı hem de operatörlerin hizmetleri ile enterferansı önlemek için yapıldığı ve spektrum paylaşımına odaklandığı belirtilmektedir. FCC konuya istinaden yaptığı değerlendirmede spektrum paylaşımı gereksinimlerindeki potansiyel değişikliklerin sadece bu yeni teknolojinin kurulmasını kolaylaştırmakla kalmayacağını, rekabeti teşvik edecek ve yeni rakiplerin pazara girmesini kolaylaştıracak bir düzenleme olacağını vurgulamıştır.^{lviii} Daha önce 2020 yılında FCC yörüngede enkaz azaltma konusunda da kapsamlı bir çalışma yapmış ve yeni kurallar getirmiştir. Bu kurallar, çarpışma riskleri ve güvenlik önlemleri, zayıf risk değerlendirmeleri, görev sonrası imha, uzay aracı takibi ve veri paylaşımı ve yörüngeye yerleştirme sırasında frekans koordinasyonu ile ilgili açıklamaları ele almaktadır.

Uyduların kapsama alanlarının artmasına paralel olarak önümüzdeki dönemde ilgili şirketlerin satış-pazarlama ve lisans alma süreçlerini ülke uygulamaları doğrultusunda hızlandıracağı değerlendirilmektedir.

1.5. HAPS (High Altitude Platforms Systems)

Dünyadaki mevcut durum ve trendlere bakıldığında HAPS tabanlı NTN sistemlerinin sahip olduğu avantajlardan dolayı oldukça popülerleştiği gözlemlenmiştir. SunGlider (Softbank), HAPS (Cambridge Consultants + SPL (Deutsche Telekom)), Stratobus (Thales Alenia Space) ve Zephyr (Airbus) son zamanlarda geliştirilen HAPS'lara örnek olarak gösterilebilir. HAPS platformları farklı özellikleri ve zorlukları bakımından uçaklar, balonlar ve hava gemileri olmak üzere 3 ana gruba ayrılmaktadırlar.

HAPS'ların bazı avantajları aşağıdaki gibi verilmiştir.

- HAPS sistemi fırlatma aracı gerektirmez. Dünyanın her yerinde kendi güçleriyle hareket edebilirler veya bir yerde sabit kalabilirler.
- Bu sistemler yere tekrar indirilebildikleri için bakım ve görev yükü yapılandırmaları daha kolay ve ucuzdur.

- Uydulara göre daha düşük gecikme süresi sunar.
- Güneş enerjisi teknolojisi ve çevreyi kirletmeyen yakıt hücreleri ile çalışırlar.

2. Türkiye’de Mevcut Durum ve Trendler

Türkiye açısından bakıldığında, 90’lı yıllarda adım attığı uydu haberleşme sektörü ile bu yüksek teknoloji ve stratejik alanda söz sahibi olmak her zaman Türkiye’nin gündeminde olmuştur. Bu hedefle çıktığı yolda önceleri hizmet alımı daha sonra kendi uydusunu dış temin yoluyla tedarik ederek işlettiği ve nihayetinde kendi gözlem uydularını ve haberleşme uydularını kendisi üretme noktasına gelmiştir. Aradan geçen bu yaklaşık otuz yıllık süreçte Türkiye artık kendi uydu projelerine yön verebilecek konuma gelmiş ve bu konuda kurum/kuruluşları vasıtasıyla çeşitli iş birliği modelleri de geliştirmiştir. Gerek milli olarak gerekse uluslararası iş birlikleri ile gerçekleştirilen her proje Türkiye’nin bu sektördeki tecrübesini daha da arttırmıştır. Geline nokta “Türkiye Uzay Ajansı (TUA)” 2018 yılında kurulmuş^{lix} olup TUA’nın ilk görevi olarak hazırlanan “Milli Uzay Programı” da Şubat 2021 itibariyle ilan edilmiş^{lx} ve “Milli Uzay Programı Strateji Belgesi”, *Milli Uzay Programı Strateji Belgesi ile İlgili 2022/4 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi* ile 24 Mayıs 2022 Tarihli ve 31845 Sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmıştır.

Gerek Türkiye gerekse dünya için yeni bir gelişme olan ve haberleşme sektöründe yeni kırılımların yaşanması kuvvetle muhtemel olan bu alan hem bir tehdit hem de bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yeni duruma yönelik çözüm önerileri geliştirmek ve atılacak adımların vakit kaybetmeden atılması önemli görülmektedir. Bu konuda atılacak adımlarda LEO Uydu Sistemleri ile ilgili ülkemizde sorumluluk ve faaliyetleri olan ya da olabileceği değerlendirilen kurum ve kuruluşlar aşağıda listelenmiştir:

Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi	ASELSAN	TÜRKSAT
Savunma Sanayi Başkanlığı (SSB)	TÜBİTAK UZAY	TURKCELL
Milli İstihbarat Teşkilatı	TUSAŞ	TÜRK TELEKOM
Hazine ve Maliye Bakanlığı	STM	VODAFONE
Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	C TECH	ULAK HABERLEŞME A.Ş.
İçişleri Bakanlığı	İTÜ USSTL	PROFEN
Millî Savunma Bakanlığı	GUMUSH Uzay	
Türkiye Uzay Ajansı (TUA)	ROKETSAN	
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK)	DeltaV	

Tablo 5: Uzay Sektöründe Faaliyet Gösteren Kurum ve Kuruluşlar

Bu kapsamda bu kamu ve özel sektör temsilcilerimizden bazılarının aşağıdaki maddelerde belirtildiği üzere katkılar sunabileceği değerlendirilmektedir:

2.1. ASELSAN

ASELSAN 5G radyo erişim şebekesinde geliştirme faaliyetlerini sürdürmektedir. Karasal olmayan şebekelere yönelik olarak 5G baz istasyonu gereksinimlerinin ilgili standardizasyon takip edilerek oluşturulması ve buna ilişkin yapılacak geliştirmeler ile ilgili de ASELSAN'ın aktif rol alabileceği değerlendirilmektedir.

2.2. SSB-ROKETSAN

Gelecek dönemde LEO uydu sistemlerinin yerli fırlatma araçları ile ülkemizden fırlatılması mümkün olabilecektir. Halihazırda ROKETSAN tarafından geliştirilmekte olan ve ileride geliştirilmesi planlanan uydu fırlatma araçlarının kapasiteleri ve operasyonel olacakları tarih Tablo 4 ile verilmiştir.

Sistem adı	Hedef Yörünge	Kapasite	İlk Fırlatma Tarihi
Şimşek-1	550 km dairesel, 42,5° - 45,0° eğim	400 kg	2027
Şimşek-2	700 km güneş eşzamanlı yörünge	DSB	2029-2030
Şimşek-3	Orta irtifa ve yer eş zamanlı yörünge	DSB	2036

Tablo 6: Fırlatma Aracı Yol Haritası

Fırlatma Aracı Yol Haritası'ndaki tüm fırlatma araçlarıyla Tablo 6 ile belirtilen kapasitede tek bir uydu fırlatılabileceği gibi, aynı ve/veya farklı yörüngelere çoklu fırlatma imkânı da olacaktır. Örneğin Şimşek-1 (Uydu Fırlatma Aracı) ile, 400 kg ağırlığındaki tek bir uydu veya ayırma pod/dispenser yapıları dahil toplam ağırlığı 400 kg'yi aşmayacak şekilde çok sayıda nano uydu da fırlatılabilecektir. Fırlatma merkezinin coğrafi konumu nedeniyle Şimşek-1 ilk fırlatmalarında 42,5°- 45,0° eğim aralığına fırlatma yapılabilecek olup, farklı yörünge eğimi ihtiyaçları söz konusu olursa, denizden fırlatma ve/veya yurtdışı/yurtiçi farklı alanlardan fırlatmaya yönelik çalışmalar yürütülebilecektir.

Ayrıca, gelecek dönemde uydu platformlarında kullanılacak itki sistemleri ve aviyonik birim/bileşenlerin ROKETSAN tarafından uydu üreticilerine yerli olarak sağlanması mümkün olabilecektir. Yeşil tek yakıtlı uydu itki sistemi için 2015 yılında öz kaynaklarla başlatılan çalışmalar, yakıt geliştirme ve Şimşek-1 Geliştirme Projesi altında itici ve itki sistemi geliştirme üzere SSB desteğiyle sürdürülmektedir. Ayrıca, yine ROKETSAN tarafından geliştirilen aviyonik bileşenlerden ataletsel ölçüm birimleri ve seyrüsefer sistemleri, küresel konumlama sistemi algılayıcı ve antenleri ile kapalı çevrimli Hidrojen PEM yakıt pilinin LEO uydu sistemi ihtiyaçlarına göre uyarlanarak uydularda kullanımı söz konusu olabilecektir.

2.3. STM

Ülkemizde alçak yörüngede bulunan uydular ile haberleşme ağı kurulmasına yönelik projelerde STM aşağıdaki alanlarda katkı sağlayabilecektir:

- Uzay-tabanlı haberleşme uygulamalarına (IoT/M2M dahil) yönelik takım uydu sisteminin ve görevinin tasarımı
- Uzay-tabanlı haberleşme uygulamalarına yönelik uydu platformu geliştirme çalışmaları
- Yer istasyonunda uydu takımı görev planlamasının yapılması için kullanılacak Görev Planlama Yazılımının sağlanması
- Yer istasyonunda ihtiyaç duyulabilecek diğer yazılımların geliştirilmesi
- Büyük veri analizi
- Fizibilite çalışmaları

2.4. TÜBİTAK UZAY

Uydu teknolojileri alanında 1994 yılından günümüze kadar gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde ülkemizde uydu sistemi geliştirme, uydu alt sistem ve bileşen geliştirme, uydu montaj entegrasyon ve test faaliyetleri, uydu fırlatma ve devreye alma faaliyetleri, uydu operasyonları ile uydu entegre lojistik destek hizmetleri hususunda kabiliyetler ve alt yapılar oluşmuştur. TÜBİTAK UZAY geliştirme, operasyon ve sistem idame süreçlerinin tüm aşamalarında görev alabilecek yetenek ve alt yapılara sahiptir.

2.5. TURKCELL

Turkcell üçüncü nesil ortaklık programının (3GPP, 3rd Generation Partnership Project) aktif bir üyesidir. Turkcell'in ilk Ufuk Avrupa araştırma projesi olan COMMECT (Bridging the digital divide and addressing the need of Rural Communities with Cost-effective and Environmental-Friendly Connectivity Solutions) kapsamında karasal olmayan şebekelerle ilgili standartlaşma çalışmalarına 3GPP RAN2 çalışma grubunda liderlik edecektir. Ayrıca zeytin bahçelerinde karasal ve karasal olmayan şebekelerinin birlikte kullanıldığı canlı bir laboratuvar kurulması planlanmıştır. Turkcell yeni nesil sabit ve mobil güçlü altyapısı, yapay zeka ve yazılım katmanındaki bilgi birikimi ile ilgili konsept çalışmalar kapsamında katma değer sağlayacaktır. 5G ve fiber altyapı kurulum çalışmalarında da aktif role sahip olacaktır. Bunun yanı sıra yeni teknolojiler hukuku çerçevesinde uzay hukuku kapsamında da araştırma ve çalışmaları bulunan Turkcell konunun hukuki boyutu ile ilgili de aktif katkı sağlayabilecektir.

2.6. TÜRK TELEKOM

Başta Argela olmak üzere grup şirketleri bünyesinde yürütmekte olduğu küresel arenadaki 5G çalışmaları, Silikon Vadisi'ndeki şirketi Netsia ile 5G'de yerli ve milli teknolojilerin üretilmesine öncü olduğu çalışmaları ve Türk Telekom ve TT Mobil bünyesinde yürütmekte olduğu ülkemizdeki 5G ve fiber altyapı kurulum çalışmaları ile aktif bir rol alacağı öngörülmektedir.

2.7. ULAK HABERLEŞME

ULAK Haberleşme A.Ş., ülkemizde uçtan uca geniş bant kablosuz 4G, 5G ve ötesi teknolojilerin yerli üretimi için kurulmuş SSB destekli bir şirkettir. ULAK 4.5G LTE Baz istasyonu ile 1800 yakın ticari ve kamusal noktada halkımıza hizmet vermekte olup, bunun yanında yerli milli 5G'nin geliştirmesini de yapmaktadır. Bu kapsamda ÇINAR 5G Çekirdek şebekesini geliştirmiş ve 5G Baz İstasyonu geliştirmelerini 2022 sonu itibarıyla tamamlamış olacaktır. Uydu teknolojilerini gerek askeri alanda (SATCOM-ULAK Müstakil Ağ) gerekse evrensel kapsamında kırsal alanlardaki baz istasyonları için kullanmış olup sistemlerin "backhaul" (baz istasyonu çekirdek şebeke iletişimi) Uydu entegrasyonları sağlamıştır. 3GPP R17 NTN standartlarının izlenmesi 5G erişim şebekesi ve çekirdek şebeke (ÇINAR) ürünlerinin entegrasyonları konusunda hazırlıkları devam etmektedir. 6G için patent

geliştirmelerine devam etmekte olup gelecekte bu alanda ülkemizin söz sahibi olması için ilgili devlet kurumlarının koordinasyonunda çalışmaktadır. Bu açıdan ULAK Haberleşme mevcut altyapısının Uydu entegrasyonları, 5G R17 NTN standartlarının yerli ve milli 5G baz istasyonlarımıza uyarlanması ve evrensel projeler kapsamında tüm faaliyetleri koordinasyonu, yazılım donanım geliştirilmesi, standartların belirlenmesi ve uyum faaliyetlerinde yer alabilecektir.

Yukarıda bahsedilen genişbant iletişim altyapısının 7/24 esasına göre izlenmesi, değişik seviyelerde alarm yönetimi, konfigürasyon yönetimi ve ağ operasyonu faaliyetlerini icra edebilecek alanında uzman personel ve yerli yazılımlardan oluşan bir ağ operasyon merkezi de vardır.

2.8. VODAFONE

Vodafone Grubu bünyesinde dijital uçurumun yüksek olduğu Afrika'da 1,6 milyar insana bağlantı hizmetlerine erişim sağlamak adına ABD merkezli AST Space Mobile LEO operatörü ile işbirliği kurulmuştur. Bugün kullanılan standart cep telefonlarının başka herhangi bir özel ekipman veya kurulum gerekmeden doğrudan uydulara bağlanabilmesini sağlayan bu teknoloji; Afrika dışında da baz istasyonu ve altyapı kurulumunun ekonomik ve coğrafi açıdan zor olduğu bölgeler ile evrensel hizmet kapsamında yer alan düşük nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde kapsama sağlamak için mevcut altyapıları tamamlayıcı bir şekilde kullanılabilir. Bununla birlikte ülkemizde uydu teknolojisinin karasal şebekeleri destekleyici bir rol üstlenerek bağlantı hizmetlerini evrensel olarak erişilebilir hale getirme konusunda sağlayabileceği faydaları ortaya çıkartabilmek adına da çalışmalar yürütülmektedir.

3. Ülkemizdeki ve Dünyadaki Mevzuat/Standart Çalışmaları

3.1. Uzay Hukuku

Uzay Hukuku, kısaca uzay ile ilgili faaliyetleri kapsayan hukuk dalına verilen isim olup uluslararası hukukun diğer alanlarına benzer şekilde çeşitli uluslararası antlaşmalar, sözleşmeler, konvansiyonlar, BM Genel Kurul Kararları ve uluslararası organizasyonların kural ve düzenlemelerinden müteşekkildir^{lxı}. Bunların yanı sıra devletler arasında imzalanan ikili ve çok taraflı sözleşmeler, ülkelerin milli uzay kanunları (ve son dönemde özel şirketlerin de uzay alanında faaliyette bulunmaları kapsamında ilgili özel ve genel hukuk düzenlemeleri de ilgili olduğu nispette) uzay hukukunun kaynakları arasında yer almaktadır.

Uzay Hukuku denildiğinde üç önemli noktanın her zaman akılda tutulması gerekmektedir: 1- Uzay Hukukunun düzenlediği alan gök cisimleri de dahil dış uzay, herhangi bir devletin egemenlik alanı dışındadır; bu nedenle 2- Dış uzayda gerçekleştirilen tüm faaliyetler ekonomik veya bilimsel kalkınmasına bakılmaksızın tüm devletlerin çıkarını götmelidir; 3- Dış uzay ve gök cisimleri tüm insanlığın alanıdır (*province*)^{lxii}. Uzay Hukukunun en temel kaynakları arasında ülkemizin tamamına taraf olduğu Birleşmiş Milletler nezdinde imzalanan beş temel antlaşma² ve beş adet ilkeler dizisi ile BM Genel Kurul Kararları bulunmaktadır^{lxiii}.

Aşağıda açıklanacak antlaşmalarda aykırı davranışlar için uygulanacak yaptırımlara ilişkin antlaşma metinlerinin içerisinde ayrıca bir düzenleme bulunmamaktadır. Ancak bu noktada belirtilmesi gereken iki husus bulunmaktadır:

- Anayasa'nın 90'ıncı maddesi gereğince usulüne uygun bir şekilde onaylanan antlaşmaların kanun hükmünde olduğu düzenlenmiştir.
- Genel Yaptırımlar; Uzay Hukuku alanında yukarıda açıklanan antlaşmalara aykırılık devletler nezdinde düzenlenmemiş olup bu noktada diğer devletler tarafından

² BM Antlaşmalarının tamamına ülkemiz taraftır.

uygulanabilecek yaptırımların türleri genel uluslararası hukuk yaptırım türlerinden ibaret olacaktır.

3.1.1. 1967 Tarihli Ay ve Diğer Gökcisimleri Dâhil, Uzayın Keşif ve Kullanılmasında Devletlerin Faaliyetlerini Yöneten İlkeler Hakkında Andlaşma (“Uzay Andlaşması”)^{lxiv}

Uzay Hukukunun en temel antlaşması niteliğinde olan bu Andlaşmada, genel nitelikte hükümlere ve bazı temel ilkelere yer verilmektedir. Andlaşmanın genel nitelikte kaleme alınmasının sebebi, Andlaşmanın kapsayıcı olmasının amaçlanması ve o dönemdeki uzay faaliyetlerinin niteliğidir. Hükümler kısaca şöyle özetlenebilir;

- Uzayın barışçıl amaçlarla keşfedilmesi ve kullanılması gerekmektedir.
- Uzayın keşif ve kullanılmasının tüm insanlık için taşıdığı ortak yararı göz önünde bulundurarak iktisadi ve bilimsel kalkınma dereceleri ne olursa olsun bütün halkların menfaati için yürütülmesi gerekmektedir.
- Uzay faaliyetlerinin barışçıl amaçlarla yürütülmesinde, bilimsel olduğu kadar hukuki bakımdan da geniş ölçüde uluslararası iş birliğinin sağlanarak karşılıklı anlayışın geliştirilmesi gerekmektedir.
- Antlaşma ile devletlerin nükleer silah veya herhangi bir türden kitle imha silahı taşıyan cisimleri dünya yörüngesine konuşlandırmasının yasaklanması öngörülmüştür.
- Bu silahların devletlerce uzaydaki gök cisimlerine yerleştirilmelerinin söz konusu olamayacağı kararlaştırılmıştır.

Bu hükümler uyarınca devletlerarası dostane ilişkilerin kuvvetlendirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca belirtmek gerekir ki, bu Anlaşmada ortaya konan anlayış (BM Genel Kurulunda oybirliği kabul edilen Devletlerin Uzayın Araştırılması ve Kullanılması Faaliyetlerini Düzenleyen Hukuki İlkeler Bildirgesinde de ortaya konan anlayış), taraf olsun ya da olmasın bütün devletler ve kendi devletleri Antlaşmaya taraf olmasalar dahi özel hukuk kişileri yönünden de benimsenmesi gereken bir anlayıştır. Uzay insanlığın ortak mirasıdır ve bütün insanlığın ortak yararına ve uluslararası hukuka uygun olarak araştırma ve kullanıma konu edilmelidir.

3.1.2. 1968 Tarihli Astronotların Kurtarılması, Astronotların Uzaya Fırlatılmış Olan Cisimlerin Geri Verilmesi Hakkında Antlaşma^{lxv}

Kurtarma Anlaşması olarak geçen bu anlaşma uyarınca; kaza, tehlikeli durum veya zorunlu iniş hallerinde, astronotlara mümkün olan her türlü yardım yapılması, astronotların derhal ve güvenlik içerisinde dönüşlerinin sağlanması ve uzaya fırlatılmış araçların geri verilmelerinin sağlanması hakkında taraf devletlerce iş birliği yapılması hedeflenmiştir. Anlaşma uyarınca taraf devletlerden biri, kendi ülkesinde ya da açık denizde veya hiçbir ülkenin egemenliğinde olmayan alanlarda bir kaza ya da zorunlu iniş meydana geldiğini öğrendiğinde fırlatan makamı (Fırlatma makamı, ilgili Antlaşma 6 ncı Maddede fırlatmadan sorumlu devleti ya da uluslararası örgütleri ifade eder) ve BM Genel Sekreterini bilgilendirmelidir. Benzer şekilde zorunlu iniş taraf devletlerden birinin egemenliğinin olmadığı bir yerde ise ve taraf devletlerden biri buna ilişkin bilgi sahibi olursa yine fırlatan makamı ve BM genel Sekreterini bilgilendirmelidir. Anlaşmanın 4 üncü Maddesi uyarınca hiçbir devletin egemenliği altında olmayan alanlarda kaza ya da zorunlu iniş gerçekleşirse uzay aracı mürettebatının derhal güvenli bir şekilde fırlatan makama iade edileceği belirtilmektedir.

3.1.3. 1972 Tarihli Uzay Cisimlerinin Verdiği Zarardan Dolayı Uluslararası Sorumluluk Hakkında Sözleşme^{lxvi}

Uzay Hukukunun temel sorunlarından birisi olarak uzay araçlarından kaynaklanan zararlara ilişkin sorumluluk konusu ve sorumluluk hukukunun temel prensipleri, Birleşmiş Milletler Dış Uzayın Barışçıl Amaçlarla Kullanımı Komitesi (United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space -UN COPUOS) tarafından düzenlenmeye çalışılmıştır.

Sorumluluk sözleşmesi olarak da adlandırılan mezkûr sözleşme uyarınca uzay faaliyetleri esnasında meydana gelebilecek herhangi bir zararın hakkaniyete uygun olarak zarar görene ödenmesinin ve zararın tazmin edilmesinin sağlanması hedeflenmiştir.

Bilindiği üzere uygulamada bir veya birden çok devlet fırlatma faaliyetinde yer alabilmektedir. Tek bir devlet eliyle gerçekleştirilen fırlatmada doğal olarak oluşan zarardan bu devlet sorumlu olacaktır. Birden fazla devletin ortaklaşa gerçekleştirdikleri fırlatmada ise, oluşan zarardan bu devletler, birlikte ve müteselsilen sorumlu olacaktır. Ortaklaşa gerçekleştirilen fırlatmada oluşan zararda, tazminatı ödeyen devletin diğer devletlerden bu

tazminatın ödenmesi için destek talep edebileceği düzenlenmiştir. Burada belirtmek gerekir ki fırlatmanın yapıldığı ülke, yalnızca toprakları kullanılmış olsa bile fırlatan devlet sayılmaktadır.

3.1.4. 1975 tarihli Uzaya Fırlatılan Cisimlerin Tescili Hakkında Sözleşme^{lxvii}

Tescil Sözleşmesi, esas itibariyle Uzay Antlaşması'nın 8. Maddesi hükmüne dayanmakla birlikte bu maddenin daha ayrıntılı ve de genişletilmiş halidir. Uzay Antlaşması'nın tamamlayıcısı durumundadır.

Tescil Sözleşmesi'nin esas amacı, uzaya fırlatılan cisimler hakkında ulusal ve uluslararası bağlamda ikili bir tescil sisteminin oluşturulmasıdır.

Söz konusu tescil sisteminin, uzay araçlarından kaynaklanan herhangi bir zararda, zararı veren uzay aracını fırlatan devletin tespit edilmesinde ve söz konusu zararın tazmininin sağlanmasında faydalı olacağı düşünülmüştür. Aynı zamanda bu tescil sistemiyle standart bir bilgilendirme usulü tesis edilerek uzayın barışçıl kullanımına aykırı olan faaliyetlerin önlenmesi de amaçlanmıştır.

3.1.5. 1979 Tarihli Devletlerin Ay ve Diğer Gök Cisimlerindeki Faaliyetlerine İlişkin Anlaşma (“Ay Anlaşması”)^{lxviii}

Tüm gök cisimlerinde (gök cisimlerinin yörüngesinde bulunanlar da dâhil) yargı yetkisini uluslararası topluluğa bırakan uluslararası antlaşmadır. Söz konusu cisimlerdeki tüm faaliyetler Birleşmiş Milletler Uzay Antlaşması da dâhil olmak üzere uluslararası hukuka uygun olmalıdır. Birleşmiş Milletler nezdinde uzay alanında imzalanan sonuncu uluslararası anlaşmadır. Ancak belirtmek gerekir ki, uzayda aktif şekilde faaliyet gösteren birçok devlet tarafından bu anlaşma imzalanmamıştır.³

³ Ekim 2019 itibariyle anlaşmaya taraf devletler alfabetik olarak şöyledir; Avustralya, Avusturya, Belçika, Ermenistan, Fas, Hollanda, Kazakistan, Kuveyt, Lübnan, Meksika, Pakistan, Peru, Filipinler, Sudi Arabistan, Şili, Türkiye, Uruguay, Venezüella

3.1.6. BM Deklarasyonları ve BM Genel Kurul Kararları

- 3.1.6.1. Yasal İlkeler Deklarasyonu ve 1962 (XVIII) sayı ve 13 Aralık 1963 tarihli Genel Kurul Kararı
- 3.1.6.2. Yayın İlkeleri ve 37/92 sayı ve 10 Aralık 1982 tarihli Genel Kurul Kararı
- 3.1.6.3. Uzaktan Algılama İlkeleri ve 41/65 sayı ve 3 Aralık 1986 tarihli Genel Kurul Kararı
- 3.1.6.4. Nükleer Güç Kaynakları İlkeleri ve 47/68 sayı ve 14 Aralık 1992 tarihli Genel Kurul Kararı
- 3.1.6.5. Fayda Deklarasyonu (Dış Uzayın Tüm Devletlerin-özellikle gelişmekte olan ülkelerin- Faydasına ve Yararına Keşfi ve Kullanımı İçin Uluslararası İş Birliği Deklarasyonu) ve 51/122 sayı ve 13 Aralık 1996 tarihli Genel Kurul Kararı

3.1.7. Avrupa Birliği

Nisan 2021’de AB Konseyi ve AB Parlamentosu 2021-2027 yılların arasını kapsayacak şekilde Avrupa’nın uzay programını belirleyen bir regülasyon kabul etmiş ve kabul edilen bu regülasyon 1 Ocak 2021’den itibaren olmak üzere geriye dönük bir şekilde yürürlüğe girmiştir. Bu regülasyon ile Avrupa Birliği bünyesinde yüksek kaliteli, güncel ve güvenli bir şekilde uzayla ilgili veri ve hizmetlerin sağlanması, bu veri ve hizmetlerden büyük sosyoekonomik faydalar elde edilmesi, artan büyüme ve istihdam sağlanması, AB’nin güvenliği ve otonomisinin sağlanması, uzay sektöründe AB için daha güçlü ve lider bir rol elde edilmesi amaçlanmıştır^{lxix}.

Akabinde Şubat 2022’de, AB nezdinde yeni bir regülasyon taslağı ile 2023-2027 yıllarını kapsayacak şekilde Birlik nezdinde uzay temelli güvenli haberleşme sağlanmasına ilişkin düzenlemeler yapılmıştır^{lxx}.

3.1.8. Ulusal Uzay Hukuku

Birçok ülkenin hâlihazırda Uzay Hukukuna ilişkin özel düzenlemeleri bulunmaktadır. Bu düzenlemelere sahip ülkeler UNOOSA tarafından uzay hukuku veri tabanında yayınlanmaktadır. Bu ülkeler içerisinde özellikle ABD ve Lüksemburg’un uzay madenciliği hakkında düzenleyici ulusal yasaları bulunmaktadır. Türkiye’de, taraf olunan uluslararası anlaşma hükümleri dışında, uzay faaliyetlerine ilişkin düzenlemeler arasında, TUA’nın kuruluş maddelerinin ve görevlerinin yer aldığı 13.12.2018 tarihli ve 30624 sayılı Resmi Gazete’de

yayımlanan 23 sayılı Türkiye Uzay Ajansı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'ni, uydu yörünge pozisyonlarının hakları, yönetimi ve işletme yetkisi gibi hususlar ile uydu üzerinden sunulan elektronik haberleşme hizmetlerinin de tabi olacağı hususların düzenlendiği 406 Sayılı Telgraf ve Telefon Kanunu, 5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanununu (EHK), EHK'ye dayanılarak çıkartılan Elektronik Haberleşme Sektöründe Yetkilendirme Yönetmeliğini ve Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından yapılan düzenlemeleri (Kurul kararları ve rehberleri) belirtmek mümkündür.

406 Sayılı Telefon ve Telgraf Kanununda yapılan değişiklik uyarınca “Ulusal egemenlik kapsamındaki uydu yörünge pozisyonlarının hakları, yönetimi ve işletme yetkisine sahip olmak ve bununla ilgili yükümlülükleri yerine getirmek, adına kayıtlı ve diğer operatörlere ait uyduları işletmeye vermek ya da verilmesini sağlamak, bu uyduları işletmek, ulusal ve yabancı operatörlere ait uydular üzerinden haberleşme ve iletim altyapısını kurmak...” gibi yetki ve sorumluluklar da yine aynı Kanun uyarınca kurulan Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme Anonim Şirketi'ne verilmiştir. Yine aynı Kanun uyarınca “Kurumun görev ve yetkileri saklı kalmak kaydıyla, uydular üzerinden haberleşme, uydudan iletim, uydu işletme, yörünge ve uydu yönetimi, yeni uyduların planlanması ve projelendirilmesi, bunlarla ilgili diğer yönetsel ve ticarî hizmetlerin Türksat A.Ş. tarafından yürütülmesine ilişkin usul ve esaslar, yeni şirket kurma veya kurulu bulunan şirketlere ortak olma hususları ile ilgili düzenlemeleri yapmaya Cumhurbaşkanı yetkilidir”.

Öte yandan yukarıda da ifade edildiği gibi mevcut durumda uydu haberleşmeleri de dahil olacak şekilde elektronik haberleşme hizmetinin sunumu ve elektronik haberleşme altyapı ve şebekesinin tesisi ve işletilmesi ile her türlü elektronik haberleşme cihaz ve sistemlerinin imali, ithali, satışı, kurulması, işletilmesi, frekans dâhil kıt kaynakların planlanması ve tahsisi ile bu konulara ilişkin düzenleme, yetkilendirme, denetleme ve uzlaştırma faaliyetlerinin yürütülmesi EHK'ye ve buna dayanılarak çıkartılan ikincil düzenlemelere tabidir. Kanun, elektronik haberleşme sektöründe düzenleme ve denetleme yoluyla etkin rekabetin tesisi, tüketici haklarının gözetilmesi, ülke genelinde hizmetlerin yaygınlaştırılması, kaynakların etkin ve verimli kullanılması, haberleşme altyapı, şebeke ve hizmet alanında teknolojik gelişimin ve yeni yatırımların teşvik edilmesi ve bunlara ilişkin usul ve esasların belirlenmesi amacıyla 05.11.2008 tarihinde Resmî Gazetede yayımlanmıştır.

Elektronik haberleşme hizmetlerinin yürütülmesi ve elektronik haberleşme altyapı ve şebekesinin tesisi ve işletilmesi ile her türlü elektronik haberleşme cihaz ve sistemlerinin imali,

ithali, satışı, kurulması, işletilmesi, frekans dâhil kıt kaynakların planlaması ve tahsisi ile bu konulara ilişkin düzenleme, yetkilendirme, denetleme ve uzlaştırma faaliyetlerinin yürütülmesi bu Kanuna tabidir.

Kanun'un istisnalara ilişkin maddesinde ise *Türk Silahlı Kuvvetleri, Jandarma Genel Komutanlığı ile Sahil Güvenlik Komutanlığı ve kuruluş kanunları ile Cumhurbaşkanlığı kararnamelerinde belirtilen görev sahaları ile ilgili konularda olmak üzere Dışişleri Bakanlığı, Telekomünikasyon İletişim Başkanlığı, Millî İstihbarat Teşkilatı Müsteşarlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü'nün elektronik haberleşme cihaz, sistem ve şebekeleri ile bedeli bu kurumlar tarafından ödenerek işletmeciler tarafından kurulan veya kurulacak elektronik haberleşme cihaz, sistem ve şebekeleri hakkında 36'nci(Frekans planlama, tahsis ve tescili) ve 39'uncu(Kodlu ve kriptolu haberleşme) maddeleri hariç, bu Kanun hükümleri uygulanmayacağı düzenlenmektedir.*

Kanun'un ilkeler maddesinde ise her türlü elektronik haberleşme cihaz, sistem ve şebekelerinin kurulması ve işletilmesine müsaade edilmesi, gerekli frekans, numara, uydu pozisyonu ve benzeri kaynak tahsislerinin yapılması ile bunların düzenlenmesi Devletin yetki ve sorumluluğu altındadır.

Aynı Kanun'un 5. maddesinde uydu pozisyonu, frekans tahsisi gibi kıt kaynaklara dayalı elektronik haberleşme hizmetlerine ilişkin strateji ve politikaları belirleme yetki ve görevi Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına verilmiştir.

Bu kapsamda bugün, gerek EHK gerekse ona dayanılarak çıkartılan ikincil mevzuata göre, Türkiye'de "uydu haberleşme hizmeti" sunmak ve/veya şebekesi veya altyapısı kurup işletmek için, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) Yetkilendirme Yönetmeliği'nin 7'nci maddesinde yer alan (tüm haberleşme işletmecileri için geçerli) asgari koşulları sağlayan ve asgari ödenmiş sermayesi bir milyon Türk Lirası olan Türkiye'de yerleşik bir şirket kurulması ve eğer bir kıt kaynak kullanımı söz konusu olmayacaksa BTK'ye usulüne uygun olarak "bildirim" de bulunulması yeterlidir.

Bunun yanı sıra ülkemiz mevzuatı⁴ çerçevesinde, elektronik haberleşme işletmecileri; hizmet sunumuna yönelik uzay kesimi uydu kapasite ihtiyaçlarını, ilgili kuruluşlardan (Türksat gibi) serbestçe temin etme hakkına sahiptir. Elektronik haberleşme hizmetinin sunumunda uydu istasyonu kullanan işletmeciler, kurulacak her uydu yer istasyonu için ayrı ayrı doldurulmuş ilgili formu ve sistemde kullanılacak uydu yer istasyonuna ilişkin bilgileri Kuruma vermekle yükümlü tutulmuştur. Bununla birlikte, uydu üzerinden elektronik haberleşme hizmeti sunan ve BTK ile irtibatlı gerekli teknik altyapıyı kurmakla yükümlü işletmeciler, kullanıcılarına ait trafiği Türkiye Cumhuriyeti sınırları içerisinde kurulmuş uydu yer istasyonları üzerinden geçirmekle yükümlüdür. Benzer şekilde, işletmecilerin uydu tahsis başvuru süreçlerinde “Uydu Üzerinden Sunulan Elektronik Haberleşme Hizmetlerine İlişkin Uygulamalara Yönelik İşletmeci Bilgilendirme Rehberi”ni de dikkate almaları gerekmektedir.

İlave olarak, uluslararası anlaşmalar çerçevesinde mutabık kalınan hükümler uyarınca uzaydaki özel faaliyetler devletler tarafından izne ve devamlı takip koşuluna uyulduğu müddetçe serbest bırakılmıştır. Bu kapsamda uzay alanındaki çalışmaların gelişimi açısından uzay hukukuna ilişkin ulusal düzenlemelerin önemli bir rol oynayacağı değerlendirilmekle birlikte, ancak ulusal düzenlemelerin yürürlüğüne ilişkin olarak uluslararası anlaşmalarda bir zorunluluk bulunmamaktadır.

Bu noktada, LEO uydular üzerinden hizmetlerin- *“kırsal alanlarda internet erişimi sağlanması”* amaçlı olduğu ve *“karasal mobil haberleşme hizmetlerine rakip değil, bunları tamamlayıcı nitelikte”* olduğu ön planda tutulmakta ise de vaadedilen indirme/yükleme hızlarının (Mbps) ve gecikme sürelerinin (ms) karasal şebekeler üzerinden sunulan mobil haberleşme hizmetlerine çok yakın olduğunun belirtilmesi gerekmektedir. Öte yandan, karasal mobil şebekelerle uyumlu cihazların doğrudan LEO uydu haberleşme uydularından sinyal alabilmesine imkân verecek teknik çalışmaların olması^{lxxi}, kullanıcıların ileride mobil ağlar yerine aynı deneyimi sunan uydu ağlarını tercih edebilmelerinin ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Bu çerçeveden ele alındığında, global şirketler tarafından Türkiye’de de sunulmaya başlanacağı açıklanan hizmetlerin, bugün mobil operatörlerimiz tarafından sunulmakta olan 2G-3G-4.5G hizmetleriyle kapasitelerinin yeterli olduğu nüfusu az yoğun

⁴ 28.05.2009 tarihli, 27241 sayılı R.G.’de yayınlanan Elektronik Haberleşme Sektörüne İlişkin Yetkilendirme Yönetmeliği’nin 19/n maddesi.

bölgelerde rekabet edebileceği; LEO uydu ağları üzerinden sunulan haberleşme hizmetlerinin karasal mobil ağlar üzerinden sunulan haberleşme hizmetlerinin -tamamlayıcısı olmasının da yanında- ikamesi haline gelebilme potansiyelinin olduğu öngörülmektedir.

Öte yandan mobil haberleşme hizmetleri (2G, 3G ve 4,5G), milyarlarca TL tutarında lisans/frekans bedelleri ödenmesi, işletmecilerin sundukları hizmetlerden elde ettikleri gelirlerin %15'inin Hazine Payı olarak devlete aktarılması, kurulacak altyapılarda yüksek oranlarda yerli ürün kullanılması, AR-GE istihdamı sağlanması gibi mali/hukuki yükümlülükler altında sunulmaktadır. İlave olarak, belirli süreler içerisinde tüm ülke sahasında nüfus kapsamı sağlanması gibi yükümlülükleri yerine getirebilmek için mobil işletmecilerin sürekli olarak yüksek oranlarda yatırım yapmaya devam etmesiyle kurulan bu altyapıları lisans süreleri sonunda kamuya devretmeleri beklenmektedir. Bunun yanında LEO uydu hizmeti sunan şirketlerin benzeri yükümlülüklerle tabi olmadığı değerlendirildiğinde LEO uydu şirketlerinin sundukları hizmetin ve teknolojinin gelişimi takip edilerek, pazar analizleri yapılması değerlendirilmeli ve yetkilendirme kapsamında yapılan mobil yatırımların da göz önünde bulundurulması önemlidir. Ancak bir yandan da tüm dünyada uygulamaya geçecek bir teknolojinin önünde durulmadan, ülkemizin yararı için kullanım fırsatlarının ve iş birliği imkanlarının değerlendirilmesi de önemlidir. Uydu şirketlerinin telekom operatörleri ile iş birliği içinde olmasının ve teknolojilerin birbirini tamamladığı iş modellerini geliştirmesinin ülkemiz açısından önemli fırsatlar sunma potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmektedir. Nitekim, çeşitli ülkelerde bu şirketlerle telekom şirketleri arasında iş birliklerinin kurulmaya başlandığı görülmekte ve bu kapsamda ülkemizde de söz konusu LEO uydu şirketleri ile iş birliklerinin kurulmasına yönelik çalışmaların teşvik edilebileceği değerlendirilmektedir.

Elektronik haberleşme hizmetinin bir ülkenin ulusal bütünlüğü ve güvenliği açısından son derece önemli olduğu da tartışmasız bir gerçektir. Dolayısıyla yabancı LEO uydu işletmecilerine ülkemizde -gerekli şartları taşımaları halinde- yetkilendirme verilse dahi, bu kadar yaygın bir erişim ağının yabancı menşeli firmalara sağlanması hususunun milli güvenlik, veri güvenliği ve ülke bütünlüğü açısından da değerlendirilmesinin elzem olduğu düşünülmektedir.

Bu kapsamda LEO Uydu Sistemleri ve bağlantılı teknolojiler hakkında gerekli değerlendirmeler yapılarak, gerek görülmesi halinde yeni mevzuat çalışmaları yapılması ve yapılacak çalışmalarda konunun güvenlik, ekonomik, etkin rekabet, iç pazardaki mevcut

durum, tüketicinin korunması, kişisel verilerin ve ülkemizin verilerinin korunması, yerlilik gibi hususlarının da dikkate alınması önem arz etmektedir.

3.1.9. Frekans Tahsisi ve Koordinasyon

3.1.9.1. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (“ITU”)

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, Türkiye’nin de kurucu üyeleri arasında olduğu Birleşmiş Milletlere bağlı olarak faaliyet gösteren bir kuruluştur. Uygulamada uzaya gönderilecek olan uydulara frekans ve yörünge tahsisi işlemlerini takip etmektedir.

3.1.9.2. Yörünge / Spektrum Tahsisi (“Orbit / Spectrum Allocation”)

Yörüngeye yerleştirilecek bir uyduya ITU’dan hem yörünge hem de frekans tahsisi yapılmaktadır. Yörünge ve frekans kaynaklarının kısıtlı olması sebebiyle bu alanda ülkeler arasında rekabet ve tartışmalar yaşanmaktadır.

3.1.9.3. 3GPP (3rd Generation Partnership Project)

5G teknolojisinin standardizasyonunu yürüten 3GPP (3rd Generation Partnership Project) tarafından, 5G haberleşme altyapısının karasal olmayan şebekelerde kullanılabilmesi amacıyla tanımlama faaliyetleri yürütülmektedir. Mevcut son sürüm olan Release-17’de buna yönelik yeni tanımlanan özellikler bulunmakta ve ilerleyen sürümlerde de bu konuyla ilgili çalışmaların sürdürülmesi planlanmaktadır. Bunun yanında, seçilecek mimariye göre baz istasyonu bileşenlerinin bir kısmının uydu aracı üzerinde yer alması durumunda, ilgili çevre koşullarına uyumlu baz istasyonu bileşeni geliştirmelerinin yapılması gerekecektir.

4. Fırsatlar ve İmkânlar

Toplumun geniş alanlar üzerinden sürekli veriye olan ihtiyacı nedeniyle yüksek hassasiyetli (daha az gürültü ile sinyal alabilen) uyduların da entegre olduğu haberleşme ağlarından bilgi alınması ihtiyacı da artmaktadır. Bu ihtiyacın ancak geleneksel çözümlerin yeniden değerlendirilmesi ile karşılanabilmesi mümkündür. Yeni LEO sistemlerinin de daha fazla kapasite getirerek bu alanda da rekabet açısından fiyatları düşürmesi öngörülmektedir.

LEO uydularının kullanıldığı haberleşme altyapıları genel olarak uzay kesimi, yer kesimi ve kullanıcı kesiminden oluşmaktadır. Uzay kesiminde dünyayı devamlı olarak tarayan bir uydu takımı yer alırken; yer kesiminde ağ geçitleri, kullanıcı kesiminde ise kullanıcı terminalleri yer almaktadır. Devamlı olarak hareket halinde olan ve belirli bir alanı kısa süre görebilen uydular kendi aralarındaki iletişimi “inter-satellite link (ISL)” adı verilen uydular arası haberleşme alt sistemleri ile yapabilmektedir. Bununla beraber yer kesimi üzerinden erişim sağlanan internet altyapısı, kullanıcı terminallerine uydular üzerinden iletilmektedir.

LEO uydularını yörüngeye yerleştirmek için GEO uydulara göre daha düşük miktarda enerji gerekmektedir. Bu uydular ile yüksek bant genişliği ve düşük haberleşme gecikmesi sunulabilmektedir. Ayrıca daha küçük güç ile hizmet verilmekte olup maliyetler de önemli ölçüde düşmektedir.

Ancak, küçük uyduların çoğalmasına rağmen, küçük uydu veri kalite güvencesi için bir temel/referans olarak da kullanılmak üzere daha büyük, yüksek hassasiyetli haberleşme uydularına ihtiyaç olacaktır. Ayrıca, küçük uydulardan gelen yeni veri akışları ile büyük uydulardan gelen yüksek hassasiyetli verileri birleştirmede büyük bir potansiyel gözükmektedir.

Genişbant bağlantı hizmeti sunulmasını sağlayan teknolojiler karşılaştırıldığında, fiber, kablo ve mobil teknolojilerin yüksek kapasite ve düşük gecikme özelliklerini sağladığı ve yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. LEO teknolojileri, hız ve gecikme süreleri bakımından bu teknolojilere yaklaşmış olmakla birlikte, yüksek maliyetleri ve istikrarlı bir hizmet kalitesi sunulamaması nedeniyle henüz yaygın olarak tercih edilecek bir teknoloji konumunda değildir. Bununla birlikte, kapsaması maliyetli ve coğrafi olarak zorlu olan

bölgeler için tamamlayıcı bir teknoloji olarak değerlendirilebilir. Bu anlamda, uydu şirketlerinin telekom operatörleri ile iş birliği içinde olması ve teknolojilerin birbirini tamamladığı iş modellerini geliştirmesi önemli fırsatlar yaratacaktır. Nitekim, çeşitli ülkelerde bu şirketlerle telekom şirketleri arasında iş birliklerinin kurulmaya başlandığı görülmektedir.

LEO Uydu Şirketi	Telekom Operatörü Partneri	Operatörün Hizmet Sunduğu Ülke
Starlink	Chunghwa Telecom	Çin
	KDDI	Japonya
Telesat	Telefónica International	Latin Amerika ve Avrupa
	Wholesale Services (TIWS)	
OneWeb	BT	İngiltere
	AT&T	ABD
Kuiper (Amazon)	Verizon	ABD
AST	Vodafone	İngiltere
	Rakuten	Japonya
SpaceMobile	Vodacom Group	Güney Afrika
	Uganda Telecom	Uganda
Omnispace	Verizon	ABD
Lynk Global	Aliv	Bahamalar
	Telecel	Orta Afrika Cumhuriyeti
	Unitel	Mongolya
Swarm	Vodafone	İngiltere
Kinéis	Objenious (subsidiary of Bouygues Telecom)	Fransa
	Orange	Fransa
Eutelsat	Deutsche Telekom	Almanya
	TIM	İtalya
Viasat	Telefónica	Brezilya
Intelsat	Telefónica Deutschland (O2)	Almanya

Tablo 7: Telekom Şirketleri ile İşbirliği Örnekleri

Kaynak: Analysis Mason, Low Earth Orbit Satellite Tracker, Ocak 2022^{xxii}

Uydu şirketleri tarafından sunulan hizmetlerin telekom operatörleri ve devletler için tamamlayıcı hizmet olarak fayda sağlayacağı alanlar bulunmaktadır. Operatörlerle uydu şirketleri arasında yapılan iş birliklerinde, kapsama alanı dışında kalan bölgeler için mobil

backhaul hizmeti, mobil şebekenin erişim alanının genişletilmesi, kurumsal çözümler için yüksek kapasiteli transport hizmeti, yedeklilik için kapasite sağlanması ve nesnelerin interneti hizmetlerinin kapsama alanı dışında yürütülmesi gibi farklı kullanım alanlarını desteklemektedir.

Devletler ile uydu şirketleri arasında yapılan iş birliklerinin ise kırsal kapsama ve afet durumlarının izlenerek erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi gibi konularda olduğu görülmektedir. Ülkemizin de afetlerle mücadele ve haberleşmenin yedekliliği için bu hizmetlerden faydalanmasının fırsat yaratacağı ve aynı şekilde kırsal kapsama için planlanan Evrensel Hizmet projelerinin uygun maliyetlerle tamamlanabilmesi konusunda da fırsat sunabileceği değerlendirilmektedir.

5. Risk ve Tehditler

Her ne kadar dünya genelinde bu yeni gelişmelere doğru bir eğilim gözükse de küçük uydulardan oluşan bir uydu filosu inşa ederken aşılması gereken birçok engel vardır. İlk olarak, projenin tam olarak finanse edilmesi, daha sonra düzenleyici onayların alınması ve diğer uydu sistemleriyle güvenle bir arada yaşamasını sağlamak için frekansların koordine edilmesi gerekmektedir. Daha sonra proje çerçevesinde birçok uydunun düzenli, zamanında ve ekonomik olarak fırlatılması gerekmektedir. Uyduların büyük bir kısmı fırlatılıp faaliyete geçene kadar hizmete başlanması mümkün olmayacaktır. Gelişmiş antenlerin ve modemlerin tasarımı, kullanıcı ekipmanlarının geliştirilmesi, uyduların kısa ömürlü olması gibi karmaşık ve yüksek teknolojiye teknik gereksinimler ciddi bir risk oluşturmaktadır. Birçok girişim şirketi ve yatırımcı, bu risklere gerektiği kadar önem vermemeleri nedeniyle ya başlamadan sona ermiş ya da büyük finansal risklerle mücadele etmek zorunda kalmıştır^{lxxiii}.

LEO teknolojisi her ne kadar uzaya uydu fırlatma maliyetleri bakımından önemli kazançlar sağlamış olsa da, geniş kapsama ve bant genişliği için çok sayıda uydu fırlatılması ihtiyacı, bu uyduların ortalama altı yılda bir ömrünü tamamlaması nedeniyle yenilenmesi ihtiyacı, ömrü dolan uyduların yörüngeden çıkarılmasının maliyeti, spektrum kısıtları ve müşteri ekipmanlarının yüksek maliyeti LEO uydularının genişbant bağlantı hizmeti sağlama konusunda karşılaşılabilecek potansiyel zorluklardır. Bununla birlikte, karasal şebekeler üzerinden sunulan genişbant hizmetleri uydu genişbant hizmetlerine göre ortalama olarak daha az maliyetli olduğundan, LEO genişbant hizmetlerinin yaygınlaşması üzerinde rekabetçi bir baskı oluşturabileceği, bu durumun uydu genişbant sağlayıcıları için oldukça yoğun bir rekabet ortamı yaratabileceği ve tercih edilebilir olmak için fiyatlarını ve hizmet kalitesini karasal hizmetlerin seviyesine yaklaştırması gerekebileceği değerlendirilmektedir.^{lxxiv}

Bu şirketlerin yatırım yaptıkları LEO teknolojilerinin doğası gereği çok yüksek finansman ihtiyacı olmakta ve küresel boyutta bir ölçeklendirme gerektirmektedir. Aksi halde bu teknolojiye yapılan yatırımın geri dönüşünün sağlanması mümkün olmamakta ve bu şirketler ticari olarak varlıklarını koruyamamaktadır. Nitekim, OneWeb firması da finansal olarak zor durumda olan bir uydu firması iken, İngiltere devletinin de içinde bulunduğu Bharti, Eutelsat, Softbank ve Hughes Network gibi çok uluslu bir konsorsiyum tarafından devralınmıştır.

Finansman ihtiyacını karşılayarak tekrar faaliyetlerine devam eden firmanın, planlanan uyduların hepsini devreye alabilmek için en az 1 milyar ABD Dolarına daha ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir.^{lxxv}

Diğer önde gelen firmalar olan Starlink ve Telesat, finansman ihtiyaçlarının bir kısmını devlet desteği alarak karşılamaktadır. Ancak bu firmaların da planladıkları uydu sayısına ulaşabilmesi için çok yüksek miktarlarda yatırım yapmaları beklenmektedir. Örneğin, Starlink için 10 yıllık yatırım döneminde planlanan 42.000 uydunun atılması ve devreye alınması için 33 milyar ABD Doları yatırım yapılmasının beklendiği belirtilmektedir.^{lxxvi} Yine aynı analizde terminal fiyatlarının 2040 yılında ancak 100 ABD Doları seviyelerine düşebileceği öngörülmektedir. Starlink uydu genişbant hizmeti için abonelerin alması gereken terminal ücreti yüksek oranda firma tarafından sübvansede edildiği halde 500 ABD Doları olarak fiyatlanmaktadır. LEO şirketleri hedeflenen kullanıcı rakamlarına ulaşamazlarsa, bu fiyatları da aşağı çekmeleri mümkün olmayacaktır ve yatırımların geri dönüşünü sağlaması bakımından zorlayıcı olacaktır.

Finansal risklerin yanı sıra teknik konulardaki bazı zorluk ve sorunlar da karşılaşılabilecek diğer bir risk alanıdır. Bir uydu filosu hazır ve çalışır hale geldikten sonra bile Dünya'nın yörüngesindeki küçük uyduların sayısının artmasıyla beraber “birlikte çalışabilirlik” sorunları da öne çıkabilecektir. Zira radyo frekanslarının sadece LEO'daki yeni sistemler arasındaki etkileşimi önlemek için değil, aynı veya bitişik frekans bantlarında çalışan daha önceden diğer yörüngelere yerleştirilmiş sistemlerin de etkilenmesini de önlemek için dikkatle yönetilmesi gerekmektedir.

Mali sorunların aşılması ve uyduların birlikte çalışabilme zorluklarına ek olarak, genel bir endişe de birçok küçük uyduda itki sistemlerinin olmaması nedeniyle herhangi bir çarpışmadan kaçınma veya yaşam sonu manevralarının gerçekleştirilememesi, böylece yörüngedeki diğer uydular/uzay istasyonları için risk teşkil etmesidir. Bu riskin giderilebilmesi için uydu itki sistemlerinin yerleştirilmesi dahil çarpışma algılama ve önleme stratejileri gibi karşı önlemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Starlink ve OneWeb uydularında uydu itki sistemleri yer almakta ve bu sayede manevra kabiliyetleri bulunmaktadır. Özetle, bu durumun da sistem maliyetlerine artı bir yük getirdiği değerlendirilmektedir.

Teknolojik gelişmelerin çok hızlı olmasına karşın uluslararası boyutta düzenleyici çalışmalar nispeten daha geriden gelmektedir. Ulusal ölçekte ise henüz çoğu ülkenin bu yeni

duruma hazır olmadığı da bir gerçektir. Bu da hem mevcut ve hem de yeni girişimler için bir belirsizlik anlamına gelmektedir. Yine de bu engellerin aşılması ile beraber LEO uydu takımlarının tüm dünya için yeni teknolojik, ekonomik ve sosyal fırsatlar oluşturabilmesi mümkün gözükmemektedir.

Geçen yıl 20 Mayıs'ta yayınladığı bir raporla saygın bilimsel dergilerden NATURE, LEO Uydu takımları ile ilgili bir başka hususa dikkat çekmiştir. Raporla göre mega LEO uydu takımlarının hızlı gelişimi ve uydu sayısının artması, astronomi (gözlemleri etkilemesi vb.), dünya yörüngesi (uzay çöpleri vb.) ve Dünya'nın üst atmosferine (meteoritlerin sebep olduğundan daha fazla alüminyum tutulmasına sebep olması vb.) yönelik riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda, on binlerce uydunun etkilerini hesaba katan bir düzenleyici sistemle birlikte uluslararası iş birliğine acilen ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir^{lxxvii}.

Almanya'da Temel Bilimler ve Politikaları konularında araştırmalar yapan Uluslararası Güvenlik İşleri Enstitüsü Nisan 2021'de Daniel Völsen tarafından kaleme alınan 'Uzaydan İnternet Hizmetleri: Yeni Uydu Bağlantıları Küresel İnternet Yönetişimini Nasıl Etkileyecek' başlığıyla 35 sayfalık kapsamlı bir rapor yayınlamıştır^{lxxviii}. Raporla, şimdilik, mega uydu takımları için birçok şirketin son derece iddialı planlarının uygulanıp uygulanamayacağına henüz netleşmediğine dikkat çekilirken, ilgili tüm şirketlerin çok sayıda teknik ve ekonomik zorluklarla karşılaşabileceği belirtilmektedir. Buna mukabil, bu zorlukların üstesinden gelirlerse, internet erişimi, nternet altyapısının güvenliği ve esnekliği ve küresel internet yönetişiminde gücü elinde bulundurma konularında birçok sorunun ortaya çıkabileceği anlatılmaktadır.

6. İhtiyaçlar

Teknoloji Geliştirme ve Uygulamaları Çalışma Grubu kapsamında belirlenen ihtiyaçlar Tablo 8'de sunulmaktadır:

İhtiyaç	Zaman Boyutu Acil: 0-1 yıl Kısa: 1-2 yıl Orta: 2-5 yıl Uzun: 5 yıldan sonra
Yerli ve milli bir LEO haberleşme sisteminin kurulması için çalışmalar yapılması.	Uzun
LEO sistemleri üzerinden sunulacak hizmetlere yönelik kullanılacak yer terminalleri ve benzeri ekipmanların yurtiçinde tasarlanarak üretime hazır hale getirilmesine yönelik çalışmalar yapılması.	Kısa
Milli bir servis sağlayıcıya sahip olunmasına yönelik çalışmalar yapılması (Uluslararası ortaklıklar yoluyla da olabilir).	Kısa
3GPP standardizasyonu doğrultusunda 5G ve ötesinin karasal olmayan ağlarda kullanımına yönelik baz istasyonu gereksinim ve ürün geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi.	Orta
Uydulara yörüngede yakıt ikmali, muayene, bakım, onarım, yenileme vb. lojistik destek hizmetleri ile görev ömrü uzatımı sağlayacak teknolojilerin geliştirilmesi için çalışmalar yapılması.	Uzun
Görevini tamamlamış veya başarısızlık sonucu görevini yapamamış enkaz halindeki uydu ya da fırlatıcı kademelerinin yörüngeden çıkarılmasını sağlayacak teknolojilerin geliştirilmesi için çalışmalar yapılması.	Uzun

Kullanıcı erişiminde ek gecikme yaratmayacak protokollerin tanımlanması, uygulanması.	Kısa
Milli NTN geliştirme durumu için uzay kesimi, yer kesimi ve kullanıcı kesimi konularında teknik çözüm çalışmalarının belirlenmesi.	Uzun
LEO uydu hizmetlerinde ülke bilgi güvenliğinin sağlanması için gerekli teknolojik önlemlerin alınmasına yönelik çalışmaların yapılması.	Kısa
Karasal şebekelerle (TN) karasal olmayan şebekeler (NTN) arası geçişlerin hangi parametrelerle ve önceliklendirmeye yapılacağına yönelik çalışmaların yapılması.	Kısa
LEO sistemlerinde uçtan uca (E2E) güvenliğin sağlanması için veri yönlendirme rotalarının ve trafiğin takip edilebilir olmasına yönelik çalışmalar yapılması.	Kısa
Milli genişbant imkanları ve Uydu/HAPS sistemlerinin entegrasyonuna yönelik çalışmalar yapılması.	Kısa
LEO ve HAPS sistemlerinin 5G ve ötesi şebekeler ile uyumlu ve entegre çalışabilmesi için yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılması.	Orta

Tablo 8: Teknoloji Geliştirme ve Uygulamaları Çalışma Grubu Kapsamında Belirlenen İhtiyaçlar

Regülasyonlar, Standartlar ve Güvenlik Çalışma Grubu kapsamında belirlenen ihtiyaçlar Tablo 9'da sunulmaktadır:

İhtiyaç	Zaman Boyutu Acil: 0-1 yıl Kısa: 1-2 yıl Orta: 2-5 yıl Uzun: 5 yıldan sonra
Bilgi güvenliği ve ülke güvenliği açısından konunun incelenerek olası tehditlere karşı adımların önceliklendirilerek atılmasına yönelik çalışmalar yapılması.	Kısa
Uluslararası uzay hukuku ile uyumlu, ulusal uzay mevzuat çalışmalarının, LEO haberleşme uydularının fırlatma ve yörüngedeki faaliyetlerini de düzenleyecek şekilde yapılması amacıyla çalışmalar yapılması.	Orta
LEO uydular özelinde, sunulan hizmetlerin niteliği ve mevcut pazarlara etkisine ilişkin değerlendirmelerin yapılmasına ve ihtiyaç tespit edilmesi halinde elektronik haberleşme mevzuatı/yetkilendirme ve ilgili mali mevzuata yönelik ilave çalışmaların yapılması	Acil-Kısa
LEO Haberleşme hizmetlerinin sadece şu anki durumundan ziyade 5-10 yıllık öngörüler çerçevesinde teknik, mali ve diğer yükümlülüklerin, ülke sathında hizmet sunan operatörlere uygulanmakta olan yükümlülükler dikkate alınarak belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılması (ülke stratejileri kapsamında mevcut operatörlerimizi de dahil edecek bir senaryo ortaya çıkması halinde bu yükümlülüklerin ilgili stratejiler ve yapılan yatırımlar çerçevesinde değerlendirilmesi)	Acil-Kısa
LEO uydularla entegre HAPs ve yer sistemlerinde Milli ürün kullanımının teşvik edilmesine yönelik çalışmalar yapılması	Kısa
Uydu sistemi ve haberleşme, karasal olan şebekelerle karasal olmayan şebekelerin	

entegrasyonu noktalarında Siber Güvenlik ile ilgili bir zafiyet olmaması için konunun detaylı araştırılması, ayrıca bilgi güvenliğine ilişkin tedbirlerin de kontrol ve analiz edilmesi amacıyla çalışmalar yapılması.	Acil-Kısa
Elektronik haberleşme mevzuatı yanı sıra ilgili diğer mevzuatta da (Rekabet Kanunu, KVKK, Kamu İhale Kanunu, tüketici mevzuatı, gümrük mevzuatı, vergi mevzuatı vb mevzuatta) bu teknolojinin teknik özellikleri kapsamında değerlendirme yapılması, uluslararası yükümlülüklerimiz ve mevcut uluslararası düzenlemelerle uyum içinde, ülkemiz çıkarlarını da gözeterek milli uzay mevzuatı çalışmalarının yapılması	Kısa
Altyapı hizmetlerinde maliyet avantajı sağlayabilecek ve hizmetin iyileştirilmesini sağlayacak ortak çözümler için uygun ekosistemin ve işbirliklerinin kurulmasının teşvik edilmesine yönelik çalışmalar yapılması (mobil şebekemizde altyapımız olmayan yerlerde 5G ve sonrası 6G için uydu altyapılı transmisyon)	Kısa
Kırsalda sunulacak uydu hizmetinin mevcut teknolojiler ve 5G şebekesi ile çakışma ihtimaline yönelik bir çalışma yapılması	Kısa
Türkiye'nin jeopolitik konumu kullanılarak bölgesel HUB noktası olmasının sağlanmasına yönelik çalışmalar yapılması	Kısa
5G Ötesi (6G vs.) teknolojilerinin standartlarının oluşturulması için faaliyetlere devam edilmesi	Uzun
Evrensel hizmet, afet ve acil durumlarında kesintisiz hizmet sunumu bakımından LEO uydu çözümlerinin alternatif olarak değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapılması.	Orta

Tablo 9: Regülasyonlar, Standartlar ve Güvenlik Çalışma Grubu Kapsamında Belirlenen İhtiyaçlar

7. Sonuç ve Değerlendirme

On yıllardır, uydu haberleşme sektöründe yer alan kamu ve özel sektör temsilcileri LEO ve GEO uydularının haberleşme sağlamada etkisini tartışmaktadır. Maliyet, kapsama, sürdürülebilirlik, rekabet ve diğer çeşitli konularda var olan tartışmalar, sunulan çözümler ve yaşanan kısıtlamalar ışığında devam etmektedir. Teknolojik ilerlemeler ve değişen ihtiyaçlar doğrultusunda da bu tartışmalar içerik olarak değişmekte ancak sürekliliğini devam ettirmektedir.

Radyo ve televizyon yayıncılığı başta olmak üzere veri haberleşmesi, ses haberleşmesi, askeri haberleşmeler, konumlama uygulamaları gibi birçok kullanım alanı olan GEO uydular, yüksek bir irtifada olmaları nedeniyle daha uzun bir gecikme süresine sahiptirler. Ayrıca geniş kapsama alanlarına rağmen bütün dünyaya hizmet sunabilme açısından tek başlarına yeterli gelmemektedirler.

Yaşanan teknolojik ilerlemeler ve özellikle 5G / IoT (Internet of Things) alanındaki gelişmelerle birlikte değişen ihtiyaçlar / talepler doğrultusunda LEO uyduların önemi son on yılda daha da öne çıkmaya başlamıştır. Böylece dünyanın her yerinde artan kullanıcı ihtiyaç ve taleplerini karşılama adına LEO uyduların daha düşük gecikmelerle kesintisiz haberleşme sağlamaya imkân tanınması, haberleşme ağlarının bu altyapı üzerine kurulması konularını da gündeme getirmiştir. Özellikle 5G teknolojisinin beraberinde getirmesi planlanan IoT uygulamalarının hem pazar olarak önemli bir yer edineceği hem de mevcut altyapılarda köklü bir değişikliğe yol açacağı düşünülmektedir. Bu noktada LEO uydular üzerinden altyapı kurma planları olan dünyanın önemli teknoloji firmalarının çalışmaları ile birlikte yeni kırılımların yaşanması kuvvetle muhtemel olan bu alan bir fırsat olduğu kadar bir tehdit olarak da değerlendirilebilir. Konunun tüm paydaşlar tarafından doğru bir şekilde konumlandırılması için atılması gereken adımların ülke olarak zamanında ve doğru bir şekilde atılması son derece elzem görülmektedir. Bununla beraber bu yeni duruma yönelik çözüm önerileri geliştirmek ve Türkiye için uygun bir iş modeli geliştirerek adımların süratle atılmasının gerektiği değerlendirilmektedir.

LEO üzerinden sunulan hizmetlerin geleneksel hizmetlere tamamlayıcı bir niteliği bulunduğu ifade edilmekle birlikte, orta ve uzun vadede maliyetlerinin düşmesiyle beraber nüfus yoğunluğu düşük olan belirli bölgedekiler de dahil abone tercihlerinin farklılaşması ve ikame etkisi yaratması söz konusu olabilecektir. Bu hizmetlerin sunumuna ilişkin politikalar belirlenirken ulusal güvenlik, ülkemiz verisinin ülkemizde kalması, kişisel verilerin korunması konularında söz konusu politikaların daha hassas bir incelemeye tabi olması gerekebilecektir. Buna ilaveten fırlatılan uydu sayısının çokluğu (Bkz: Tablo-2) ve bu uyduların LEO'da yer almaları nedeniyle bu hizmetlerin sağladıkları teknik avantajlar incelenerek son kullanıcı tarafında daha yaygın kullanım imkânı sunabilme potansiyeli de olduğundan, pazardaki rekabet üzerine etkisi de dikkate alınmalıdır.

Bu kapsamda ABD merkezli Apple şirketinin ilerleyen dönemlerde piyasaya sürmeyi planladığı yeni telefonlarda doğrudan uydu bağlantısı kurabilme özelliği de bulunacağı anlaşılmakta olup^{lxxix}, mobil telefonların yer istasyonuna ya da bir karasal şebekeye ihtiyaç olmadan doğrudan doğruya 3GPP 5G NR destekli uydulara erişiminin söz konusu olabileceği görülmektedir. Bu durum, belirli bir vadede, teknolojinin mevzuat tarafından kontrol edilememesi sonucunu doğuracaktır. Starlink ve OneWeb çözümleri anılan şirketlere özel çözümler olup 3GPP 5G NR direkt erişim sağlamamaktadır. İnternet erişimi için her firmanın kendi cihazının kullanılması gerekmektedir. Fakat 3GPP 5G NR Rel-17 desteği ile tüm diğer telefon üreticilerinin cihazlarının da direkt olarak NTN destekli uydulara bağlanmasının önü açılacaktır. Bilahare (bugün NB-IoT ve LTE-M vb. teknolojilerle hizmet verilen) IoT uygulamaları da kolayca LEO'daki uydular üzerinden gerçekleştirilebilecektir. Dahası LEO uydusu şirketlerinin kendi (Amazon Kuiper ve AWS) ya da başka şirketlerin bulut bilişim platformları (Starlink ve Microsoft Azure) ile entegre olmak üzere anlaşmalar imzalamalarının Türkiye'nin verisinin Türkiye'de kalmasını zorlaştırabileceği değerlendirilmektedir.

Bunun yanında, söz konusu teknolojinin sağlayacağı fırsatları da değerlendirmek ve ortaya çıkacak ekonomik ve sosyal faydalardan mahrum kalmamak önem taşımaktadır. Konumlarından bağımsız olarak her yerde kapsama alanını destekleyen uydu platformları, zorlu coğrafi koşullarda uygun bağlantı çözümü sağlamaktadır. LEO uydu teknolojisine yatırım yapan şirketlerin sunduğu servislere bakıldığında, bu hizmetlerin karasal haberleşme şebekelerinin ulaşamadığı alanları hedeflediği görülmektedir. Bu anlamda, tüm kullanım alanlarında karasal şebekelere tamamlayıcı hizmetler olarak sunacağı fırsatları değerlendirmek de yerinde olacaktır. Öncelikle, afetlerle mücadele, erken uyarı sistemleri ve acil durum

haberleşmesi ile kırsal kapsamayı sağlayacak evrensel hizmet çözümlerinin uygun maliyetlerle karşılanabilmesi gibi konularda fırsat olarak değerlendirilmesi mümkündür. Bunun yanı sıra kapsama alanı dışında kalan bölgeler için mobil backhaul hizmeti, mobil şebekenin erişim alanının genişletilmesi, kurumsal çözümler için yüksek kapasiteli transport hizmeti, yedeklilik için kapasite sağlanması ve nesnelerin interneti hizmetlerinin kapsama alanı dışında yürütülmesi gibi farklı kullanım alanlarında operatörleri desteklemesi beklenmektedir.

Bu kapsamda uluslararası arenada rekabet edebilecek ve kendi geliştirebileceğimiz yerli ve milli ürünlerle uzay yarışından pay alabilmemize yönelik strateji ve politikaların geliştirilerek uygulanmasının önem arz ettiği değerlendirilmektedir.

Bu çerçevede, tüm ilgili kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşlarının (Bkz: Tablo 5) katılımıyla somut adımlar atılmasının ve yeni teknolojilerin hayata geçirilmesinin ülkemizi, uzay çalışmalarındaki yarışta söz sahibi olma hedefine taşıyacağı değerlendirilmektedir.

Konunun tüm paydaşlar tarafından doğru bir şekilde konumlandırılması için bir farkındalığın oluşması; atılması gereken adımların ülke olarak zamanında ve doğru bir şekilde atılması ve hizmetlere ilişkin değerlendirmelerin aşağıdaki konu başlıkları özelinde yapılmasında fayda görülmektedir:

- Haberleşme güvenliği ve ulusal güvenlik üzerindeki etkileri
- Veri güvenliği, kişisel veriler ve ülke verisi üzerindeki etkileri
- Siber güvenlik konusundaki etkileri
- Mevcut elektronik haberleşme altyapıları, işletmeciler, Pazar ve yetkilendirme üzerindeki etkileri
- 5G yetkilendirme süreci üzerindeki etkiler
- Yerli 5G üretim süreçleri üzerindeki etkileri
- Ülkemizin uzay çalışmaları üzerine etkileri

Dünyada yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak Türkiye'nin hazırlıklarının tamamlanması ve geç kalmadan bu teknolojilere ilişkin stratejisini belirlemesi ve gerekli adımların atılmasına yönelik çalışmalar önemli değerlendirilmektedir. Ancak bu noktada dünyadaki örneklerinde de görüleceği üzere yürütülen projelerin yapılarının ve dolayısıyla finansal ihtiyaçlarının oldukça büyük olması nedeniyle kamu ve özel sektör temsilcileri ile iş birliklerine ihtiyaç duyulmakta ve uluslararası iş birliklerinin de uygunluğu değerlendirilmektedir.

Bu noktada doğru zamanlama ve yetkilendirme politikalarının belirlenmesi kritik önem taşımaktadır. Bu şekilde, söz konusu hizmetlerin ülkemiz mevzuat ve politikalarına uyumunun sağlanması ve mevcut pazar dinamiklerinin ve elektronik haberleşme altyapılarının etkinliğinin korunması mümkün olabilecektir. Ayrıca söz konusu politikaların yeni teknolojik gelişmelerin önünü açabileceği, küresel LEO uydu firmalarıyla iş birliklerini teşvik edecek bir yaklaşımın da ülkemizin hem ekonomik hem de sosyal anlamda gelişimine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, insanoğlunun uzay serüveninde yeni bir dönüm noktası olabilecek bu aşamada elde edilecek kazanımlar iklim değişikliği, demografik kalkınma, göç, kaynak sıkıntısı, çatışmalar ve felaketler, enerji, dijital bölünme ve sağlık gibi küresel sorunlarla başa çıkmak için bir araç olarak kullanılabilir. Bu sürecin henüz başındayken karar vericiler için de kritik dönem başlamış durumdadır. Bu kritik dönem de doğru karar verme ve politika oluşturma, ülkemizin geleceği açısından son derece büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla milli bir NTN sisteminin geliştirilmesi kapsamında öncelikli olarak yapılması gereken çalışma, hedeflerin ilgili kurum ve kuruluşlarca ortaklaşa olarak istişare edilmesi ve ihtiyaçların belirlenmesidir. Daha sonra ülkemizdeki kabiliyet ve altyapılar göz önünde bulundurularak ihtiyaçlara yönelik teknik çözümlerin geliştirilmesi hususunda çalışmaların başlatılması gerekmektedir. Milli NTN'ye yönelik olarak sunulacak teknik çözümün uzay kesimi, yer kesimi ve kullanıcı kesimi bileşenlerinden oluşacağı ve bu bileşenlerin geliştirilmesiyle ilgili faaliyetlerde bulunan kurum ve kuruluşların da çalışmalarda yer alabileceği değerlendirilmektedir.

Katılımcı Kurum ve Kuruluşlar

Türkiye Uzay Ajansı'nın koordinasyonunda gerçekleştirilen Çalışma Grubu toplantılarında yer alan ve “Karasal Olmayan Şebekeler Kapsamında LEO Haberleşme Uydu Sistemleri” dokümanının hazırlanmasına katkı veren kurum ve kuruluşların listesi aşağıda sunulmaktadır:

- Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi
- Savunma Sanayi Başkanlığı
- Millî Savunma Bakanlığı
- Ticaret Bakanlığı
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
- Türkiye Uzay Ajansı
- TÜBİTAK Başkanlık
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
- TÜBİTAK UZAY
- ASELSAN
- ROKETSAN
- STM
- TURKCELL
- TUSAŞ
- TÜRK TELEKOM
- TÜRK SAT
- ULAK HABERLEŞME A.Ş.
- VODAFONE

Kaynakça

- ⁱ Satellite Handover Techniques for LEO Networks, E. Papapetrou, S. Karapantazis, G. Dimitriadis, F-N. Pavlidou, University of Ioannina, International Journal of Satellite Communications and Networking 22(2):231 – 245, March 2004
- ⁱⁱ “About NewSpace”, www.newspaceglobal.com, 2021
- ⁱⁱⁱ Wörner Jan, “Space 4.0' Can Help EU Overcome Its Challenges”, The Parliament Magazine, 04 March 2016
- ^{iv} US Federal Aviation Administration (FAA), The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018
- ^v “NewSpace, The Alternative Route to Space”, www.hobbyspace.com, 2021
- ^{vi} “Space Frontier Foundation”, www.spacefrontier.org, 2021
- ^{vii} *Space Economy Report, Euroconsult, 2021*
- ^{viii} Prospects for the small satellite market, Euroconsult, 2021
- ^{ix} <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/696521/sdwp-076-digital-connectivity-low-earth-orbit-satellite.pdf>
- ^x UAE announces plans for radar satellite constellation and space fund, <https://spacenews.com/uae-announces-plans-for-radar-satellite-constellation-and-space-fund/>
- ^{xi} South Korea’s Hanwha to expand space business portfolio with rocket development, <https://spacenews.com/south-koreas-hanwha-to-expand-space-business-portfolio-with-rocket-development/>
- ^{xii} Large LEO satellite constellations: Will it be different this time?, <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/large-leo-satellite-constellations-will-it-be-different-this-time>
- ^{xiii} Bkz. Ekler: LEO / MEO Yörüngede Uydu Fırlatma Çalışmaları (2004 – 2024) *
- ^{xiv} 2021 Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP), January 20th, 2021
- ^{xv} “Prospects for the Small Satellite Market”, EuroConsult Report, Published: July 2020
- ^{xvi} “Prospects for the Small Satellite Market”, EuroConsult Report, Published: July 2020
- ^{xvii} <https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/PR-2021-11-29-FactsFigures.aspx>
- ^{xviii} Measuring digital development Facts and figures 2020
- ^{xix} Know, now: Know the early signals in the market and what they mean now
- ^{xx} <https://www.weforum.org/agenda/2021/11/these-are-the-top-10-emerging-technologies-of-2021/>
- ^{xxi} Liu et al., “LEO Satellite Constellations for 5G and Beyond: How Will It Reshape Vertical Domains?”
- ^{xxii} LAG Steinar, SCARNATO Barbara, Mega-Constellation Satellites On The Horizon, DNV GL, 2021
- ^{xxiii} “Leo Satellite Constellations And Broadband Access Implications”, ABI Research, Nisan 2021
- ^{xxiv} <https://www.aboutamazon.com/news/innovation-at-amazon/amazon-makes-historic-launch-investment-to-advance-project-kuiper>
- ^{xxv} <https://data.gsmaintelligence.com/research/research-2020/satellite-aims-for-blast-off-in-iot>
- ^{xxvi} <https://www.weforum.org/agenda/2021/11/these-are-the-top-10-emerging-technologies-of-2021/>,
- ^{xxvii} <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html#:~:text=Starlink%20is%20the%20name%20of,in%20this%20so%2Dcalled%2>

Omegaconstellation. <https://www.businessinsider.com/how-elon-musk-42000-starlink-satellites-earth-effects-stars-2020-10>

xxviii Trefis: Collaborate on Forecasts, “Starlink Valuation: What Could SpaceX's Starlink Service Be Worth?”, Trefis: Collaborate on Forecasts, 2021

xxix <https://oneweb.net/resources/oneweb-resume-satellite-launches-through-agreement-spacex>

xxx <https://oneweb.net/resources/eutelsat-and-oneweb-combine-leap-forward-satellite-connectivity>

xxxi <https://spacenews.com/telesat-to-order-90-fewer-satellites-for-leo-constellation/>

xxxii Space News, <https://spacenews.com/thales-alenia-selected-to-build-telestats-broadband-constellation>, 2021

xxxiii <https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2021/08/government-of-canada-announces-144-billion-investment-in-telestat-supporting-the-future-of-connectivity-for-rural-and-remote-communities.html>

xxxiv <https://www.cnn.com/2021/11/05/space-companies-ask-fcc-to-approve-38000-broadband-satellites.html>

xxxv [5G için Uydu ve Karasal Ağ \(SaT5G\), https://5g-ppp.eu/sat5g/#:~:text=SaT5G%3A%20Satellite%20and%20Terrestrial%20Network%20for%205G&text=The%20project%20vision%20was%20to,opportunities%20for%20satcom%20in%20industry%20stakeholders](https://5g-ppp.eu/sat5g/#:~:text=SaT5G%3A%20Satellite%20and%20Terrestrial%20Network%20for%205G&text=The%20project%20vision%20was%20to,opportunities%20for%20satcom%20in%20industry%20stakeholders)

xxxvi SES, <https://www.ses.com/press-release/us-dod-contracts-full-o3b-meo-beam-and-services-ses-government-solutions>, 2018

xxxvii <https://advanced-television.com/2021/10/18/rwanda-files-with-itu-for-327000-satellites/>

xxxviii Rwanda submits ITU filing for constellation of 327,320 satellites – 27 orbital shells at 550-640 km, <https://africanews.space/rwanda-has-submitted-itu-filing-for-27-orbital-shells-of-327320-satellites/>

xxxix [OneWeb raises \\$1.25 billion from Rwandan Govt and others; to mass-produce high-speed internet satellites](https://www.oneweb.net/press-releases/one-web-raises-1-25-billion-from-rwandan-govt-and-others-to-mass-produce-high-speed-internet-satellites)

xl <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-12-european-space-and-digital-players-to-study-build-of-eus-satellite>

xli [Space: EU initiates a satellite-based connectivity system \(europa.eu\)](https://www.europa.eu/press-communication/infographic/2021/01/space-eu-initiates-a-satellite-based-connectivity-system)

xlii <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2020/06/26/how-project-blackjack-is-turning-the-corner/>

xliiii <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/blackjack>

xliv <https://breakingdefense.com/2020/06/darpa-blackjack-jumps-forward-with-payload-bus-demo-awards/>

xlv Technology Outlook 2030, Det Norske Veritas GL AS, 2021

xlvi <https://www.3gpp.org/specifications/releases>

xlvii MDPI, “Large Constellations of Small Satellites: A Survey of Near Future Challenges and Missions”, 7 Eylül 2020.

xlviii DGAP-Adhoc: Mynaric AG: Mynaric gibt Einstellung der Geschäftsaktivitäten auf dem chinesischen Markt bekannt (deutsch), *Finanznachrichten* (online), 30 July 2020, <http://bit.ly/3qSI1FP>

xlix Jonathan's Space Pages, <https://planet4589.org/space/stats/conlist.html>

¹ Statement: Non-geostationary satellite systems – licensing updates (ofcom.org.uk) s.2

^{li} <https://spacenews.com/uk-mulls-starlink-expansion-plan-under-new-ngso-regulations/>

^{lii} <https://www.indiatoday.in/technology/news/story/elon-musk-backed-starlink-broadband-pre-booking-could-be-blocked-in-india-as-company-faces-regulatory-hurdles-1786380-2021-04-02>

- ^{liii} <https://gadgets.ndtv.com/internet/news/oneweb-hughes-india-satellite-broadband-internet-service-network-six-year-deal-pact-2719015>
- ^{liv} [Consultation Paper on Licensing Framework for Satellite-based connectivity for low bit rate applications | Telecom Regulatory Authority of India \(tra.gov.in\)](#)
- ^{lv} <https://www.tesmanian.com/blogs/tesmanian-blog/starlink-germany>
- ^{lvi} <https://www.irishtimes.com/business/technology/elon-musk-being-allowed-to-make-the-rules-in-space-esa-chief-warns-1.4747768>
- ^{lvii} <https://arstechnica.com/science/2021/01/russia-may-fine-citizens-who-use-spacexs-starlink-internet-service/>
- ^{lviii} FCC's new rules encourage greater spectrum sharing between LEO satellites and existing technologies, OMDIA, 2022
- ^{lix} Türkiye Uzay Ajansı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, Kararname Sayısı: 23, 13/12/2018 tarih ve 30624 sayılı Resmi Gazete
- ^{lx} Türkiye Uzay Ajansı, <https://tua.gov.tr/tr/milli-uzay-programi>, 2021
- ^{lxi} <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/index.html>
- ^{lxii} https://www.esa.int/About_Us/ECSL_-European_Centre_for_Space_Law/About_space_law
- ^{lxiii} <https://www.unoosa.org/oosa/en/treatyimplementation/index.html>
- ^{lxiv} <http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/12732.pdf>
- ^{lxv} <https://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k5153.html>
- ^{lxvi} <https://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k5150.html>
- ^{lxvii} <https://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k5151.html>
- ^{lxviii} <http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/12732.pdf>
- ^{lxix} <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-space-programme/#:~:text=In%20April%202021%2C%20the%20Council,space%2Drelated%20dat a%20and%20service>
- ^{lxx} [proposal_regulation_union_secure_connectivity_programme.pdf](#) (europa.eu)
- ^{lxxi} <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-08-30/apple-plans-to-add-satellite-features-to-iphones-for-emergencies>
- ^{lxxii} <https://www.analysismason.com/research/content/data-set/leo-satellite-tracker-rma18/>
- ^{lxxiii} LAG Steinar, SCARNATO Barbara, Mega-Constellation Satellites On The Horizon, DNV GL, 2021
- ^{lxxiv} Leo Satellite Constellations And Broadband Access Implications”, ABI Research, Nisan 2021
- ^{lxxv} <https://spacenews.com/british-government-and-bharti-global-buy-oneweb-plan-1-billion-investment-to-revive-company/>
- ^{lxxvi} *Morgan Stanley Research, SpaceX: Raising Valuation Scenarios Following key Developments, Ekim, 2020*
- ^{lxxvii} [Satellite mega-constellations create risks in Low Earth Orbit, the atmosphere and on Earth](#)
- ^{lxxviii} <https://www.swp-berlin.org/10.18449/2021RP03/>
- ^{lxxix} <https://www.fiercewireless.com/wireless/apple-working-secret-satellite-wireless-tech-initiative-report>



İşçi Blokları Mahallesi Muhsin Yazıcıoğlu Cad.
No:51/C Çankaya/ANKARA

www.tua.gov.tr