

**TÜRKİYE UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİNDEKİ
GELİŞMELER VE GPS UYGULAMALARI**

Yüksek Lisans Tezi

Murat TOPCU

Eskişehir, 2017

**TÜRKİYE UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİNDEKİ GELİŞMELER VE
GPS UYGULAMALARI**

Murat TOPCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Havacılık Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalı
Danışman: Yard. Doç. Dr. Gülay ÜNAL**

**Eskişehir
Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Ocak, 2017**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Murat TOPCU'nun “**Türkiye Uydu Haberleşme Sistemlerindeki Gelişmeler ve GPS Uygulamaları**” başlıklı tezi 04/01/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, **Havacılık Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı – Adı – Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı) :	Yard. Doç. Dr. Gülay ÜNAL
Üye :	Prof. Dr. Aydan CAVCAR
Üye :	Prof. Dr. Gökhan ÇINAR

Prof. Dr. Nedim DEĞİRMENCİ
Enstitü Müdürü

ÖZET

TÜRKİYE UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİNDEKİ GELİŞMELER VE GPS UYGULAMALARI

Murat TOPCU

Havacılık Elektrik ve Elektronik Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak, 2017

Danışman: Yard. Doç. Dr. Gülay ÜNAL

Bu çalışmada uydu ve uzay kavramı hakkında genel bir bilgi verilmiş olup, uzay çalışmalarının kısa tarihçesi ve Türkiye’de uzay çalışmalarının tarihi konuları kısaca sunulmuştur. Tarih bilgisinin ardından uzayda görev yapan insan yapımı uyduları incelemek üzere uydu tanımı, yörünge kavramı ve yörünge tipleri üzerinde durularak, yörüngelerin kullandıkları görev alanları, ön bilgi olarak belirtilmiştir. Uyduların görev yaptıkları alanlar, haberleşme, gözlem, seyrüsefer, meteoroloji, bilimsel ve arama kurtarma amaçlı uydular ana başlıkları altında toplanmıştır. Her anabaşlığın altında, bu görev alanına ait görevleri icra eden uydular ve teknolojileri hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu örnekler eski ve yeni tip teknolojileri de içerecek şekilde alt sistemleri ile birlikte verilmeye çalışılmıştır. Uzay, uydular ve teknolojilerini oluşturan bölümlerin ardından ülkemizde uzay alanında çalışmalar yapan veya yapmaya çalışan kurumlar ve ülkemiz açısından önemli Bilsat, Rasat, Göktürk ve Türksat gibi projeler hakkında genel bilgiler sunulmuştur.

Bu tezde ayrıca, Türkiye’nin bundan sonraki süreçte uzay çalışmaları bağlamında yapması gerekenler sıralanarak Ülkemiz için çıkarımlarda bulunulmuştur. Bununla birlikte, PBN yaklaşımların havacılık sistemi içerisinde varlığının artırılmasının yanı sıra Ülkemizdeki havaalanlarında yaygınlaştırılmasına vurgu yapılarak tekniğinden ve sağlayacağı faydalardan bahsedilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uydu, Uzay, GPS, GNSS, Galileo, PBN, Anten, Frekans.

ABSTRACT

DEVELOPMENTS IN SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS IN TURKEY AND GPS APPLICATIONS

Murat TOPCU

**Department of Avionics
Anadolu University, Graduate School of Sciences, January, 2017**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Gülay ÜNAL

The thesis starts with a general background on space technologies and a brief history of its development, including a review of the earlier the activities which have taken place in Turkey. Areas of use of different satellites, their orbits and general missions are described. These are grouped under the topics of communication, observation (including meteorology), search and rescue, navigation, and science. Under each topic, characteristics, typical missions, and systems are given, with examples from new and old satellites.

A brief history of space activities in Turkey is given, followed by a list and short description of the institutions in Turkey which have or may have connections with space technologies.

In this thesis, we also find out what our country should do in the context of space studies in the future. However, it emphasizes the expansion of the PBN approach within the aviation system as well as the expansion in the airports in our country, and the technique and benefits it provides are mentioned.

Keywords: Satellite, Space, GPS, GNSS, Galileo, PBN, Antenna, Frequency

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmanın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde intihal içermediğini beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun tespit edilmesi durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

.....

Murat TOPCU

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamın her aşamasında sürekli yanımda olan, beni yönlendiren, tez konumu belirlemem de yol gösterici olan ve beni bu konuda cesaretlendiren, her konuda desteğini, bilgi ve birikimini esirgemeyen, bir danışmandan beklenenden ziyadesiyle farklı bir yerde bulunan çok değerli danışmanım Yard. Doç. Dr. Gülay ÜNAL'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bununla birlikte, tezimin yapımının her aşamasında beni teşvik edici davranan, bilimsel kişiliğinden ve deneyimlerinden fazlasıyla istifade ettiğim, eleştirileriyle yol göstericilik yaparak adeta ikinci danışmanım olduğunu hissettiren Yard. Doç. Dr. Erdal DURSUN'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, akademik yönüme katkı sunmalarının yanı sıra bu yönde çalışmalar gerçekleştirmem yönünde bana devamlı surette telkinde bulunan ve destek olan tüm arkadaşlarıma şükranlarımı sunuyorum.

Son olarak da, kendisi imkansızlıklar dolayısıyla herhangi bir akademik eğitim alamamasına karşın bana her zaman eğitim ve bilginin önemi ile bilenle bilmeyenin bir olmayacağı vurgusunu yapan, ayrıca hayatımın her aşamasında, başarımda olsun ve başarısızlıklarım da olsun her daim yardımlarını ve gayretlerini esirgemeyen sevgili annem Sn. Hanım TOPCU hanımefendiye şükranlarımı sunmakla birlikte bu çalışmamı kendilerine ithaf ediyorum.

Saygılarımla.

Murat TOPCU
Eskişehir, 2017

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. UYDU SİSTEMLERİ	4
2.1.Giriş	4
2.2.Uydu Sistemleri ve Tarihi Gelişimi	4
2.3.Uyduların Yapısı.....	8
2.4.Uydu Yörüngeleri	15
2.4.1. Uydu yörüngesi ve bağıl hız	16
2.5.Uydu Yörüngeleri Tahsisi.....	21
2.6.Uydunun Yörüngeye Yerleştirilmesi	22
3. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ	24
3.1.Giriş	24
3.2.Uydu Haberleşme Sistemlerinin Tanımı ve Özellikleri.....	24
3.2.1. Uydu transpondırları	25
3.2.2. Yer istasyonları	26
3.2.3. Antenler.....	26
3.3.Yayıma Denklemleri.....	26
3.3.1. Horn antenleri	27
3.3.2. Yansıtıcı antenler	27
3.3.3. Lens antenler	28
3.3.4. Dizi antenler.....	28

3.4. Uydu Hat Bütçeleri	29
3.5. Uydu Haberleşmesinde Kullanılan Frekanslar	29
3.5.1. Frekans planları.....	30
3.5.1.1. Frekans paylaşımlı çoklu erişim.....	31
3.5.1.2. Zaman paylaşımlı çoklu erişim.....	31
3.5.1.3. Kod paylaşımlı çoklu erişim.....	32
3.6. Uydu Muhabere Sistemlerinin Genel Özellikleri	33
3.7. Uydu Haberleşmesinin Klasik Sistemlere Göre Üstünlükleri	35
3.8. Uydu Haberleşmesi Servis Organizasyonları	37
3.8.1. Uydu haberleşme sistemlerinin tasarımı.....	37
3.8.2. Uydu haberleşme sistemlerinin yönetimi.....	37
3.8.3. Uydu haberleşme servisleri.....	38
3.8.4. Uydu servis organizasyonları.....	39
3.8.5. Mobil uydu servis organizasyonları.....	40
4. TÜRKİYE’DE UYDU TEKNOLOJİLERİNİN DOĞUŞU VE GELİŞİM	44
4.1. Giriş.....	44
4.1.1. Türkiye’de Uydu Teknolojileri	44
4.2. Sivil Alandaki Gelişmeler	46
4.2.1. Türk Uzay Çalışmaları	46
4.2.1.1. Türkiye’de günümüze kadar yapılan uzay faaliyetleri.....	47
4.2.1.2. Türkiye uzay teknolojileri araştırma enstitüsü	52
4.2.1.3. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ile ilişkiler.....	53
4.2.2. Askeri Alandaki Gelişmeler.....	54
4.2.3. TSK’nın Uzay Çalışmaları.....	54
4.2.3.1. Türkiye uzay kurumu kuruluş çalışmaları.....	55
4.2.3.2. Milli uzay politikası çalışmaları	56
4.2.3.3. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü	57
5. TÜRK SAT UYDULARI, 1A, 2A,3A,4A,4B, BİLSAT, RASAT, İTÜPSAT VE GÖKTÜRK PROJELERİ.....	58
5.1. TÜRK SAT Uyduları	58
5.1.1. TÜRK SAT 1A, 1B ve 1C	58
5.1.2. TÜRK SAT 2A, 3A, 4A ve 4B	58
5.2. BİLSAT.....	60

5.3. RASAT.....	61
5.4. İTÜPSAT	63
5.5. GÖKTÜRK Projeleri	64
5.5.1. GÖKTÜRK – 1	65
5.5.2. GÖKTÜRK – 2	65
6. TÜRKİYE İÇİN ÇIKARIMLAR.....	68
6.1. Uzay Alanında Yapılması Gereken Faaliyetler.....	68
6.1.1. Ar – Ge Faaliyetleri	68
6.1.2. Eğitim.....	69
6.1.3. Kamu Kurumları Faaliyetleri.....	70
6.2. Türkiye Uzay Ajansı, GSA ve Eurocontrol Arasında Koordinasyon.....	71
7. GPS UYGULAMALARI.....	73
7.1. Uydu Teknolojilerine Dayalı Seyrüsefer ve Türkiye PBN Uygulama Planı....	73
7.1.1. Türkiye PBN Uygulama Planı	76
7.2. Havaalanı PBN Uygulama Örnekleri.....	78
8. SONUÇ ve ÖNERİLER	79
KAYNAKÇA.....	83
ÖZGEÇMİŞ	

TABLULAR/ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Uydu Tipleri ve Özellikleri	19
Çizelge 3.1. UHF, SHF ve EHF Frekansları Genel Bilgileri	30
Çizelge 3.2. Globalstar Haberleşme Sisteminin Frekans Bandı.....	42
Çizelge 5.1. UHF, SHF ve EHF Frekansları Genel Bilgileri	59
Çizelge 5.2. BİLSAT'ın Teknik Özellikleri	61
Çizelge 5.3. RASAT Teknik Özellikleri	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Uzay Terminallerinin Yörünge Üzerindeki Yerleşimi.....	5
Şekil 2.2. Basit Uydu Up-link İstasyonu Blok Diyagramı	10
Şekil 2.3. Basit Uydu Down-link İstasyonu Blok Diyagramı	11
Şekil 2.4. Basit Uydu Transponder Blok Diyagramı.....	11
Şekil 2.5. Uydu Genel Yapısı	12
Şekil 2.6. Uydu Konum Muhafaza Sistemi	13
Şekil 2.7. Uydu Sınıfları	15
Şekil 2.8. Yörünge Formatları	17
Şekil 2.9. Yörüngede Bir Uydu	18
Şekil 2.10. Yer Uyumlu Uydunun Yörüngeye Yerleştirilmesi	20
Şekil 2.11. Yer Uyumlu Uydunun Yörüngeye Yerleştirilmesi	23
Şekil 3.1. Uydu Haberleşme Sistemi	25
Şekil 3.2. Horn Anten	27
Şekil 3.3. Yansıtıcı Anten.....	27
Şekil 3.4. Lens Anten	28
Şekil 3.5. Dizi Anten	28
Şekil 3.6. Uydu Haberleşmesinin Gelişimi	30
Şekil 3.7. C-bandında Çalışan Intelsat V Transponderi İçin Tipik Bir Frekans Planı	31
Şekil 3.8. TDMA Zaman Planlaması.....	32
Şekil 3.9. CDMA Kodlama Tekniği	33
Şekil 3.10. EUTELSAT I ve II Serisi Uyduların Pozisyonları.....	40
Şekil 4.1. Euroconsult'un Dünya Sivil Uzay Programları Harcama Tablosu	45
Şekil 5.1. TÜRKSAT 3A.....	59
Şekil 5.2. İTÜPSAT1 Yapay Uydusu.....	63
Şekil 5.3. GÖKTÜRK – 2 Uydusu	66
Şekil 7.1. Geleneksel ve Uydu Tabanlı Sistemlere Yönelik Projeksiyon	75

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BTYK	: Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
DME	: Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measurement Equipment)
EUTELSAT	: Avrupa Uydu Haberleşme Örgütü (European Telecommunication Satellite Organisation)
ETOPS	: Çift Motorlu Uçakların Uzun Menzil için Operasyon Performans Standartları (Extended-range Twin-engine Operation Performance Standards)
GPS	: Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System)
GNSS	: Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite System)
HALE	: Yüksek İrtifa Uzun Dayanım (High Altitude Long Endurance)
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (International Civil Aviation Organisation)
ILS	: Aletli İniş Sistemi (Instrument Landing System)
INMARSAT	: Uluslararası Denizcilik Organizasyonu (International Maritime Organisation)
INS	: Ataletsel Seyrüsefer Sistemi (Inertial Navigation System)
INTELSAT	: Uluslararası Haberleşme Uyduları Organizasyonu (International Telecommunication Satellites Organisation)
IRS	: Ataletsel Referans Sistemi (Inertial Reference System)
ITU	: Uluslararası Haberleşme Birliği (International Telecommunication Union)
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration)
NDB	: Yönlendirilmemiş Radyo Yayıncısı (Non – directional Beacon)
MALE	: Orta İrtifa Uzun Dayanım (Medium Altitude Long Endurance)
PBN	: Uyduya Dayalı Seyrüsefer (Performance Based Navigation)
R/C	: Uzaktan Kontrol (Remote Control)
RNAV	: Saha Seyrüseferi (Area Navigation)
RNP	: Gerekli Seyrüsefer Performansı (Required Navigation Performance)
RPM	: Dakikadaki Dönüş Sayısı (Revolutions Per Minute)

SID : Standart Aletli Kalkış (Standard Instrument Departure)
STAR : Standart Varış Rotaları (Standard Arrival Routes)
VOR : VHF Çokyönlü Seyrüsefer Cihazı (VHF Omni – directional Radio
Range)
YKİ : Yer Kontrol İstasyonu

1. GİRİŞ

Tarihin başlangıcından bu yana toplumlar kendilerini savunmak ve varlıklarını devam ettirebilmek amacıyla çeşitli savunma araçları geliştirmişlerdir. Bir ordunun yerel ya da geniş çaplı bir çatışma ortamında başarılı olması için en önemli unsur istihbarattır.

M.Ö. 500 yılında Çinli General Sun Tzu bu konuda şöyle bir yorumda bulunmuştur; “Başkasını ve kendini bilersen, yüz kere savaşırsan tehlikeye düşmezsin; başkasını bilmeyip kendini bilersen bir kazanır bir kaybedersin; ne kendini ne de başkasını bilersen, her savaşta tehlikeydesin”.

Eski zamanlarda askeri liderler ordularını çatışma alanını gören hâkim bir tepeden yönetirlerdi. İnsanlık geliştikçe hâkim tepenin yerini önce balonlar, ardından keşfiyle birlikte uçaklar ve son olarak geçtiğimiz yüzyılın ortasında en geniş gözlem alanını sağlayan uydular almıştır [1].

Günümüz insanı artık uzayla iç içedir ve yaşamını alıştığı düzey ve kalitede sürdürebilmesi için uzaya bağımlı hale gelmiştir. Evimizdeki televizyon yayınları, Dünya'nın herhangi bir köşesinden canlı haber veya olay yayını ile gemi ve uçakların seyrüsefer amaçlı yol bulmaları gibi süreçlerin tamamı uzay ve uydu sistem teknolojileri ile doğrudan bağlantılıdır. Askeri olmayan ancak insanlığın gittikçe en temel güvenlik sorunu haline gelmekte olan iklim değişiklikleri ve Dünya'yı bekleyen diğer doğal tehlikeler konusundaki çalışmalar büyük oranda uzaya ve uydu sistemlerine dayanmaktadır.

Uzay ve uydu teknolojilerine hâkimiyet, bir ülke için bilimsel ve teknolojik üstünlüğün bir uzantısı ve göstergesidir. Tomografi, MR dâhil bugün kitlelerin yaygın kullandığı birçok teknoloji uzay ve uydu çalışmalarından kaynaklanmıştır. Bir endüstriyel sektör olarak uzay konusuna bakıldığında Dünya'da yıllık iş hacminin yaklaşık 100 milyar dolar olduğu ve bunun birkaç uzay yetenekli ülke tarafından paylaşıldığı görülmektedir. Burada önemli olan yalnız ekonomik getiri değil, bununla birlikte sağlanan kontrol ve güvenlik ortamı, yeni askeri yetenekler ve politik güçtür. 21 nci yüzyılda birkaç saniyenin insan yaşamını tehdit ettiği günümüzde, uzun raporların gönderilip cevaplandırılması için yitirilecek zaman kalmamıştır. Bilginin edinilmesi, saatler ya da dakikalar süren bir işlem niteliğinden çıkmış, saniyelere sığdırılmaya başlanmıştır. Bunun doğal sonucu olarak; düşmana ait bilgiye gerçek zamanda erişmek ve yine gerçek zamanda tüm kuvvetlerle haberleşmek zorunlu olmaktadır [2].

Uydular, birkaç yüz gramdan onlarca tona kadar değişen kütlelerde ve görevlerine göre her biri farklı şekillerde kullanılan, iletişim sistemlerini kullanarak yer istasyonu ile haberleşme ve bunları gerçekleştirirken uzayın son derece zorlu ortam koşullarından etkilenmemek için birçok elektronik ve mekanik alt bileşenden oluşan uzayda bir yörüngeye sahip olan insan tasarımı yapılarıdır. “Faydalı yük” uyduyu uzaya yollamamızın başlıca nedenidir. Ancak bu, diğer alt sistemlerin faydasız olduğunu göstermez. Diğer alt sistemler faydalı yüke gerekli enerji ile çalışabilmesi için gerekli koşulları sağlamak ve ürettiği verileri yer istasyonuna aktarmak gibi kritik görevler üstlenir. Uzayın derinliklerini fotoğraflayan Hubble Uzay Teleskobu’nun faydalı yükü 2,4 metre çapında bir teleskoptan oluşan görüntüleyicisidir. Hubble örneğinde olduğu gibi, uydunun diğer alt sistemlerinin dev bir faydalı yükün “çevresine” monte edilmesi sıkça karşılaşılan bir durumdur [3, 20].

İnsanlığın haberleşme serüveni, 10 yıl önce bir hayal olarak görülen tek bir haberleşme cihazı ile dünyanın her yerinden haberleşebilme olanağı bugün gerçekleşmiştir. Bugün “küresel haberleşme sistemleri” ile dünyanın her yerinden ve cep telefonunun ilkel prototipi bile olsa, tek bir telefon aparatı ile haberleşme yapmak mümkündür.

Üstelik küresel haberleşme sistemleri ile haberleşmede amaçlanan hedef kitle, alım gücü yüksek olan kitle değil, yaşamın gündelik akışı içerisinde kaynakları kıt olan ve çoğunluğu oluşturan kitledir.

Günümüzde kullanılan ve belki de gelecekte son derece ilkel olarak tanımlanacak olan devre bağlantıları ve şebeke bağlantıları, gitgide gelişecek, ışık hızına doğru yol alacak bir süreçte, inanılmaz boyutlara ulaşacaktır.

Bu projeksiyonların ortaya çıkardığı gerçek ise, haberleşme ortamlarının da bilgisayarlar gibi çoğalacağı, küçüleceği ve erişimin son derece hızlı olacağıdır.

Teknolojideki süratli gelişmeler ve bu gelişmelerin savunma ve askeri alana yansması, bir harekâtın başarısının ancak etkili bir Komuta-Kontrol sistemine sahip olmakla mümkün olabileceğini göstermiştir. Başarı, siyasal ve sayısal üstünlüğe dayalı bir kuvvet yapısına sahip olmanın yanı sıra mevcut teknolojik gelişmeleri etkin ve verimli bir şekilde ve birbiri ile uyumlu olarak kullanıma imkân verecek teknolojik ve gelişmiş sistemlere sahip olmayı gerektirmektedir. Bu sebepten dolayı günümüzün gelişen teknolojik ortamı içinde de savunma amaçlı yapılacak olan her türlü harekâta da gelişen teknoloji ve sistemleri kullanılmalıdır.

Uydu Haberleşme Sistemleri, diğer muhabere vasıtaları ile haberleşmenin sağlanamadığı arazi şartlarında dahi haberleşmeye olanak vermeleri itibarıyla diğer haberleşme sistemlerine nazaran önemli bir üstünlüğe sahiptir. Ayrıca, uydu sistemlerinde sayısal (Dijital) teknolojinin kullanılması, sistemi oluşturan teçhizatın boyutlarının küçülmesini sağlamış ve “taşınabilir” bir yapıya sahip uydu yer terminalleri ile muhabereyi kolaylıkla tesis/idame olanağı sağlamıştır. Günümüzde gelişmiş muhabere uydularına sahip olan ülkeler, her türlü arazi şartlarında kullanılabilen, taşınabilir, esnek, bağımsız ve yüksek kaliteli bir muhabere sistemine sahip olabilmektedir.

Ülkemiz şu anda haberleşme konusunda büyük ölçüde Türk Telekom ve Türk Telekom’un haberleşme hatlarına bağlıdır. Ülkemizin bağımlı olduğu Türk Telekom Haberleşme ortamı emniyet, güven, beka kabiliyeti ve kapasite itibarıyla oldukça yetersizdir. Ülkemizin sahip olduğu bu haberleşme zafiyeti gerek günlük haberleşmede gerekse savunma amaçlı yapılan haberleşmede günümüzün gelişen teknolojisi içinde iyiden iyiye artmakta ve kendisini hissettirmektedir. Bu yüzden, ülkemiz günlük ve savunma amaçlı yapılan haberleşme hatlarını ve yapı taşı olan haberleşme sistemlerini yurt çapında güvenli, esnek ve emniyetli hale getirmeye ve bu maksada yönelik projeler geliştirmeye çalışmaktadır. Günümüzün modern teknolojisi ise askeri ve sivil sektörlerdeki tüm haberleşme ihtiyaçlarının karşılanmasında uydu desteğini zorunlu kılmaktadır.

Yakın geçmişte Dünyamız üzerinde yaşanan, Körfez Savaşı ve Bosna Savaşı, uyduların askeri alanda etkin olarak kullanımına en iyi örnektir. Körfez savaşında batılı ülkelerin uydu sistemlerini etkin kullanmaları sayesinde, Irak’ın savunma sistemleri felç edilmiş ve kısa sürede savaş sona erdirilmiştir [2].

2. UYDU SİSTEMLERİ

2.1. Giriş

Dünya üzerinde herhangi iki nokta arasında güvenilir ve geniş bantlı iletişim sağlamanın iki yolu vardır: Bunlar kablosuz haberleşme sistemleri ve karasal hatlardır. Bununla birlikte, kablosuz haberleşme sistemlerinin de bir alt dalı olarak uydu sistemlerini görebilir ve inceleyebiliriz. Karasal hatlar önceden planlanıp döşenmesi gerektiğinden hareketli platformlara hizmet veremez. Telsizler ise frekansa, hava koşullarına ve güce bağlı olarak bant genişliği ve menzil kısıtlamasına sahiptirler. Uydu haberleşmesinde ise böyle kısıtlar yoktur. Diğer bir deyişle kara, hava ve deniz taşıtları ile her yerden güvenilir geniş bantlı iletişim sağlamanın tek yolu uydudan geçer. Özellikle sınır ötesi harekât için, istendiği zaman, istendiği yerden, ses yanında görüntü ve diğer verilerin canlı aktarılması ve çift yönlü hızlı iletişim isteniyorsa bu ancak uydu haberleşmesi ile mümkündür. Sadece ses ve dar bantlı veri aktarımı istense bile yine de uydu haberleşmesi, klasik kablosuz haberleşmeye göre daha ucuz ve daha güvenilir seçenektir.

Uydu sistemleri, haberleşme alanında daha hızlı ve yüksek kapasiteli ama aynı zamanda da düşük maliyetli sistemler yaratma çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır [4]. Uydu sistemleri, karasal sistemlerin kullanılmadığı veya kullanılmadığı çok geniş bir ortamı kullanan sistemlerdir. Bu kapsamda, karasal sistemlerin önemli bir bölümü, yeryüzü ile birlikte uzayın yeryüzüne yakın ve daha çok atmosfer içerisindeki bölümü kullanılır. Atmosferin dışında kalan uzayı kullanan sistemlere ise uzay uydu sistemleri denilebilir [2].

2.2. Uydu Sistemleri ve Tarihi Gelişimi

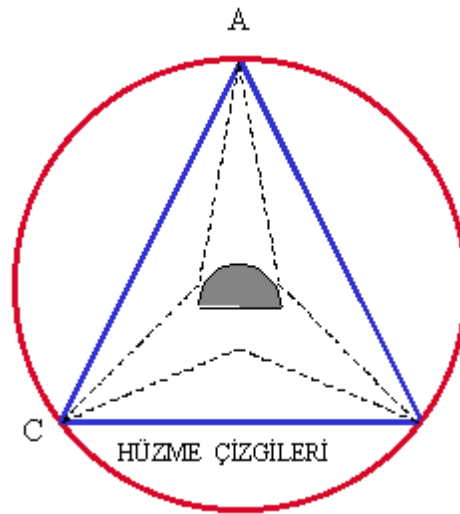
Uydu yapma fikrini ilk kez 1896 yılında Amerikalı bir rahip ortaya atmıştır. Edward Everett HALE isimindeki bu rahip “The Brick Moon” adlı eserinde gökyüzüne yerleştirilen bir uzay gemisinden bahsetmiş ve okyanuslardaki gemilere buradan yardımcı olunabileceğini yazmıştır. Uyduları kullanarak küresel iletişim fikri ise ünlü İngiliz bilim adamı ve bilim kurgu yazarı Arthur C. CLARKE tarafından Mayıs 1945'te ortaya atılmıştır. 1945 sonbaharında, İngiliz Kraliyet Hava Kuvvetleri Komutanlığı Mühendisi ve İngiliz Gezegenlerarası kurumu üyesi Arthur C. CLARKE, Telsiz Dünyası dergisine, Dünya'nın üst yörüngelerinde insansız uydularla dünyanın her yerine TV yayını

yapılabilmesi hakkında bir makale yazmıştır. Dünyanın her yerine uydularla TV yayını yapılabilmesinin hedefleri şöyle vurgulanmıştır:

- a. TV yayınları, belki de diğer uydu sistemlerinin toplamından da fazla girdi yaratarak, uydu servislerinin ana finansman kaynağı olacaktır.
- b. TV, milli ve uluslararası servis sağlayıcıları için her zaman birinci planda olacaktır.
- c. TV, kullanıcılar için de en kolay kullanılan servis olacaktır
- ç. Uydudan TV yayını en ucuz ve etkili, yüksek kaliteli ve en çok insana ulaşan servis olacaktır.

CLARKE yaptığı keşifte şunu öne sürüyordu; Ekvatorun yukarısında 36 bin km etrafında bir noktada Dünya ve uydunun aynı hız ile dönmesi gerekir. Yani, eğer bu mesafede bir noktaya uyduyu sabitleyebilirsek her an uydu ve Dünya aynı eksenle hareket ediyor gibi düşünebileceğiz. Bu varsayımın akabinde de, aynı yöntem ile üç uydu konumlandırabilirsek Dünya yüzeyinin tamamını kapsama imkanına sahip olabileceğiz [4].

Uzayda kurulması düşünülen teçhizat ve sistemlerin yörüngeye yerleşmesi ve ayarlanması amacıyla birçok yöntem denenebilecek olmasının yanı sıra Şekil 2.1’de belirtilmiş olan yöntem en kullanışlı ve basit olanıdır. Dünya yüzeyinden bakan herhangi bir gözlemci için Dünya’dan 42 bin 164 km yükseklikte ve ekvator üstünde olan uydu sistemleri sabitmişler gibi görünecektir. Aynı zamanda bu yöntem, Dünya üstünde kurulması düşünülen yönlü alıcı – verici teşkilini kolaylaştırmış olacaktır.



Şekil 2.1. Uzay terminallerinin yörünge üzerindeki yerleşimi

Kaynak: Aydın, 2006, s. 6

Aşağıdaki gösterilmiş olan meridyenler, konumlandırılacak 3 uzay istasyonunun bütün Dünya yüzeyini kapsamaları için kullanılması gereken açıl değerlerdir.

Avrupa ve Afrika'da 300° Doğu Meridyeni

Çin'de 150° Doğu Meridyeni

Güney ve Kuzay Amerika Kıtası'nda 90° Batı Meridyeni

Haberleşme alanında daha yüksek veri kapasitesine sahip ve hız olarak daha üst seviyedeki ancak bununla birlikte de maliyet açısından da daha düşük bütçeli sistemler oluşturma çalışmaları sonucunda, son yıllarda hem askeri hemde sivil alanda haberleşme amacıyla sık olarak kullanılan uydu haberleşme sistemleri ortaya çıkmıştır. Mikrodalga haberleşme ve güdümlü füze teknolojilerinde İkinci Dünya Savaşı süresince ve sonrasında birçok gelişmelerin yaşanmış olması ve bu teknolojilerin birlikte kullanılmaları yeni bir teknoloji olarak uydu haberleşme sistemlerinin meydana çıkmasına sebep olmuştur. SPUTN_K-1'in fırlatılması yapay uydu yapılması hamlesinin ilk sonucu olarak karşımıza çıkmıştır. SPUTN_K-1'in 1957'de uzaya gönderilmesi sonrasında uydu haberleşme sistemlerinin geliştirilmesi sonucunda özellikle hem elde edilecek teknolojik imkanlar hem de elde edilecek ekonomik kazanç dikkatleri çekmiş ve bunun akabinde de bu konuda araştırma ve geliştirme faaliyetlerine ilişkin verilen önemiyetin çıktısı olarak da uzay çalışmaları açısından en önemli ikinci büyük gelişme olarak 1969 senesinde ilk insanın Ay'a ulaşması olayı gerçekleşmiştir. Aslına bakacak olursak ise ilk aktif olarak görev yapan uydu [3] (Explorer-1) ise, NASA tarafından yürütülen SCORE projesi çerçevesinde yörüngesine 1958 senesinde yerleştirilmiştir. Bu bağlamda, ticari anlamda uyduların gelişmesine aracılık eden ilk uydular genellikle askeri amaçlı olarak üretilmiş ve kullanılmıştır.

1960'lı yılların başlarında uydular tarafından gönderilen verilere güven zayıf denilebilecek seviyelerde olduğundan, data aktarımı da istendiği şekilde gerçekleştirilemiyordu. Fakat, üç veri kullanımı da layıkıyla yapılamıyordu. Ancak, üç eksene sahip sabit (hareketsiz) uydu teknolojilerinin 1963'de geliştirilmesi sonrasında veri kullanım ve aktarımı da çok kullanışlı ve cazip olarak görülmeye başlamıştır.

1964 senesine gelinceye kadar, AT&T firmasına ait iki adet SYNCOM, iki adet RELAY ve iki adet de TELSTAR uyduları orta yükseklikteki yörüngelerde yani 5600 km civarında çalışmaya başlamıştı.

1965 yılının Nisan ayında, COMSAT şirketine ait ilk uydu olan EARLYBIRD, ABD'nin Cape Caneveral üssünden fırlatılmıştır. Böylece, küresel uydu haberleşme sistemleri çağı başladı ve uydular ABD üretimi olmasına rağmen, işbirlikleri ve ortaklıklar tamamıyla küresel ölçekteydi. Uydunun fırlatılması sonrasında zaten, Almanya, İngiltere ve Fransa gibi gelişmiş ülkelerin yer istasyonları çok zaman önce hazır hale getirilmişti. Bu uluslararası konsorsiyum 19 ülkenin katılımıyla, 20 Ağustos 1964 tarihinde küresel uydu ve konumlama hizmeti verilmesi amacıyla en geniş katılımlı, kapsamlı ve büyük uluslararası uydu teknoloji ve servis sağlayıcı organizasyon olan olan INTELSAT (Uluslararası Haberleşme Uyduları Organizasyonu) adı altında yeni bir oluşumun ortaya çıkmasını sağlamıştır [6].

Bu uluslararası organizasyona Türkiye 1968 senesinde %1.64 hisse ile üye olmuştur. Bu organizasyon hali hazırda bugün, 6'sı Hint okyanusu, 2'si Asya Pasifik, 10'u Atlantik ve 4 tanesi de Pasifik bölgelerinde olacak şekilde 22 adet uydu ve 2700 tane yer istasyonu ile birlikte % 100 oranına yakın kesintisiz hizmet sunacak şekilde küresel haberleşmede büyük ve yeri doldurulamaz bir hizmet vererek önemli bir oluşum olarak varlığını devam ettirmektedir. Son olarak hali hazırdaki üye ülke sayısı 141 olan INTELSAT en geniş katılımlı uluslararası haberleşme teşkilatı olarak önümüzde durmaktadır. Bunun yanı sıra, sadece üye olan ülkeler değil Dünya'daki her türlü organizasyon, teşkilat, sivil toplum kuruluşu ve firma INTELSAT tarafından sağlanmakta olan veri / ses ile video / görüntü hizmetlerinden ve yeniliklerinden fayda sağlayabilmektedir.

1977 yılında Avrupa ülkeleri görüntü, data ve ses haberleşmesi için EUTELSAT (Avrupa Uydu Haberleşme Örgütü)'ü kurdular. Üye olmak için sadece Avrupa kıtasında bulunan ve coğrafi açıdan bu kapsamda yer alan ülkeleri kabul eden kuruluşun hizmet alanı Kuzey Afrika, Orta-Doğu ve Avrupa'dan ibarettir. Şu an itibariyle üye sayısı 39 olan EUTELSAT, 7 uydusu ile Avrupa ülkelerine TV, radyo ve ülkeler arasındaki özel haberleşme hizmetlerini vermektedir. ABD Deniz Kuvvetleri Komutanlığının kullanması amacıyla Şubat 1976 yılında, mobil kullanımı da kapsayan MARISAT uydusu uzaya fırlatıldı [2].

INMARSAT (Birleşmiş Milletler Uluslararası Denizcilik Organizasyonu) mobil haberleşme hizmeti sağlamak amacıyla Birleşmiş Milletler çatısı altında yeni nesil uyduları ve 35 ülkede kurulu halde bulunan 50 yer istasyonu ile hizmet vermek üzere 1979 yılında kurulmuştur. INMARSAT telefon, data, faks ve teleks gibi hizmetleri uçak, gemi, deniz aşırı ve karasal mobil endüstrilere sağlamak amacıyla kurulmuş olan uluslararası bir uydu konsorsiyumudur. Şu an itibariyle INMARSAT'ta 68 kuruluş ve ülke üye olarak yer almaktadır. ABD Temsilcisi COMSAT bu konsorsiyumda en fazla hisseye sahip olan kuruluştur ve ayrıca INMARSAT Dünya'daki en büyük katılımlı ikinci uydu işleticisidir. Önceleri yalnızca sivil gemi kullanıcı kuruluşlarına, normal çalışma zamanlarında ise (barış zamanında) iletişim hizmeti sağlamak amacıyla kurulmuş olan INMARSAT, zaman içerisinde uçak ve karasal mobil endüstrisine de hizmet vermeye başlamıştır. Türkiye ise bu kuruluşa 1989 senesinde üye olmuş ve %0.26 oranında da hisse sahibi olmuştur. INMARSAT geldiğimiz süreç sonunda teleks, data, faks, internet, mobil terminallere, kısa mesaj, acil durum çağrı (SOS) deniz ve hava araçlarına telefon ve elektronik posta hizmeti vermektedir.

1980 ve 1990'lı yıllarda oluşan rekabet koşulları ve gelişen teknolojik şartlar nedeniyle doğru orantılı bir şekilde uydu teknolojisinde de büyük mesafeler alınmıştır. Pasif ve aktif haberleşme uyduları, uzay istasyonları, uzay mekikleri, uzay teleskopları, meteoroloji uyduları, GPS uydularının kullanılması, bilimsel uydular, veri değerlendirme uyduları bunların arasında en belli başlı olanları olarak sıralanmaktadır [5].

Bunların arasında en dikkat çekici olarak, üç eksenli sabit uyduların icadı çok büyük bir ilerleme olarak kaydedilmişti, çünkü uydulara çok büyük boyuttaki güneş panellerinin ve çok yüksek kazançlara sahip antenlerin takılması imkanlar dahilinde bulunduğundan dolayı uyduların yaşam süreleri de bir anda katlar olarak artabiliyordu.

Taşınabilen küçük çanak anten üretimi, 1986'da uydu yayınlarını alan dev antenler yerine başarıldı. CNN TV tarafından Körfez Harekatı, hizmete verilen küçük portatif uydu setleri kullanılmak suretiyle bütün Dünya'ya canlı yayınla INTELSAT üzerinden yayına vermiştir. Ve bu Dünya tarihine ilk kez bir savaşın tüm Dünya'ya uydular vasıtasıyla yayın yapılması olarak geçmiştir [2].

2.3. Uyduların Yapısı

Uyduların üretimi, tasarımı ve imalatı, kullanım amaçları doğrultusunda geliştirilen süreçlerdir. Uydu sistemleri Askeri ve Sivil sistemler olmak üzere iki ana gruba

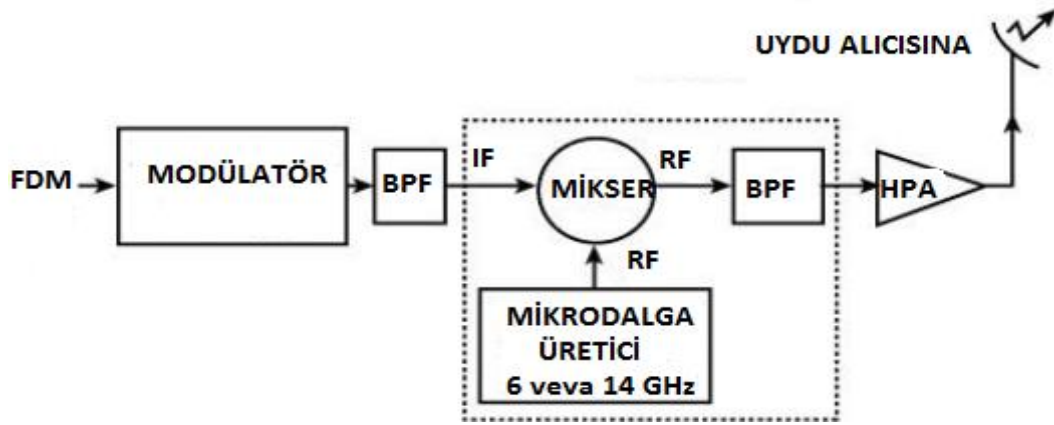
ayrılırlar ve bu sistemler arasındaki en önemli ve belli fark ise güvenlik ihtiyaçları ve kullanım amaçlarıdır. Fonksiyonel olarak bazı farklılıklar olmasına karşın genel itibariyle yapıları çok benzerdir. Uyduların yapısal olarak nasıl ve hangi teknik özelliklere sahip olduklarını ortaya koymadan önce ilk önce uzay ve atmosferin tanımlarının yapılması gerekmektedir. Hava araçları açısından konuya yaklaşılabilecek olursa, atmosfer denildiğinde, hava araçlarının aerodinamik prensipler açısından uçabileceği en yüksek irtifa akla gelmektedir. Bu irtifa 40 bin metre (yani yaklaşık olarak 100.000 – 120.000 ft)'dir. Atmosferi oluşturan hava kütlelerinin de %99'u da bu irtifanın altındadır. Bununla birlikte, bir uydunun da bulunabileceği en alçak irtifa da 150 km.'dir. Bu irtifa uzayın başladığı en alçak nokta olarak kabul edilmekte ve bununla birlikte, uluslararası dokümanlarda da net bir şekilde belirtilmemektedir. Eliptik yörüngede bulunan bir uydunun yere nazaran en alçak geçebileceği yükseklik de 129 km.'dir. Günümüzde hava ve uzay kavramları birçok kişi tarafından birbirinden ayrı düşünülmemeyecek bir bütün olarak kabul edilmektedir. Bu ortamın tamamına birden hava - uzay (aerospace) denilmektedir. Uyduların yapılarını incelemeye başlamadan önce atmosfer ve uzay kavramlarının tanımlarının yapılması konunun anlaşılması bağlamında önem arz etmektedir. Uydular yapıları açısından üç bölüme ayrılabilir; Birinci bölüm hizmet bölümü denilen, uydunun hareketlerini düzenleyen, uyduyu yörüngede tutan, hareket sistemini, dengeleyen, kimyasal ve elektriksel tepki motorlarını, yakıtı ve aküleri içerisinde bulduran kısımdır. İkinci bölüm ise uydunun asıl görevini yerine getirirken kullandığı sistemler olan transponderler, bilgisayarlar, tüm haberleşme donanımı vb.'nin bulunduğu kısımdır. Üçüncü bölüm olan dış kısımda ise tüm antenler ve güneş levhaları yer almaktadır [2]

Uydu haberleşme sistemleri bir veya daha fazla uydu linki içeren sistemlerdir. Bu linklerden her biri, bir uydu ve bir çift yer istasyonundan ibarettir. Ayrıca, bu linklerin her biri, mikrodalga sinyalleri uyduya ileten bir verici up-link (yer istasyonu), bu sinyali uydudan alan bir alıcı down-link (yer istasyonu) ve bu sistem için uygun frekans ile güce sahip olan bir uydu sisteminden oluşmaktadır.

Atmosfer ve yol kayıpları dolayısıyla mikrodalga sinyalleri yer istasyonuna ve uyduya zayıflamak suretiyle ulaşır. Bunun sebebi daha önce de belirtildiği üzere Dünya ile uydu yörüngesi arasındaki uzaklığın 35 786 km olmasıdır. Uydu haberleşmesinde, yüksek güçlü mikrodalga sinyalleri ve geniş açıklıklı antenler kullanılmasının nedeni yer istasyonlarının sinyallerini uyduya yeterli ve istenen güçte ulaştırabilmeleridir. Bununla

birlikte, uydudan gelen zayıf güçteki sinyallerin yer istasyonları tarafından alınabilmeleri için yine geniş açıklıklı parabolik antenler kullanılmalıdır. Aşırı termal gürültülerden veya diğer mikrodalga sistemlerin interferanslarından korunabilmek için antenlerin düşük gürültülü ve tek yan band şeklinde olması gerekmektedir. Uydudan alınmış olan zayıf sinyali kuvvetlendirmek amacıyla bir düşük gürültülü yükseltici kullanımı gereklidir. ITU kriterlerine göre uydu haberleşme devrelerinde “Taşıyıcı Gürültü Oranı (C/N)” iletişim kalitesinde kabul edilebilecek bir seviyede olmalıdır.

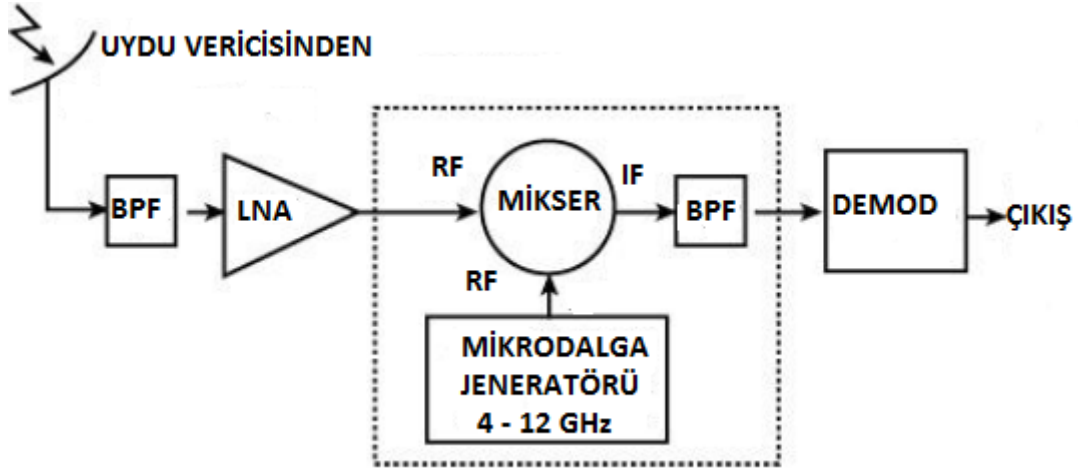
Verici katı, modülatör katından iletilen modüleli işareti iletim ortamı için uygun olan frekansa çeviren bir üst çevirici (up converter) birimi ve uyduya çıkış için gerekli olan gücü sağlayan güç arttırıcı birimlerden oluşur [6].



Şekil 2.2. Temel düzeydeki bir uydu up-link istasyonunun blok diyagramı

Kaynak: MEB, 2013, s. 8

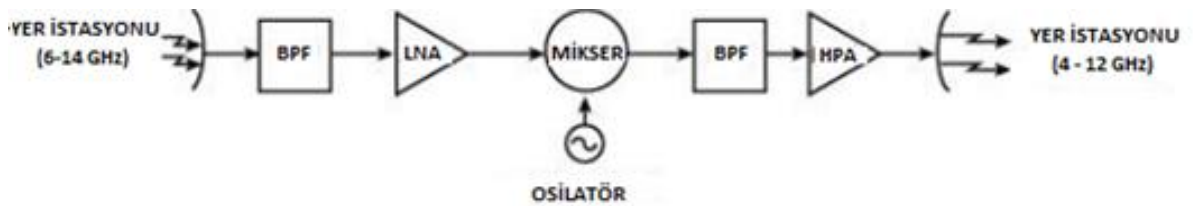
Uyduya gönderilmiş olan mikrodalga bir sinyalin yer yüzünde bulunan istasyon tarafından alınması işlemine down-link adı verilir. Yer yüzünde bulunan istasyonun alıcı sistemi feed, anten, demodülatör, alıcı ve alt çevirici (down converter) katlarından oluşmaktadır [6].



Şekil 2.3. Temel düzeydeki bir uydu down-link istasyonunun blok diyagramı

Kaynak: MEB, 2013, s. 8

Alış sinyali hatasız geldiği zaman otomatik olarak cevap veren ve gönderim işlemi gerçekleştiren alıcı – verici cihaz uydu içerisinde bulunan aktarıcı (transponder)’dır. Yer istasyonundaki up-link işareti uydu transponderi tarafından alınır ve down-link istasyonuna tekrar geri iletilir. Bir C-bant uydu transponderinin basitleştirilmiş tipik bir blok diyagramını Şekil 2.4.’te gösterilmektedir. Bir transponderin alt sistemleri ve bileşenlerinin boyut olarak küçük, çok güvenilir bilgi sağlayan ve hafif olması ile birlikte mümkün olduğunca verimli çalışıyor olması gerekmektedir [6].



Şekil 2.4. Temel düzeydeki bir uydu transponderinin blok diyagramı

Kaynak: MEB, 2013, s. 9

Temel olarak bakıldığında uydular yedi ana sistemden meydana gelir;

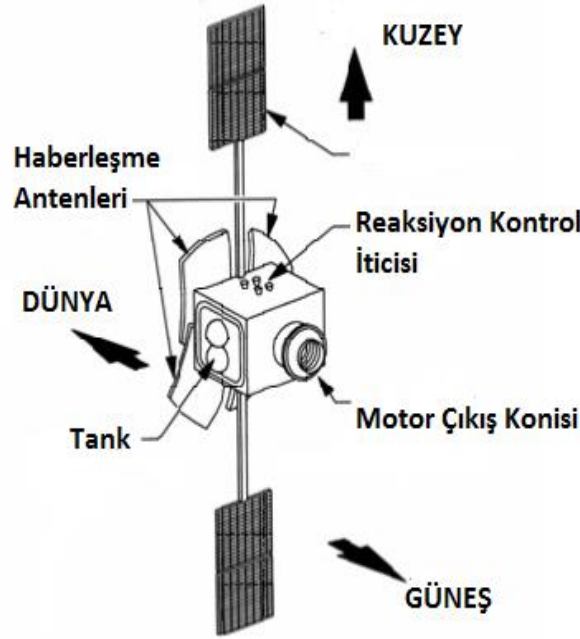
- Bus; uydunun bütün alt sistemlerini üstünde taşımak üzere görevli yapı olup ve tasarımı uyduları belirlenen yörüngede kararlı bir biçimde tutacak şekilde ve stabilizasyon yöntemi prensipleri doğrultusunda belirlenmiş bir yapıdır.

- Güç sistemleri; yüksek performanslı piller ve güneş panellerinden oluşan ve uydunun bütün bileşenlerinin çalıştırılması amacıyla gerekli olan elektrik enerjisini kesintisiz olarak sağlayan sistemdir.

- Anten sistemi; uydu ve yer istasyonu arasında gerçekleşen bütün haberleşmenin sağlanması amacıyla kullanılır.

- Komuta – Kontrol sistemi; istenen işlemlerin yaptırılması, uydunun takibi ve bunlarla ilgili tüm performans bilgilerinin kontrol edilebilmesi amacıyla geliştirilmiş olan bir sistemdir.

- Konum sabitleme sistemi; güneşin ve ayın yanı sıra diğer uzay kütlelerinin uydu üzerinee uygulamış oldukları çekim kuvvetleri sebebiyle yörüngede oluşması muhtemel her türlü bozulmanın tolere edilmesi için kullanılmakta olan sistemdir. Ayrıca, belirtilen işin gerçekleştirilmesi amacıyla uydunun üstünde bulunan yakıt ise uyduların ömrünün belirlenmesinde dikkate alınan değerlerden biridir.



Şekil 2.5. Uydu genel yapısı

Kaynak: Aydın, 2006, s. 13

- Transponder; haberleşme uydusu içerisinde yer alan ve alma ile gönderme işlerini yapan üniteye “transponder” adı verilir. Uydu transponderleri, röle (tekrarlayıcı) mantığıyla çalışırlar ve temel olarak içinde alıcı ve verici sistemlerinin bulunduğu ve alıcı

anteni tarafından alınan yer terminal sinyalini filtreleyip yükselttikten sonra bu sinyali iletilmesi gereken yer istasyonuna belirlenmiş olan frekansta iletmekle yükümlü olan kompleks sistemlere verilen addır.

Transponderlar up-link taşıyıcısını alır ve kuvvetlendirir, daha sonra up-link frekansını down-link frekansına çevirir ve son olarak da kuvvetlendirerek tekrar Dünya'ya gönderir. Herhangi bir uydu sistemi için tahsis edilmiş olan frekans; alma için 500 Mhz ve gönderme için de 500 Mhz'dir.

- Faydalı yük: uyduların asli görevlerini icra edebilmeleri amacıyla kullanılan sistemlerdir. İletişim sistemlerini, IR algılayıcıları ve kamera sistemlerini örnek olarak sıralayabiliriz.

Uydular üretilirken uzaya fırlatıldıktan sonra da fonksiyonlarını yerine getirebilecekleri şekilde üretilmektedirler ancak bunlar uzaydaki fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri aşamasında bazı ek sistemler tarafından desteklenmeye ihtiyaç duyabilmektedirler. Bu sistemler genel itibariyle "Uydu Sistemleri" olarak adlandırılmaktadırlar ve şu şekilde sıralanmaktadır;

- Uzay Bölümü: Uzay bölümü iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi ana parçadır ve diğeri ise uydunun yükü olarak adlandırılan kısımdır. Uydunun yükü, uydunun fonksiyonlarının ve kabiliyetlerinin istenen şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bölümdür. Bunlar kullananlara uydu temelinde belli kabiliyetler sağlamanın yanı sıra bir uydunun diğeri bir uydudan ayrılmasına yardımcı olurlar.



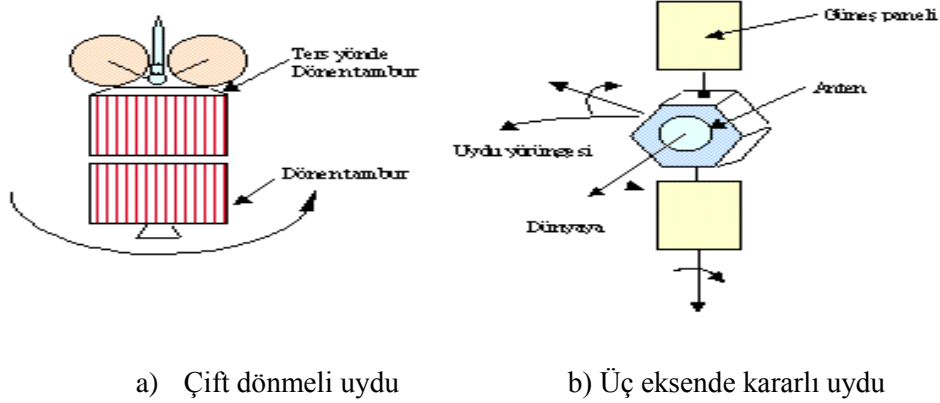
Şekil 2.6. Bir uydu konum sabitleme sistemi

Kaynak: Aydın, 2006, s. 14

- Kontrol Bölümü: Kontrol bölümü şebeke, zemin ve yük kontrolünü de kapsayan genel sistemin işletilmesinden sorumlu olan bölümdür.

- Yer İstasyonu Birimi: Uydudan sinyal alan ve gönderen esas yer teçhizatlarından oluşan bölümlerdir. Bir yer teçhizatı elde taşınabilir bir terminalden, teçhizatı içinde barındıran sabit ya da mobil bir platforma kadar değişiklikler gösterebilir. Haberleşmenin niteliği ile uydunun tasarımı ile doğrudan ilişkilidir. Uydular, yörüngede bulunurken Dünya'nın manyetik alanı, yerçekimi farklılığı ve güneş enerjisi gibi dış etkenlerin yanında uydunun dengelenememiş iç hareketleri gibi birçok değişik kuvvetin de etkisindedirler. Dünya üzerinde bir yörüngede yerleşik halde bulunan bir uydunun alıcı ve verici antenlerinin, Dünya üzerinde istenen herhangi bir noktaya veya bölgeye yönlendirilebilmesi için antenlerinin her zaman Dünya'ya dönmüş halde olması gerekmektedir. Aksi takdirde haberleşmenin sürekliliği sağlanamamış olacaktır. Bu etkenlerin tümü uydunun istenen yörüngede kalmasına mani teşkil etmektedir. Bu kuvvetlerin oluşturduğu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ve dolayısıyla uyduyu kararlı bir halde bulundurmak amacıyla, uyduyu kendi eksenini çevresinde döndürmek gerekir. Böylelikle, uydunun, yüksek açısız momentumu bulunan bir denge çarkı gibi davranması sağlanabilmektedir. Antenlerin her zaman Dünya'ya dönük halde tutulması amacıyla antenler ve bütün iletişim donanımı uydunun dönme hızıyla aynı hızda, ancak dönme yönünün tersi yönde dönen düşük ataletli bir platform üzerinde oturtulmuştur. Uyduların anlatıldığı şekilde kararlı tutulmasına "Çift Dönme" yöntemi adı verilmektedir. Bununla birlikte, hali hazırda günümüzde ise bazı yeni kararlı tutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en önemlisi "Üç Eksenli Kararlı Tutma" yöntemidir.

Şekil 2.7'ye bakılacak olursa bu iki yöntemin yapısal olarak farklılıkları gösterilmektedir. "Çift Dönmeli" uydularda çeperler solar hücreleri ile kaplanmış bulunmakta ve antenler ise ters yönde dönen platformlar üzerine oturtulmuş bulunmaktadırlar. Bir diğer yandan, "Üç Eksenli" uydularda gerekli olan güç, solar hücreler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Ancak bu hücrelerin yerleştirilmiş olduğu solar levhalar hareketli haldedir ve her zaman güneşe dönük vaziyette tutulmaktadırlar. Bundan sonraki bölümlerde eş zamanlı yörüngede bulunan uydular üzerinde durulmaya çalışılacaktır.



Şekil 2.7. Uyduların sınıfları

Kaynak: Aydın, 2006, s. 16

2.4. Uydu Yörüngeleri

Yörünge, uyduların gezegen çevresinde dönerken izledikleri yola verilen addır. Uydular genellikle dünyanın belli noktalarındaki sabit yer istasyonlarından fırlatılırlar. Fırlatma işlemi doğuya doğru yapılır. Böylece Dünya'nın dönüş hızından da yararlanılır ve bunun yanı sıra yörünge bulduğu yükseklik arttıkça da uydunun hizmet sağlayabileceği ömür artacaktır. Uyduların üretim aşamalarında ana yapılar planlanırken, uzayda bulunacakları süre, kullanma amaçları, üzerindeki sistemler ve bunların ömürleri, güç sistemleri ve diğer yardımcı sistemler dikkate alınmak suretiyle tasarlanırlar. Uyduların genel olarak görünümü silindir ve simetrik küre şeklindedir ve yerden 36.000 km. yükseklikteki bir yörüngede bulunan herhangi bir uydu ile yaklaşık yer yüzünün yarısı görülebilmektedir. Yer yüzünün bütününe görebilmek için ise 120 derecelik açılı farklarla yerleştirilen en az 3 uydu gerekmektedir [7].

Kepler'in gezegen yörüngeleri hipotezini kullanarak Newton kütle, hareket ve yerçekimi ivmesi ile ilgili kanunlarını ortaya koydu.

Bu kanunlar;

(1) “ M ” (dünya) ve “ m ” (uydu) kütleleri olmak üzere merkezler arası aralık “ r ” ise bu iki kütle arası çekim kuvveti;

$$F_1 = GMm/r^2 \quad (2.1.)$$

Bu formülde G yer çekim kuvveti sabiti olarak tanımlanır.

(2) Şayet dairesel hız “ v ” ise, merkezkaç kuvveti;

$$F_2 = mv^2/2 \quad (2.2.)$$

Dairesel yörüngede ki ivme sabit olduğundan $F_1 = F_2$ 'dir.

Bu eşitlikten uydu yörünge hızı olarak

$$v=(GM/r)^{1/2} \quad (2.3.)$$

bulunur. Burada Dünya'nın kütlesi $M=5.977 \times 10^{24}$ kg. ve $G=6.668 \times 10^{-11}$ Nm²/kg.'dir.

Yörünge periyodu $t_p= 2\pi r/V$ olup denklem 2.3' ü kullanarak.

$$t_p= 0.0099527r^{3/2} \quad (2.4.)$$

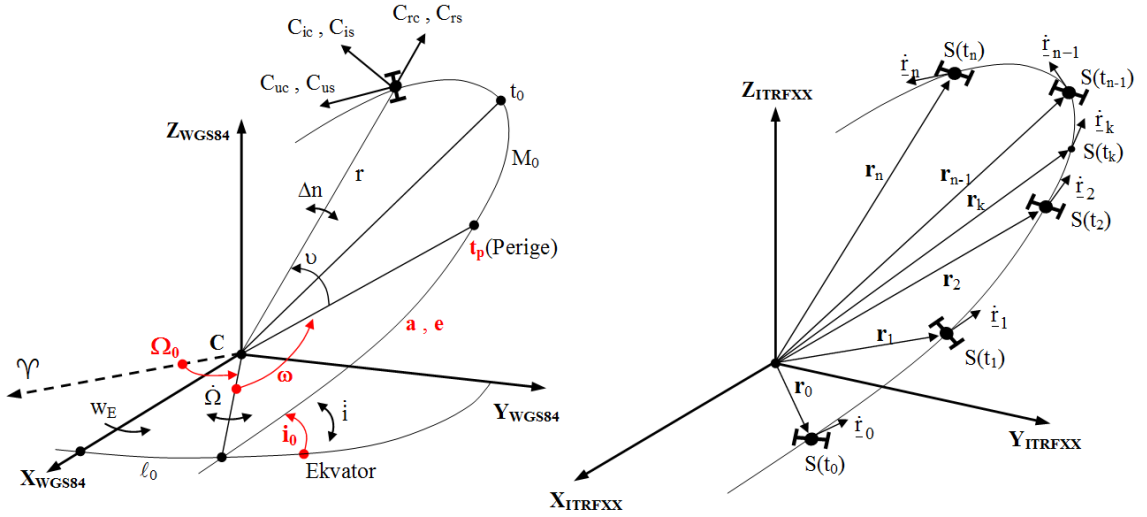
olarak bulunur.

Şayet t_p saniye cinsinden ise r kilometredir [8].

2.4.1. Uydu Yörüngesi ve Bağlı Hız

Uydu yörünge parametreleri iki yöntemle dayalı olarak belirlenir. Bunlar; analitik yöntem ve sayısal integrasyon yöntemleridir. Kullanıcı açısından bakıldığında; analitik yöntemle göre belirlenen yörünge bilgilerinden yararlanarak uydu koordinatlarını hesaplamak daha kolaydır. Analitik yöntem ile uydu koordinatlarının hesaplanmasında, bir referans anına ait olan yörünge bilgileri yayın yörünge bilgilerinden istenilen doğruluğu iki saatlik bir aralıkta sağlamaktadır. Buna karşın, sayısal yöntemle dayalı olarak üretilen referans yörünge parametreleri sadece yarım saatlik bir aralık için yayın yörünge bilgilerinden beklenen doğruluğu sağlarlar. Yayın yörünge bilgileri ile elde edilen uydu koordinat doğrulukları kabaca ± 5 m civarındadır. Yayın yörünge bilgileri gerçek zamanlı uygulamalarda ve ölçme sonrası değerlendirme aşamalarında kullanılırlar.

Uzun yay (long arc) yöntemine göre yörünge bilgileri üretimi genellikle analitik yöntemle yapılır. Bunlardan en çok bilinenleri gerçek zamanlı elde edilebilen almanak verileri (almanac data) ve internetten ulaşılabilen YUMA formatındaki yörünge bilgileridir. Uzun yay yörünge bilgileri olan bu yörünge bilgilerinde; Kepler elemanları ve Kepler elemanlarının yörünge koordinatlarının hesaplanmasında etkili olan parametrelerin doğrusal değişim katsayıları yer almaktadır. Bu yörünge bilgilerinde; kısa yay yörünge elemanları olan harmonik düzeltme katsayıları yer almaz. Almanak ve YUMA yörünge bilgileri ile elde edilen uydu koordinat doğrulukları kabaca ± 5 km civarındadır ve referans anından uzaklaştıkça bu farklar büyüdüğünden planlama amaçlı olarak kullanılırlar [9].



Şekil 2.8: Yörünge formatları

Kaynak: Kurt, 2010

Şekil 2.8’de GPS yayın yörünge bilgileri gösterilmiştir. Bunlar bir referans anına ait Kepler yörünge elemanları; yörünge elipsinin yarıçapı (a), dış merkezlik parametresi (e), perige geçiş anı (t_p), perige argümanı (ω), yörünge düzleminin eğim açısı (i_0), yörünge düzlemi ile ekvator düzlemi kesişim doğrusunun yıldız zamanı (Ω_0), şeklindedir. Kepler yörünge elemanları; kısa, orta ve uzun yay yörünge belirlemelerin hepsinde yer alır. Kısa yay yörünge bilgilerinde; Kepler yörünge elemanlarının bazılarının hızı $\{\dot{\Omega}, \dot{i}$, uydunun açısal hızının (n) hızı Δn ve kısa periyotlu $\{u = \omega + \nu$ parametresinin; C_{uc}, C_{us} , i parametresinin; $C_{ic}, C_{is}, r(a, e, n)$ parametresinin; $C_{rc}, C_{rs}\}$ harmonik değişim katsayıları yer alır (Şekil 1). Sözelimi GPS yayın yörünge bilgilerinde bu bilgilerin tamamı yer alır. Orta ve uzun yay yörünge belirlemede kısa süreli değişimlerin modellendiği harmonik katsayılar yer alamaz. Sadece doğrusal değişen bazı parametrelerin değişim oranları yer alır. Sözelimi GPS ve YUMA almanaklarında doğrusal değişen ($\dot{\Omega}$) parametresi verilir. Bu yörünge bilgileri orta yay yörünge bilgilerine iyi bir örnektir. Uzun yay yörünge bilgilerinde doğrusal ($\dot{\Omega}$) ve uzun periyotlu harmonik değişen (i) parametrelerine yer verilir ve bu tür yörünge bilgileri uygulamada fazla kullanılmaz. Kısa yay yörünge bilgileri ve orta yay yörünge bilgileri yaygın olarak kullanılır ve kullanıcının erişebileceği yörünge bilgileridir. GPS ve GLONASS almanak yörünge bilgileri ölçü anında taşıyıcı dalgalar üzerinden yada YUMA yörünge bilgilerine benzer şekilde internetten elde edilebilir [9].

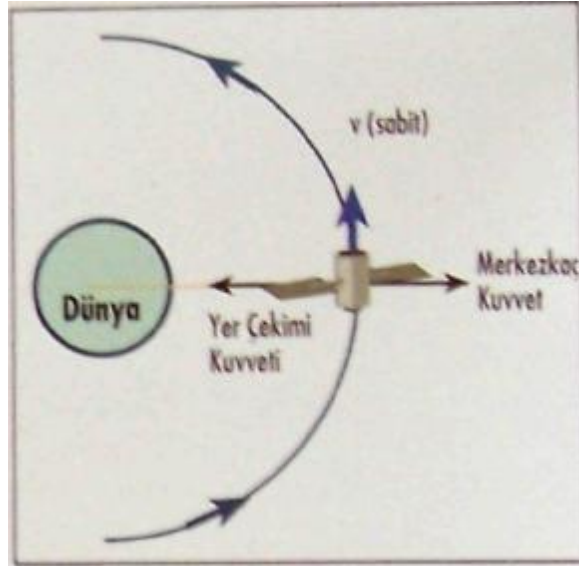
Dünya çevresinde bulunan bir uydu, her gün aynı alan üzerinden geçebildiği gibi, tüm yüzeyi incelemek için daha düşük hızla da hareket edebilir. Ayrıca çoğu uydular, yörüngelerini özellikle istenen bölgeler üzerinden geçebilmelerini sağlayan manevra motorlarına sahip bulunmaktadır [11].

Yörüngelerin temellerini oluşturan çalışmalar Alman asıllı bilim adamı Kepler tarafından 17. yüzyılın başında yapılmıştır. Kepler, gezegenlerin güneş etrafında dönmelerini;

- Gezegenler bir düzlem içinde hareket ederler. Yörüngeleri ise, odaklarından birinde güneşin bulunduğu elipslerdir.

- Güneş'ten gezegene çizilen bir vektör, eşit zaman dilimlerinde eşit alanlar tarar, teorileri ile açıklamaktadır.

Uyduların yörüngelerinde kalmaları için, fırlatılmalarının akabinde atmosfer etrafında dönmelerinden kaynaklanan merkez kaç kuvvet ile Dünya'nın yer çekimi kuvvetinin dengelenmesi dolayısıyla bulunduğu yörüngede kalmaya devam eder. Dünya yüzeyine daha yakın yörüngelerde bulunan uydular daha fazla seviyede yer çekimine maruz kalacağından dolayı kuvvetlerin birbirini dengelemesi için uyduların nispeten daha hızlı dönmeleri gerekmektedir. Bundan dolayıdır ki, Dünya yüzeyine yakın olan uydular uzak olan uydulara kıyasla daha hızlı dönmektedirler [2].



Şekil 2.9. Yörüngeye yerleşmiş halde bir uydu

Kaynak: Aydın, 2006, s. 19

Günümüze bakacak olursak uydular genelde, seyrüsefer sistemleri, uzaktan algılama ve haberleşme sistemleri öncelikli olacak şekilde geniş yelpazeli alanlarda hizmet vermektedirler. Bu alanlarda hizmet veren uyduların konumlandırıldığı yörüngeler, gerçekleştirecekleri faaliyetlerin özelliğine bağlı olarak bazı farklılıklar gösterebilmektedirler.

- (1) LEO - Low Earth Orbit (Alçak Yörünge) (160 – 2000 km arası)
- (2) MEO – Medium Earth Orbit (Orta Yükseklikteki Yörünge) (2000 – 25000 km arası)
- (3) GEO – Synchronous Orbit (Yer Uyumlu Yörünge) (35 786 km üstü)

Çizelge 2.1. Uydu tipleri ve özellikleri

Yeryüzüne Uzaklık	Dönme Periyodu	İletişim Süresi(*)	Uydu Tipi
2.000 km' ye kadar	1,5–2 saat	5–20 dk	LEO Uydusu
2.000–25.000 km	5–12 saat	2–4 saat	MEO Uydusu
35.786 km	23 saat 56 dk 4 sn	Devamlı	GEO Uydusu

Kaynak: Aydın, 2006, s. 20

(*) Her periyottaki yer istasyonu ile olan iletişim süresidir.

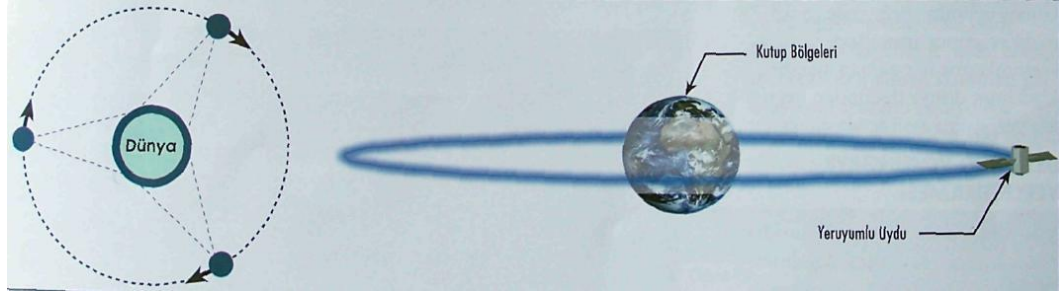
Verilecek hizmet dikkate alınmak suretiyle uydular farklı yükseklikte belirlenmiş olan yörüngelere yerleştirilirler. Dünya yüzeyine olan uzaklıklarına bakılarak uydu yörüngeleri, alçak (Low Earth Orbit), orta (Medium Earth Orbit) ve yer uyumlu (Geosynchronous Earth Orbit – GEO) yörüngeler olarak tanımlanırlar. GEO, MEO ve LEO uydularının, yörüngedeki dönüş periyotları, yer yüzeyine olan mesafeleri ve takip etmiş oldukları yörünge tiplerinin yanı sıra yörüngede tamamlana her turda yer istasyonları ile haberleşebildikleri süreler Çizelge 2.1.'de gösterilmektedir.

LEO yörüngelerindeki uyduların en büyük dezavantajı, maliyetlerinin yüksek oluşu ve uydu takip etme teçhizatlarının karmaşık oluşudur. Yer yüzeyindeki istasyonlar ile uydular arasındaki haberleşme süreleri yaklaşık 15 dk'dır. Yer istasyonları uyduları görüş alınlılarında görmeye başladıkları andan itibaren istasyon antenlerini uyduyu takip edecek konuma getirirler.

Dünya'nın açısal hızı ile GEO yörüngesinde yer alan uyduların açısal hızları birbirine eşittir. Bundan dolayı, bu yörüngelerdeki uyduların dönüş periyotları ile Dünya'nın kendi çevresindeki dönüş periyodu birbirlerine eşittir. Bununla birlikte, GEO yörüngelerindeki uyduların konumları Dünya üzerinde bulunan belli bir noktaya göre sabit olarak belirlenmiştir. Bundan dolayıdır ki, GEO yörüngelerindeki uyduları, kapsama

alanında yer alan bütün yer istasyonları ile devamlı surette haberleşebilirler. Daha öncede belirtildiği üzere aralarında 120°'lik açı bulunan 3 tane yer uyumlu uydu ile tam bir yer küre kapsamı sağlanabilmektedir.

İletişim ve yayın hizmeti vermekte olan uydu sistemleri genel olarak GEO yörüngelerini tercih etmektedirler.



Şekil 2.10. Yer uyumlu bir uydunun yörüngesine yerleştirilmesi

Kaynak: Aydın, 2006, s. 22

GEO yörüngesinde bulunan uyduların dezavantajları şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Uyduların, GEO yörüngelere fırlatılması esnasında son teknoloji roket sistemlerinin kullanılması ve bunların ağır olması,
- GEO yörüngelerinin Dünya'ya uzak mesafede olması dolayısıyla haberleşme sinyallerinde oluşan gecikme ve kayıpların artması.

Uydular Dünya'etrafında hareket ederlerken üç farklı ekseninde olabilirler. Bunlardan ilki; Ekvator yörüngesine paralel olarak hareket eden uydu yörüngesidir Buna ekvator yörüngesi adı verilir. Bunun dışında, Ekvator yörüngesine dik olarak hareket eden yörüngeye kutupsal yörünge adı verilir. Bu yörüngelerin haricinde kalan tüm yörüngelere ise Eğimli Yörünge adı verilir.

Uydular yörüngelerine yerleştirildikten sonra belirli bir süre ile hizmet verebilmektedirler. Bütün uyduların uzayda geçirebilecekleri süre yer aldıkları yörünge türü ile doğrudan ilgilidir. İritifa olarak daha yüksek yörüngelerdeki uyduların ömürleri alçak irtifadaki yörüngelerde bulunan uydu sistemlerine oranla daha uzun süreli olarak hizmet vermeye devam ederler. Örnek vermek gerekirse; GEO yörüngelerden herhangi birinde yerleştirilen haberleşme uyduları genellikle 15 yıl civarında hizmette kalabilirlerken LEO yörüngelerde yerleştirilmiş olan uzaktan algılama uyduları ise sadece

5 yıl civarında hatta 300 km civarı irtifaya yerleştirilmiş uydular ise 1 ila 3 ay arası hizmette kalabilmektedirler. Aynen Dünya yüzeyinde olduğu şekilde uzayda da bir tür çevre kirliliğinden bahsetmek mümkündür ancak tabii ki bahse konu kirlilik sadece hizmet süresini tamamlamış uydulardan ibaret değil bununla birlikte infilak eden uzay parçaları, ayırma araçları ve roket kademeleri de uzayda bulunan atıklar sınıfında yer almakta olup kontrol dışında hareket edebilen bu atıkların uzay araçları ile kaza yapma olasılığı da gün geçtikçe daha fazla bir şekilde artmaktadır [10].

2.5. Uydu Yörüngeleri Tahsisi

Uydu kullanımında yörünge önemli bir nokta olduğundan uzayda da yeryüzünde olduğu gibi bazı kurallar mevcuttur.

Ülkeler uzaya uydularını göndermeden önce yörünge tahsisi ITU'nun (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği) uluslararası frekans kuralları çerçevesinde yapılıyor. İlk olarak yayın yapılmak istenen belgenin koordinatları ile uydunun yayın gücü belirtilir. Bu bilgiler ilgili ülkeler ile koordine edildikten sonra istenen yörünge onaylanır ve uydu "Master Register" tarafından koruma altına alınır. "Master Register" in temel amacı, ana kontrol merkezi olması dolayısıyla uyduların muhtemel yörünge ihlallerine engel olabilmektedir.

ITU'nun kuralları gereği, başvurudan itibaren 10 yıl içerisinde kullanılmayan yörüngeler o ülkenin inisiyatifinden çıkmaktadır. Bu nedenle ülkeler sahip oldukları yörüngeleri ellerinde tutmak için kendilerine göre yöntem geliştirmektedirler. Örneğin, çalışma ömrü tükenmekte olan ve kısa süre sonra uzay çöplüğüne gönderilecek olan uydulardan birini çok ucuza kiralayarak geçici olarak kendisine tahsisli yörüngeye yerleştirip tahsis süresini 10 yıl daha uzatabilmektedirler.

Hali hazırda uzayda boş yörünge bulmak zordur. Bu durum yörüngelerin parayla satışını dahi söz konusu etmektedir. Uzaydaki boş yörünge sıkıntısı, tahsis edilen yörüngelerin parayla satışı dışında, ülkeler arasında pazarlık unsuru olarak da kullanılmasına neden olmaktadır. Yörünge tahsisinde önce başvuran ülkeler, diğerlerine göre daha avantajlı durumda bulunmaktadır.

Yörünge tahsisi için diğer ülkelere göre oldukça erken başvuran Türkiye'nin avantajı fazladır. İlk tahsis başvurusunu 1990 yılında yapan Türk Telekom'un elinde şu anda 6 farklı yörünge vardır. 25, 31, 42, 50, 66 ve 73,5 derece Doğu boylamındaki

yörüngelerden; 50, 42 ve 31 derecedeki yörüngelerde TÜRKSAT uyduları mevcuttur. 73,5 derecedeki yörünge tahsis süresi 2000 yılında sona ermiştir [12].

Türkiye'ye tahsisli bulunan 50 derece doğu yörüngesine, 16 Ekim 2015 tarihinde Kazakistan'ın Baykonur kasabasında bulunan Baykonur Uzay Üssü'nden Türkiye saatiyle 23:40'ta Türksat 4B'nin fırlatılmasına karar verilmiştir. Uydu, Japon Mitsubishi Elektrik (MELCO) firmasının geliştirdiği DS 2000 platformu üzerinde inşa edilmiştir. Türksat 4B, Kazakistan'da bulunan Baykonur Uzay Üssünden Proton taşıyıcı roketiyle fırlatılmıştır [13].

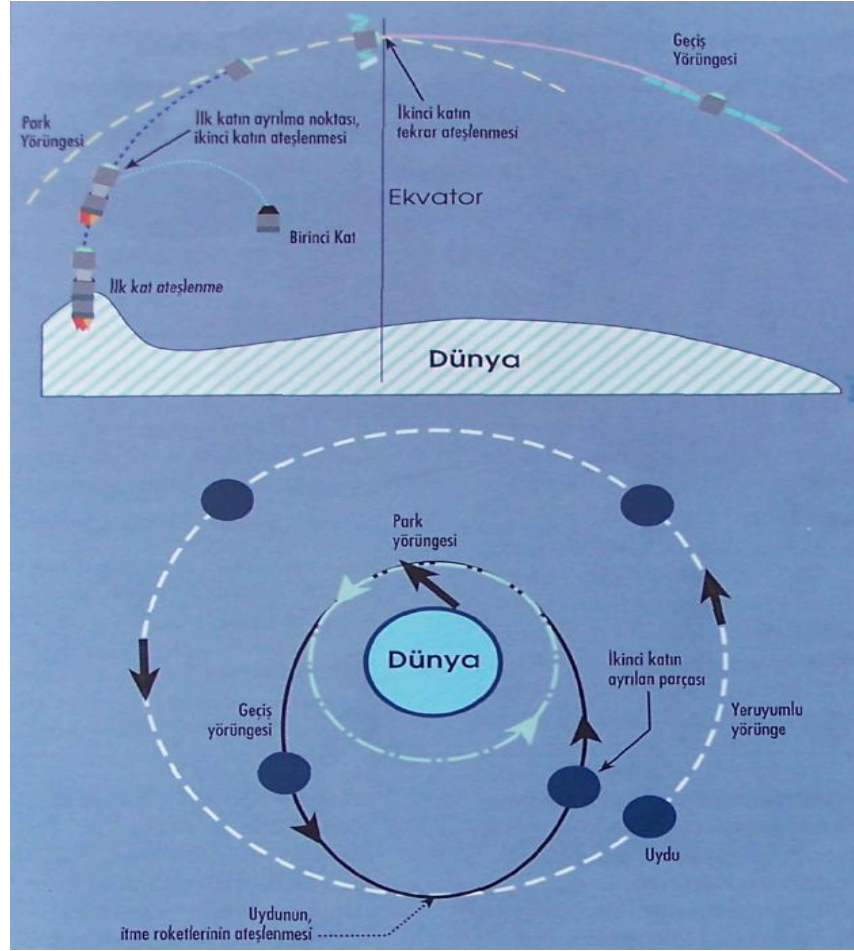
Uzayda çalışma ömürleri tükenen uydular uzayın 100.000 inci km.'sinde bulunan uzay mezarlığına gönderilmektedir. Bunun dışında uzayda "Artık" (Debris) denilen, ağırlıkları miligram seviyesinin altından başlayıp 1 kilogramdan daha büyük seviyelere ulaşan yaklaşık 4 Milyon adet irili ufaklı parçacık bulunmaktadır [14].

2.6. Uydunun Yörüngeye Yerleştirilmesi

Yer uyumlu uydu uzaya fırlatılmadan önce, uyduya yörüngesi üzerinde bir bölüm tahsis edilir. Yer uyumlu yörünge ekvator düzleminde olup yeryüzüne uzaklığı yaklaşık olarak 36 bin km.'dir.

Uzay tarafından uygulanan kuvvetler nedeniyle uydunun senkron (yeryüzüne göre durağan) yörüngesinden çıkmasını engellemek amacıyla yerdeki kontrol merkezi yörünge kontrol sinyalleri ile uyduyu kendisine tahsis edilen bölgede tutar. Uydular yörüngelerine yerleştirilirken roketler kullanılır. Şekil 2.11 yer uyumlu bir uydunun yörüngeye yerleştirilmesini göstermektedir. Dünya'nın dönme hızından faydalanabilmek için, roketler ekvatora yakın bir yerden ve batıdan doğuya doğru fırlatılmaktadır. Rokette iki yakıt bölümü vardır. Birinci yakıt bölümü tükenene kadar roket devam eder ve roketin birinci katı (bölümü) bırakılır. Sonra ikinci kat ateşlenir ve 185 – 250 km arasındaki bir yükseklikteki park yörüngesine ulaşılır. Park yörüngesine ulaşıldığında ikinci kat roketleri durdurulur. Ekvator çizgisini geçmeden önce ikinci kat roketleri tekrar ateşlenir ve park yörüngesinden çıkılarak, geçiş yörüngesi olarak bilinen eliptik bir yörüngeye girilir. Bu yörünge tahsis (Dünya'ya en uzak noktası) yer uyumlu yörünge ile aynı yüksekliktedir. Uydu eliptik yörüngede birkaç tur döner. Geçiş yörüngesinde, uydu fırlatma roketinden ayrılır ve uydunun kendi itme roketleri ateşlenmesinden önce gerekli durum düzeltmeleri yapılır. Geçiş yörüngesiyle, yer uyumlu yörünge tahsis kesişim

noktasında uydu itme roketlerini çalıştırır ve dairesel olan yer uyumlu yörüngeye geçer [2].



Şekil 2.11. Yer uyumlu uydunun yörüngeye yerleştirilmesi

Kaynak: Aydın, 2006, s. 30

3. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ

3.1. Giriş

Günümüzde sivil ve askeri haberleşme amaçlı olarak sıklıkla kullandığımız uydu haberleşme sistemleri iletişim alanında daha hızlı ve yüksek kapasiteli ama aynı zamanda da düşük maliyetli sistemler yaratma çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır [4].

3.2. Uydu Haberleşme Sistemlerinin Tanımı ve Özellikleri

Uydunun kendisi iki temel bölümden oluşmaktadır;

a. Yük (Payload), haberleşme sinyali için transponder iőlevini yerine getiren antenler, alıcılar ve vericilerden oluşur.

b. Linkte (Yol) ise, durum denetimi, sıcaklık denetimi, komut ve telemetrik sistemler bulunur. Temel olarak link, yük çalışması için destek (uydu bakım ve onarımı) görevlerini yerine getirir.

Haberleşme uyduları, yer uyumlu yörünge (GEO), alçak yörünge (LEO) veya orta yörüngede (MEO) olabilmektedir. Rusların haberleşme amaçlı olarak kullandığı MOLNIYA sisteminde ise uydular eliptik ve eğimli bir yörünge izler. Yer uyumlu yörüngede bulunan uyduların ulusal, bölgesel ve uluslararası haberleşme ağılarında kullanımları yaygın durumdadır. Ancak son yıllarda, bir taraftan uydu haberleşme servisleri geliőirken diğer taraftan da takım uydular (yer uyumlu olmayan) da kullanılmaya başlanmıştır.

Uyduya, uzaya atıldıktan sonra, ekvatorun üzerinde, yeryüzüne göre deđiőmeyen belli bir yükseklikte (36.000 km), yörüngesel bir konum ya da bölme tahsis edilir. Bu bölmeler, yanları 0,1 derece ile 0,2 derece arasında olan ve birbirlerinden 3 derece ya da 4 derece mesafede konumlandırılırlar. Uzay tarafından uygulanan kuvvetler nedeniyle uydunun senkron (yer yüzüne göreduragan) yörüngesinden çıkmasını engellemek amacıyla yerdeki kontrol merkezi yörünge kontrol sinyalleri ile uyduyu kendisine tahsis edilen bölgede tutar. Bunu gerçekteőtirmek için de uyduda bulunan ve püskürtme maddesi olarak genel dehidrazin (N₂H₄) kullanan idare roketleri kullanılır. Yaklaşık olarak her sene 10~15 kg arası püskürtme maddesi kullanılır.

Uyduları yapı bakımından üç bölüme ayırabiliriz;

a. Birinci bölüm hizmet bölümü denilen ve uyduyu yörüngede tutan, hareketlerini düzenleyen, dengeleyen kimyasal ve elektriksel tepki motorlarını, hareket sistemini, yakıtı ve aküleri barındıran bölümdür.

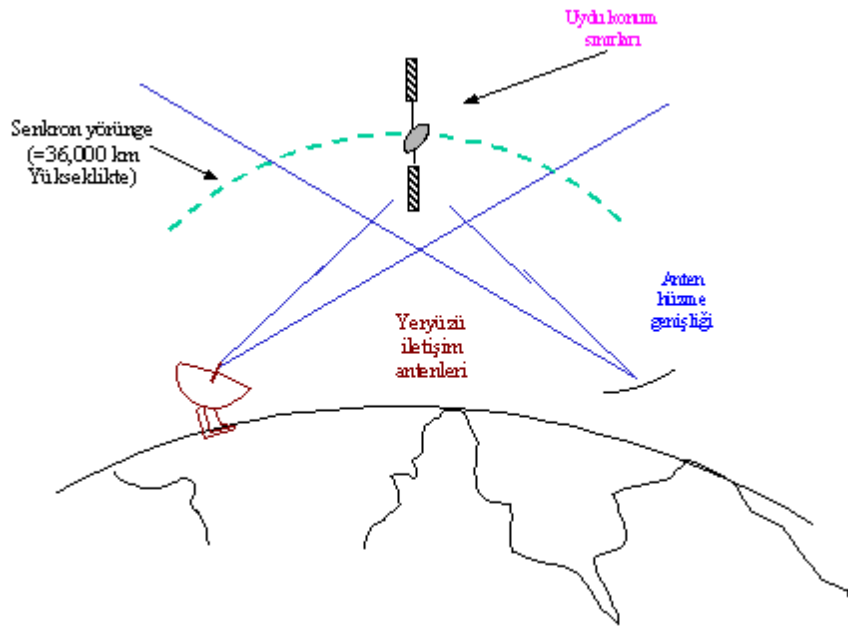
b.İkinci bölümde uydunun ana görevini yerine getiren transponderler, bilgisayarlar vb. tüm haberleşme donanımı yer almaktadır.

c. Üçüncü bölüm ise güneş levhaları ve tüm antenlerin bulunduğu dış kısımdır.

Uydunun tasarımı, haberleşmenin niteliği ile doğrudan ilgilidir. Dünya üzerinde bir yörüngede bulunan uydunun alıcı ve verici antenlerinin, Dünya üzerinde istenen bir noktaya yönlendirilebilmesi için antenlerin her zaman Dünya'ya dönük olması gerekmektedir. Aksi halde haberleşmenin sürekliliği sağlanamayacaktır.

Uydunun bu şekilde kararlı tutulmasına "Çift Dönme" yöntemi denir. Günümüzde ise yeni kararlı tutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi "üç eksenli kararlı tutma" yöntemidir [16].

Uydu Kontrolü, Dünya yüzeyine göre sabit bir nokta üzerinde dolanan bir haberleşme uydusunun haberleşme işlevleri, yörüngenin ve durumunun tam bir denetimini gerektirir. Durum denetimi, antenleri yöneltmek için gereklidir.



Şekil 3.1. Uydu haberleşme sistemi

Kaynak: Aydın, 2006, s. 56

3.2.1. Uydu transpondırları

Uydu transpondırları, tekrarlayıcı (röle) mantığıyla çalışır. Temel olarak, alıcı antenine gelen yer terminali işaretini filtreleyip ve gücünü yükselttikten sonra işareti

ulaşması gereken yer terminaline istenilen frekansta iletmekle yükümlüdür. Uydu transponderlerinde olası intermodülasyon etkilerini en aza indirmek için, kullanılan güç yükselteç modülünün doğrusal bölgede çalışmasını sağlayan sistemler mevcuttur. Bu sayede güç yükseltecin doyum noktasına ulaşması durumunda (birden fazla taşıyıcı sinyalin aktarımı durumu vb.) bu doğrulayıcı sistemler devreye girerek, güç yükseltecin çalışma noktası doğrusal bölgeye getirilir.

3.2.2.Yer istasyonları

Yer istasyonları anten modülü, anten modülüne bağlı uydudan gelen pilot işaretini algılayan arama modülü, alma ve gönderme modüllerinden oluşur. Ayrıca karasal haberleşme şebekesiyle bağlantıyı sağlayan altyapı ve sistem izleme, kontrol ve planlama modülleri de bulunmaktadır. Bu sayede uydu haberleşme sistemindeki tüm parametreler (güç, uydunun yörüngesi, yer terminalleri parametreleri vb.) izlenir, kontrol edilir ve gerekli planlama uygulanır.

3.2.3. Antenler

Uydu antenlerinin temel görevleri:

- İstenen frekans ve polarizasyondaki radyo frekans dalgalarını toplamak.
- İstenmeyen sinyalleri mümkün olduğunca az toplamak.
- İstenen frekans ve polarizasyondaki radyo frekans dalgalarını iletmek.
- Anten huzmesi dışındaki alanlara minimum güç yaymak olarak sıralanabilir.

3.3. Yayılma Denklemleri

Verici (T) ve uydu alıcısı (R) arasındaki veya uydu vericisi (t) ile yer istasyonu (R) arasındaki radyo dalgalarının ana ifadeleri, Friis'in denklemi ile başlar ve bu denklemleri logaritmik veya ondalıklı olarak yazabiliriz.

$$P_R = P_T G_T G_R (\lambda/4\pi d)^2 \quad (3.1)$$

ve

$$P_R = P_T + G_T + G_R - FSPL \quad (3.2)$$

Bu denklemlerde $L(s_u)$ ve $L(s_d)$ frekansın aynı olduğu durumlarda aynı değerdedir.

Uydu haberleşme sistemlerinde kullanılan anten tipleri huzme yayılım tiplerine göre horn, yansıtıcı, lens ve dizi antenler olmak üzere dört gruba ayrılır.

3.3.1. Horn antenler

Yönlü bir anten tipidir. Küresel kapsama amaçlı olarak kullanılabilmektedir. Noktasal kapsamının kullanılması gerektiği durumlarda horn tipi antenler boyutlarının büyümesi nedeni ile pratik çözüm olmaktan uzaklaşmaktadırlar.

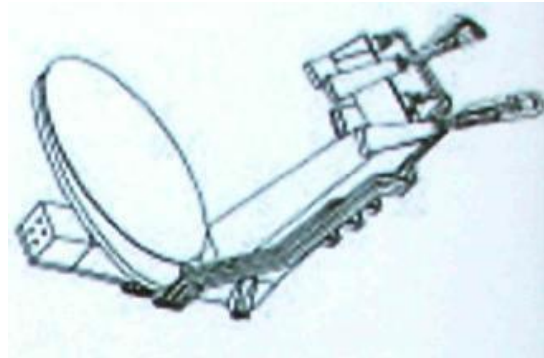


Şekil 3.2. *Horn Anten*

Kaynak: *Aydın, 2006, s. 65*

3.3.2. Yansıtıcı antenler

Bu tip antenler noktasal ve / veya şekillendirilmiş kapsama alanı sağlamaları yüzünden uydu haberleşmesinde sıklıkla kullanılmaktadırlar. Anten, yapısal olarak parabolik bir yansıtıcı ve bir veya birden fazla besleme biriminden oluşmaktadır. Şekil-3.3.'de tipik bir yansıtıcı anten gösterilmektedir. Yansıtıcı tip antenler kendi içinde kullanım ve ihtiyaca göre farklılıklar göstermektedir. Çift yansıtıcı, ofset beslemeli, çok beslemeli, çift ızgara yansıtıcı antenler farklı yansıma anten tiplerine örnektir.

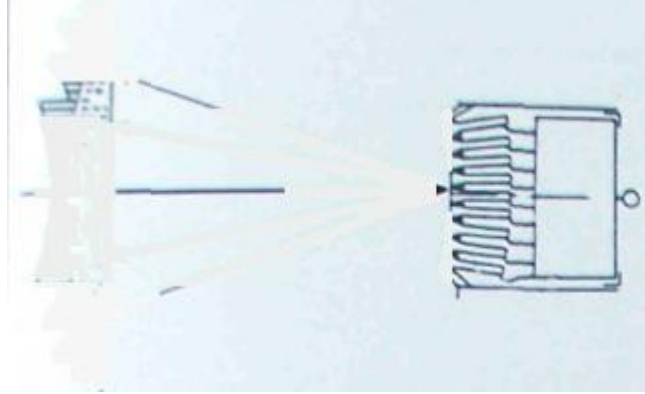


Şekil 3.3. *Yansıtıcı Anten*

Kaynak: *Aydın, 2006, s. 65*

3.3.3. Lens antenler

Bir veya birden fazla besleme birimi, kullandıkları lens sayesinde yayının odaklanarak yollanmasını sağlar. Besleme birimlerinin lensin arka tarafında bulunması yayının bloklanma olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Lens antenler birden fazla çoklu yayılım alanı yaratmak için kullanılır. Şekil- 3.4.'de lens tipi anten yapısı gösterilmektedir.

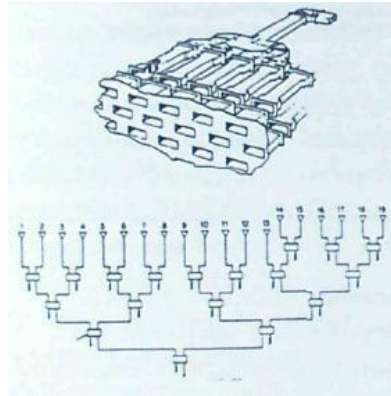


Şekil 3.4. Lens Anten

Kaynak: Aydın, 2006, s. 66

3.3.4. Dizi antenler

Dizi antenler istenilen yayılım şeklini sağlamak amacıyla ile belirli bir şekilde yerleştirilmiş olan besleme birimlerinden oluşmaktadır. Tüm yayılım şekli besleme birimlerinin faz ve genlik kombinasyonları ile elde edilir. Uydu haberleşmesinde dizi anten yapısı ve yansıtıcı, haberleşmede ihtiyaç duyulan güç değerlerini ve yayılım şekillerini elde etmek için beraber kullanılır. Şekil- 3.5.'de Fazlı dizi anten yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Dizi Anten

Kaynak: Aydın, 2006, s. 66

3.4. Uydu Hat Bütçeleri

Uydu hat bütçesi, uydu iletişim sisteminde verimli ve emniyetli iletişim yapılabilmesi için gerekli olan güç kriteri sistem parametrelerine (anten kazançları, çıkış gücü, transponder kazana, band genişliği, veri hızı, atmosferik ve coğrafik koşullar vb.) bağlı olarak hesaplanır. Uplink bütçesi, uydu iletişimi için kritik bir etken olmayıp güçlü yer istasyonları gerekli tüm gücü sağlayabilmektedir. Downlink'te ise durum farklıdır; uydunun verici gücü sınırlıdır ayrıca yer iletişim sistemlerinde diğer haberleşme uydularından gelen işaretlerin girişim olasılığı vardır. Bu nedenlerden dolayı ITU tarafından, haberleşme uydularından gelen gücün yeryüzü yüzeyi üzerinde oluşturduğu maksimum akı yoğunluğu için genel kurallar belirlenmiştir.

3.5. Uydu Haberleşmesinde Kullanılan Frekanslar

Uydu haberleşme sistemlerinde genellikle 4 ana frekans bandı kullanılmaktadır. Bunlar sırasıyla C-bandı, X-bandı, Ku-bandı ve Ka-bandıdır. Çalışma frekansları ve kullanım alanları aşağıda gösterilmektedir. Bu uygulamanın İngilizlerin İkinci Dünya Savaşı'nda tespiti zorlaştırmak amacıyla, değişik frekans bantlarına verdikleri harf uygulamasından kalmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Harf Kodlaması Frekans Bandı

<i>P</i>	<i>225–390 Mhz</i>
<i>L</i>	<i>1–2 Ghz</i>
<i>S</i>	<i>2–4 Ghz</i>
<i>C</i>	<i>4–8 Ghz</i>
<i>X</i>	<i>8–12 Ghz</i>
<i>Ku</i>	<i>18 Ghz</i>
<i>K</i>	<i>8–27 Ghz</i>
<i>Ka</i>	<i>27–40 Ghz</i>
<i>V</i>	<i>40–75 Ghz</i>
<i>W</i>	<i>75–110 Ghz</i>

Çizelge 3.1. UHF, SHF ve EHF frekansları genel bilgileri

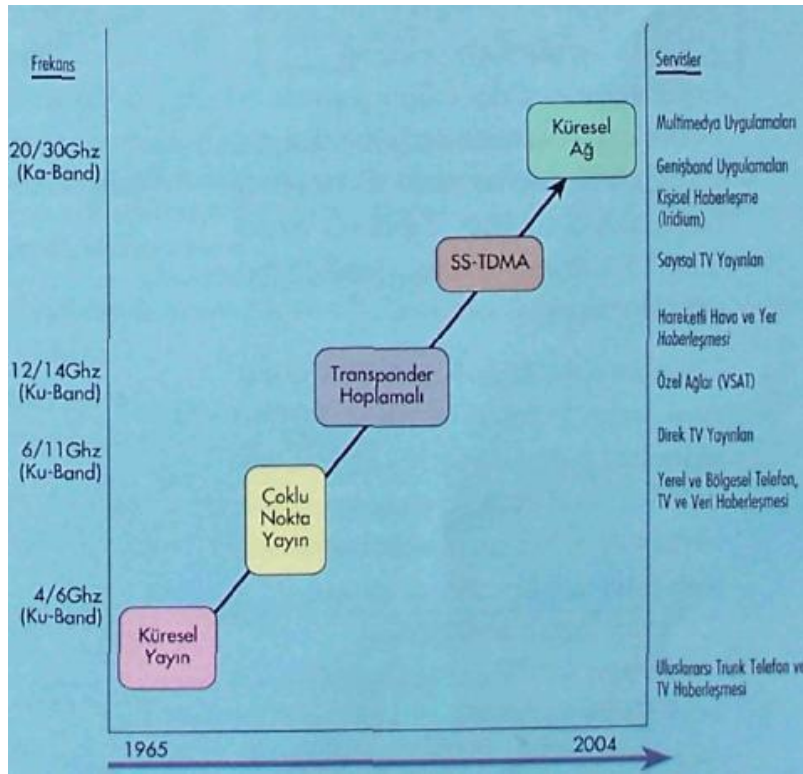
Frekans	Kısaltma	Anlamı
0.3–3 Ghz	UHF	Ultra Yüksek Frekans
3–30 Ghz	SHF	Süper Yüksek Frekans
30–300 Ghz	EHF	Son Derece Yüksek Frekans

Kaynak: Aydın, 2006, s. 68

Frekanslar yükseldikçe hem teknolojik girdiler ve güvenlik artmakta; hemde frekans bandı genişlemektedir.

3.5.1. Frekans planları

Günümüz uydu haberleşme sistemlerinde, varolan iletişim ağını kullanarak daha verimli ve yüksek hızda haberleşme yapabilmek amacıyla çeşitli çoklu erişim yöntemleri kullanılmaktadır. Aşağıda bu tekniklerden en çok kullanılan üçü hakkında bilgi verilecektir.

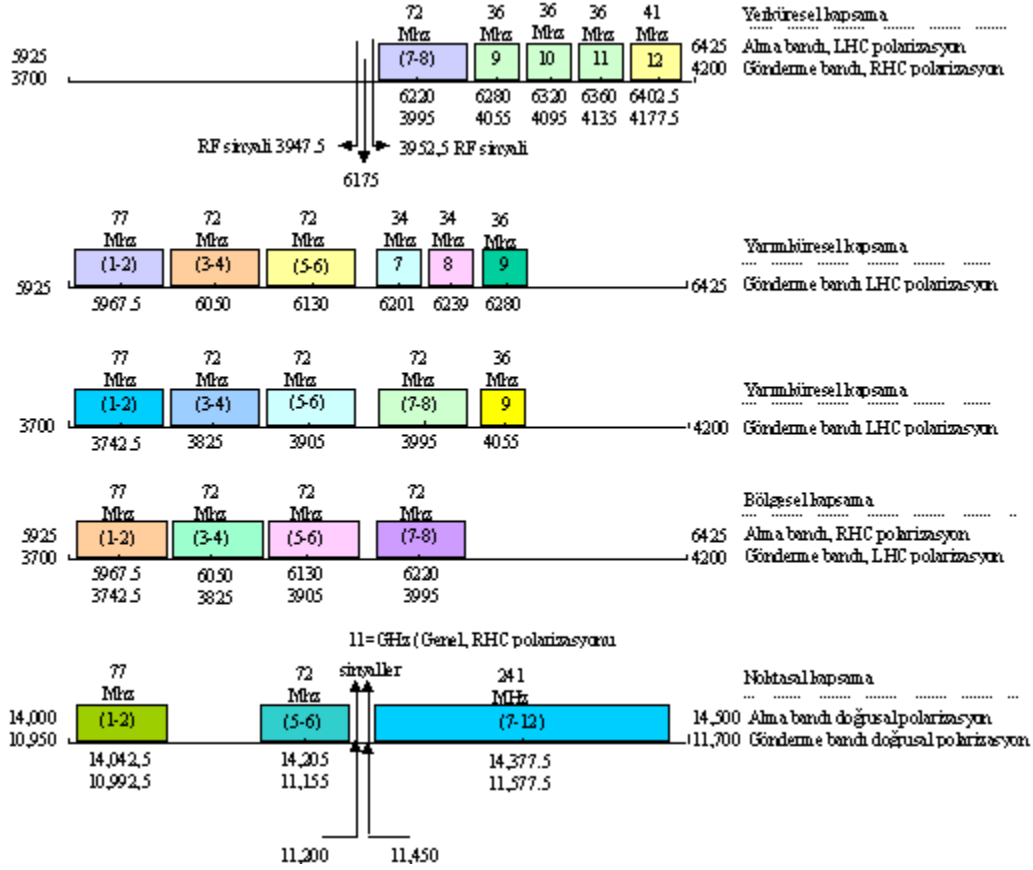


Şekil 3.6. Uydu Haberleşmesinin Gelişimi

Kaynak: Aydın, 2006, s. 69

3.5.1.1. Frekans paylaşımı çoklu erişim

Kısaca FDMA olarak tanımlanan Frekans Paylaşımı Çoklu Erişim sistemlerde, her frekans taşıyıcı, ayrı bir frekansta bulunur ve bu taşıyıcıya, çok taşıyıcılı bir transponderde belirli bir yer tahsis edilir.

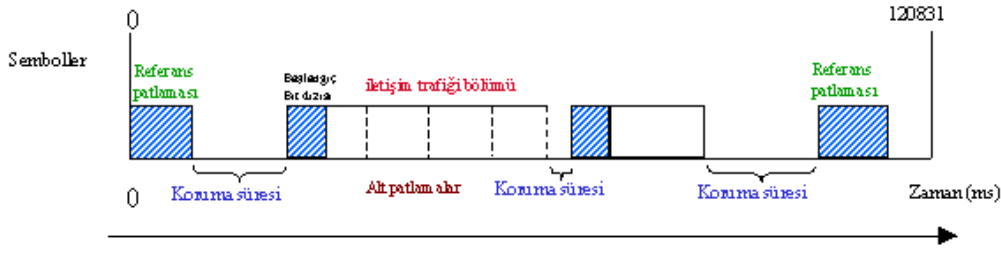


Şekil 3.7. C-bandında çalışan Intelsat V transponderi için tipik bir frekans planı

Kaynak: Aydın, 2006, s. 70

3.5.1.2. Zaman paylaşımı çoklu erişim

Kısaca TDMA olarak tanımlanan zaman paylaşımı çoklu erişim modunda, her kullanıcı, uydu transponderine aynı taşıyıcı frekansını kullanarak, belli bir referans zamanına göre belli zaman bölmelerinde erişir. TDMA çerçevesi adı verilen bir zaman aralığı belirlenmiştir, bu süre içinde, ağdaki tüm kullanıcılar, kendilerine ayrılan zaman bölmeleri içinde bilgi paketlerini iletirler. Her ağ kullanıcılarına tahsis edilen zaman bölmeleri, çerçevede (frame) ne kadar iletişim trafiği iletileceğine ya da alınacağına bağlı olarak değişir. Tipik bir uydu TDMA çalışma sistemi, Şekil 3.8' de gösterilmiştir.



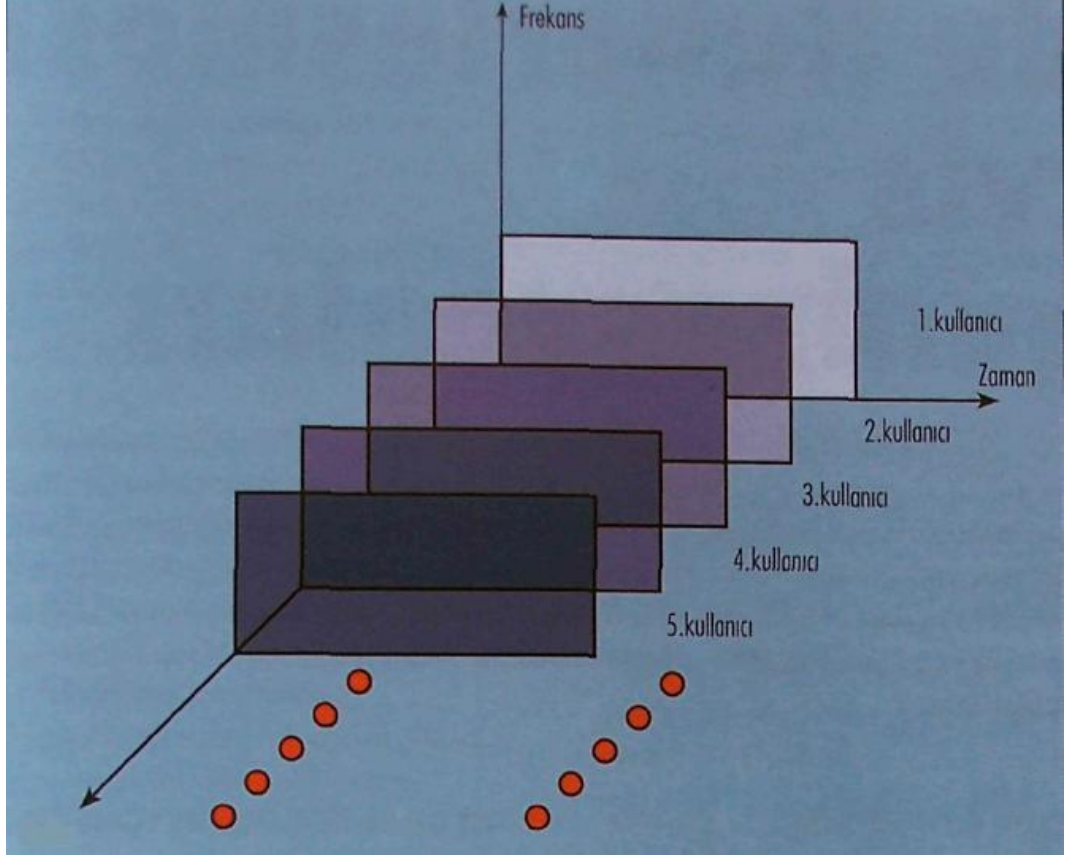
Şekil 3.8. TDMA zaman planlaması

Kaynak: Aydın, 2006, s. 71

İki ya da daha fazla FDM / FM sinyal aynı anda doğrusal olmayan bir yükselteç tarafından yükseltirse, bir FDM / FM taşıyıcının temel bandına başka taşıyıcılardan karışma olur. Bu meydana geldiğinde, doğrusal olmayan yükseltecin genlik modülasyonu / faz modülasyonu özellikleri, taşıyıcıda genlik modülasyonu oluşturur. Bu da diğer taşıyıcılarda faz modülasyonu meydana getirir (AM/PM conversion). TDMA sayesinde diğer taşıyıcılarda oluşturulacak faz modülasyonu sorunu çözülmektedir, dolayısıyla uydu güç yükselteci doyum modunda çalıştırılabilmektedir.

3.5.1.3. Kod paylaşımli çoklu erişim

Kısaca CDMA olarak adlandırılan Kod Paylaşımli Çoklu Erişim teknolojisi II. Dünya Savaşı sırasında müttefik kuvvetlerinin, haberleşmeleri sırasında düşman karıştırıcı sinyallerinden etkilenmemesi amacıyla geliştirilmiştir. Günümüzde ise askeri uygulamaların yanı sıra sivil uygulamalarda da sıklıkla kullanılan birçok erişim yöntemidir. Bu metot sayesinde tüm kullanıcılar aynı frekans bandını kullanabilirler. Her kullanıcıya ait bilgi yine o kullanıcı için rastgele yaratılmış birkod dizisiyle çarpılarak tüm band boyunca yayılır. Kullanılan kod dizileri birbirlerinden bağımsız olduğu için alıcı tarafında hangi kullanıcıya ait bilgi alınmak isteniyorsa, alınan sinyaller o kullanıcının kodu ile tekrar çarpılarak istenilen bilgiye ulaşılır. CDMA tekniği yukarıda açıkladığımız yöntem sayesinde, kullanıcıların aynı frekans bandını istedikleri zamanda kullanabilmesine olanak vermektedir, CDMA, SSMA olarak da adlandırılmaktadır. Şekil-3.9.'da CDMA modunun basit çalışma sistemi gösterilmektedir.



Şekil 3.9. CDMA kodlama tekniği

Kaynak: Aydın, 2006, s. 72

3.6. Uydu Muhabere Sistemlerinin Genel Özellikleri

Uydu muhaberesinin tüm haberleşme sistemleri ile değerlendirildiğinde beklenecek özelliklerinin genel hatlarıyla aşağıda sıralandığı şekilde olacağı değerlendirilmektedir.

Birlikte çalışabilirlik (Interoperability);

Gelecekte bütün sistemlerin birbiriyle uyumlu ve birlikte çalışabilir olması gerekecektir. Cihazların birlikte çalışma yanında, birbirini kötü yönde etkilememesinde en önemli özelliklerden olacaktır. Özellikle zamanımızda geliştirilen ve imal edilen çeşitli cihazların yine daha önceki bölümde de bahsettiğimiz üzere gerek geri ödeme nedenleri ile ve gerekse ihtiyaca binaen kullanılacağını düşünürsek çok yakın bir gelecekte ortam biraz daha kalabalık olacaktır.

Entegrasyon;

Gelecekte bütün haberleşme sistemlerinin entegre bir yapıda ve bu entegre yapının içerisinde modüler çalışmalarını destekleyen bir yapıda olması beklenecektir.

Standardizasyon;

Gelecekte bütün haberleşme sistemlerinin, aynı cihazı kullanmasalar bile, standartlara yüzler ile standart servisleri desteklemesi beklenecektir.

Maliyet etkinlik;

Gelecekte bütün haberleşme sistemlerinin izleyeceği yol, en ucuza en yüksek kapasiteli haberleşmeyi sağlamak yönünde olacaktır. Yani, sistemlerle ilgili terminal alımından, konuşma ücretlerine kadar giden bir zincirin en ucuz ve en verimli olması aranacaktır. Müteakiben MAKE – OR – BUY (Yap veya Al) stratejisine uygun olarak işlem görecektir.

Kolay kullanım;

İnsanların haberleşme sistemlerinden beklentileri arttıkça, sistemlerin terminal ve servis bazında uymak zorunda oldukları kural ve işletme usulleri de karmaşıklaşmaktadır. Oysa bu doğrusal yaklaşım ya kullanıcının sistemin bütün olanaklarını kullanamamasına, ya da sistemlerin pahalı olmasına yol açmaktadır. Gelecekte haberleşme sistemlerinden beklenen özellik, çok kolay kullanılan ve muhtemelen de sesle komuta edilebilen çok yüksek servis ve seçenek kapasiteli akıllı terminaller olacaktır.

Küreselleşme;

Gelecekte haberleşme sistemlerinden beklenen vazgeçilmez özellik, Dünya'nın her yerinde ve her koşul altında kullanımını olacaktır.

Terminal cihazları;

Gelecekte haberleşme sistemlerinden beklenen özellik, uç birimi olarak "etkileşimli çoğul ortam birimi (interactive multimedia)" kullanması olacaktır. Yukarıda arz edilen özelliklerin ışığında hâlihazırda var olan uydu sistemlerinin özellikleri ise şöyle sıralanmaktadır;

- Artan haberleşme mesafesi
- Güvenilirlik
- Tesis kolaylığı
- Elastikiyet
- Tesis yeri seçimi
- Uzun ömürlü olma kabiliyeti
- Karıştırmaya dayanıklılık

3.7. Uydu Haberleşmesinin Klasik Sistemlere Göre Üstünlükleri

Uydu aracılığıyla bir bilginin birçok noktaya birden dağıtılması diğer seçenekler olan fiber kablo, bakır kablo veya telsiz istasyonlarına göre daha çok verimli bir yoldur. Noktadan noktaya veya tek noktadan çok noktaya erişimli olarak tanımlanabilen uydu hatlarının kablolu ve kablosuz diğer hatlara göre avantajlarının başlıcaları şunlardır;

- Uydu hattının uzunluğu, karasal bağlantılardakinin aksine servis maliyetini etkilememektedir.

- Kablo hatlarının fiziksel olarak erişemeyecekleri yerlere uydularla servis sağlanabilmektedir.

- Kablo ile erişim maliyetinin sınırlayıcı olduğu durumlarda uydular devreye girebilmektedir.

- Gemi, uçak gibi araçlara uydu mobil terminalleriyle diğer kullanıcıların sahip olduğu seviyede servis verilebilmektedir.

- Uydular her bir transponderde geniş kanal kapasiteleri sunabilmektedir.

- Uydu haberleşme sistemleri süratle istenilen bölgede tesis edilebilme imkanına sahip olduğundan bir muhabere sisteminde arzu edilen elastikiyet özelliğine sahiptir,

- HF sistemler hasım tarafından kolaylıkla kestirilerek yer tespiti yapılabilir. Buna mukabil uydu terminali uzay kesimi ile irtibatı bir ince hüzme üzerinden sağladığı için kestirilmesi ve dolayısıyla istasyon yer tespiti çok zordur. X band askeri sistemlerde emniyeti daha da artırılmıştır. Dolayısıyla uydu bir muhabere sisteminde aranan emniyet özelliği yönünden üstündür.

- HF sistemler muhabere ortam kirliliğinden azami etkilenir ve dolayısıyla muhabere güçtür. Uydu muhaberesi temiz bir gönderme ortamına sahip olduğundan muhabere sistemlerinde aranan güvenilirlik açısından üstündür.

- Bugün HF teknolojisi alçak sürat data ve durağan görüntü muhaberesine olanak sağlamaktadır. Buna karşın uydu sistemi yüksek sürat data ve hareketli görüntü imkanına sahiptir. İlaveten, uydu terminalleri işletmede asgari operatör müdahalesine ihtiyaç gösterir, kullanımı kolaydır.

- Her iki sistem birbirlerine alternatif muhabere olanağı sağlar.

- Her iki sistem karıştırmaya karşı hassas olmakla birlikte bu zafiyetlerini gidermek üzere yürütülen çalışmalarda uydu sistemleri kullandıkları teknikler ile frekans atlama özelliği uygulanan HF sistemlerine nazaran öndedir.

- Yapılan karşılaştırma sonunda ortaya çıkan değerlendirmeler aşağıda belirtilmiştir;

(1) Ku band uydu muhabere sistemi HF muhabere sistemine nazaran özellikle yer tespitinin nispeten güç olması, elektronik harbe dayanıklılığı yönleriyle emniyet açısından, buna ilaveten güvenilirlik, işletme kolaylığı ve muhabere kolaylıklarının fazla olması açısından üstündür.

(2) X band muhabere sistemi ise, ticari uydu muhabere sisteminden bağımsız olarak silahlı kuvvetler tarafından çalıştırılabilmesi, hareketli platformların muhaberesine imkân vermesi, elektronik harbe karşı mukavemetinin fazla olması yönleriyle Ku band muhabere sistemine nazaran üstündür.

(3) Herhangi bir uydudan transponder kiralanasının maliyeti 1 adet 36 Mhz transponder için yaklaşık olarak yıllık 3 milyon ABD dolarıdır. TSK için planlanan toplam transponder kapasitesi 120 Mhz. olup yıllık maliyet yaklaşık 12 milyon dolara ulaşmaktadır. 15 yıllık maliyet ise 180 milyon dolardır. Buna karşın, yapılmış olan hesaplara göre, transponder kiralanasına yönelik teklif edilen projenin mülkiyeti dahil olmak üzere 15 yıllık maliyeti en fazla 135 milyon dolar olmakta ve kiralama yöntemine göre daha avantajlı olduğu ortaya çıkmaktadır.

(4) Müstakil bir askeri uydu atma maliyeti ise transponder kiralanasına yönelik teklif edilen proje maliyetinin yaklaşık dört katıdır.

(5) Bu uyduya askeri transponder konulmadığı takdirde, milli uydulara en az 15 yıl askeri uydu özelliği kazandırılma şansı olamayacak bir diğer deyişle çağı yakalamak 15 yıl sonra mümkün olabilecektir [17].

Uzay destek sistemleri; uyduları yörüngelerine yerleştirmek, uzayda konuşlandırılmış sistemlerin ömrü süresince; yörünge kontrolünü, görev değişikliklerini ve diğer sistemlerle entegrasyonu sağlamak amacıyla kullanılan sistemlerdir.

Muharebe gücünü arttırmak amacıyla, istihbarat, seyrüsefer, haberleşme ve erken ikaz sistemleri uzaya konuşlandırılmış ve bu alanlarda uzayın getirdiği avantajlardan maksimum derecede istifade edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaca hizmet eden sistemlerden, ABD'nin soğuk savaş dönemlerinde 1960–1972 yılları arasında atılan 100 uyduyu kapsayan CORONA casus uydu programı, SSCB ve Çin'in nükleer programları hakkında en ince ayrıntıları bile öğrenmelerine imkan sağlamıştır. Bunun yanında küresel bir ulusal hedefi olan ve buna göre konseptlerini geliştiren ABD'nin çok etkin uydu haberleşme sistemleri mevcuttur. Uzayda konuşlu erken ihbar sistemleri, stratejik veya

taktik düzeyde, atmosfer içinden ve dışından gelebilecek her türlü füze tehdidini yeteri kadar önceden tespit ve teşhis etme imkânı sağlamaktadır. ABD'nin, Çöl Fırtınası operasyonunda da kullandığı, Savunma Destek Programı (DSP) kapsamında sahip olduğu uzayda konuşlu erken ihbar sistemi, Irak'ın kullandığı SCUD füzelerinin tespit ve önleminde önemli rol oynamıştır.

3.8. Uydu Haberleşmesi Servis Organizasyonları

3.8.1. Uydu haberleşme sistemlerinin tasarımı

Karmaşık ve birçok değişkeni bulunan uydu sistemlerinin tasarımında; servis gereksinimleri ve kalitesi ile kapsama alanı ve çalışabilirlik oranı gibi konuların özenle değerlendirilmesi gerekmektedir. Maliyeti ve kapasitesi iyi planlanmış bir uydu haberleşme sisteminin tasarlanması karmaşık bir süreçte gerçekleşmektedir. Bu süreçte etkili olan faktörler; işletim kısıtlamaları, çalışma frekansı kısıtlamaları, ağırlık ve boyutlar ile buna bağlı olarak üretilmesi gereken enerji miktarıdır. Frekans planlaması uygun şekilde yapılmadığında radyo frekans sistemleri birbirine girişim etkisi yapmaktadır. Servis kalitesinin belirli bir seviyede tutulması için, frekans spektrumu ve yörünge kaynak tahsisi ITU tarafından koordine edilmektedir. Uydu haberleşme sistemlerine ilişkin hükümler ilk defa 1963 yılında düzenlenen ITU konferansında gündeme alınarak günümüze kadar gelmiştir. Sınırlı olan frekans ve yörünge kaynak tahsislerine ilişkin planları, yeni güncelleştirilmektedir.

3.8.2. Uydu haberleşme sistemlerinin yönetimi

Uydu haberleşme sistemlerinin işleticileri ve kullanıcılarının yönetimi, ITU üyesi olan ülkelerin ilgili resmi düzenleyici kurumlarının sorumluluğundadır (Türkiye'de Telekomünikasyon Kurumu). Uydu servis organizasyonlarına üye olan ülkelerin ilgili kuruluşları şebeke (ağ) yönetimine ilişkin kurallara uymak zorundadır. Uydu haberleşme servis sağlayıcıları, kullanılan radyolink veya askeri / sivil radarlar gibi karasal sistemlerinin girişim etkisini frekans planlamasında göz önünde bulundurmalıdır. Uydular, küresel haberleşme ağının bir parçası olarak karasal sistemler ile uyumlu standart ve protokolleri destekleyen bir iletişim ortamı sağlamalıdır.

Uydu haberleşmesinin gelişiminin, ülkelerin düzenleyici kurumlarının öncülüğünde, uygun frekans planlaması, birlikte çalışabilirlik ve standartlara uyum ile sağlanacağı değerlendirilmektedir. Birlikte çalışabilirlik ihtiyacı, yeni uyduların telefon

haberleşmesi, geniş bantlı servisler ve internet erişiminin birçok şekli için karasal şebekelere bağlanması gereksinimi nedeni ile ortaya çıkmıştır. Küresel uydu haberleşme sanayinin rekabetçi doğası, anahtar rolündeki teknolojilerde iş birlikteliklerini zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, uluslararası iş birlikteliği, uydu servislerinin tanıtılması ve uydu haberleşmesinin küreselen formasyon alt yapısının bir parçası haline getirilmesi durumunda sanayiye büyük yarar sağlayacaktır.

Uydu ve karasal haberleşme ağlarının Dünya çapında sorunsuz şekilde birlikte çalışabilmesi için protokol ve standartların geliştirilmesine yönelik gerekli araştırma / geliştirme faaliyetleri sürdürülmektedir. Geleceğin küresel ağlarını; telli / telsiz karasal, telsiz / mobil ve uydu şebekelerinin oluşturacağı öngörülmektedir. Bu açıdan bütün servislerin sorunsuzca birlikte çalışması ve müşteri ihtiyaçlarını karşılaması büyük önem arz etmektedir. Böyle bir küresel ağın oluşturulabilmesi, herbiri kendi Protokol ve özel standartlarıyla çalışan sistemler yerine, ortak protokol ve standartlar geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bugüne kadar birçok protokol ve standart, karasal haberleşme uygulamaları için geliştirilmiştir. Bu nedenle uydu servis sağlayıcıları, karasal ağlar ve özellikle yüksek hız gerektiren uygulamalara uyum sağlayacak protokoller geliştirebilmelidir. Bu amaçla, çeşitli ülkelerin uzay ajanslarının ortaklığıyla kurulan kurumlar, uzay ile ilgili protokol ve standartlar geliştirmektedir.

3.8.3. Uydu haberleşme servisleri

Uydu haberleşmesi konusunda düzenleyici bir kurum olarak görev yapan ITU tarafından, uydu servisleri üç başlık alanda toplanmaktadır;

1. Sabit uydu servisleri;

Haberleşme servis sağlayıcılarının verdikleri ülkeler arası telefon haberleşmesi gibi servisleri kapsamakta ve sabit yer istasyonları kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

2. Yayıncılık uydu servisleri;

Sabit yer istasyonları ile uyduya gönderilen sinyallerin daha küçük yer istasyonlarıyla alınmasını sağlayan TV ve radyo yayıncılığı benzeri hizmetleri kapsamaktadır.

3. Mobil uydu hizmetleri;

Havacılık ve denizcilik uygulamalarına yönelik servisleri ve mobil telefon hizmetlerini kapsamaktadır.

3.8.4. Uydu servis organizasyonları

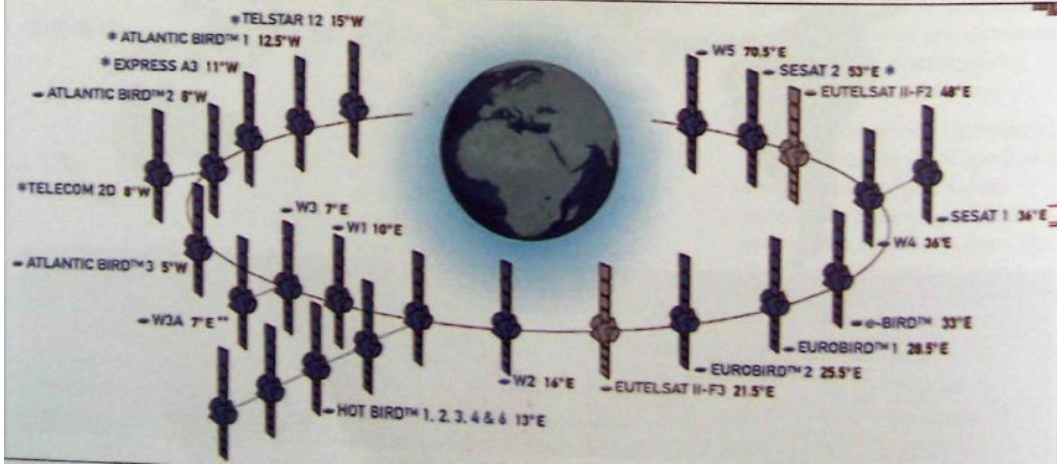
Sabit uydu servisleri ile yayıncılık uydu servisleri ayrı ayrı veya aynı organizasyon tarafından verilebilmektedir. Birçok organizasyon tarafından her iki servisin de verilmesi nedeniyle servis organizasyonları; sabit ve yayıncılık servis organizasyonları ve mobil uydu servis organizasyonları olarak iki başlık altında tanıtılacaktır.

1. Sabit ve yayıncılık uydu servis organizasyonları,

INTELSAT: Küresel uydu servisi verilmesi amacıyla 1969 yılında 19 ülkenin bir araya gelerek kurduğu en büyük ve kapsamlı uluslararası ilk uydu organizasyonudur. Türkiye'nin de üyesi olduğu INTELSAT, 42 üye ülkeyi ve 40 yatırımcı kuruluşu bünyesinde bulundurmaktadır. Şu anda sahip olduğu 22 adet yer uyumlu yörünge uydusu, 2 adet kiralık uydu kapasitesi, kritik noktalardaki yer istasyonları, karasal haberleşme ağı ve en geniş kapsama alanı ile çok çeşitli servis seçenekleri sunmaktadır. INTELSAT tüm okyanus (Atlas, Hint ve Büyük) bölgelerini kapsamaktadır. INTELSAT'ın sunduğu uluslararası veya bölgesel, özel veya iş amaçlı, kısa veya uzun dönemli ses ve veri servislerinin başlıcaları:

- Düşük trafikli, anahtarlamalı, isteğe bağlı çalışan kırsal alan şebekeleri,
- Yüksek trafik ihtiyaçlarına yönelik TDMA servisi,
- 64 Kbps–155 Mbps arasında çalışan [en çok kullanılan 2048 Kbps (E1) ve 1544 Kbps (T1)] ses, veri, video konferans, sayısal televizyon ve ISDN servisleri için kullanılan I DR. servisi,
- Küçük çapta antenler ile ses, veri ve televizyon uygulamalarını kapsayan iş amaçlı özel şebekelerdir.

EUTELSAT: Avrupa ülkeleri; ses, görüntü ve veri iletişiminin geliştirilmesi, bölgesel uydulara daha geniş ve etkin kapsama alanlarıyla servis verilmesi amacıyla ve Avrupa Telekomünikasyon Uyduları (European Telecommunication Satellites: EUTELSAT) adıyla 1977 yılında bir organizasyon kurmuştur. Türkiye'nin de üye olduğu organizasyon Avrupa dışına da yayın yapmaktadır. EUTELSAT – I ve II serisi uydular ile bu uyduların pozisyonları Şekil- 3.10'da, belirtilmiştir. EUTELSAT 15° Batı ve 70,5° Doğu pozisyonları arasında. Ku (Kunder, K alt) ve Ka (K-above: K üst) bandında toplam 22 uydu ile hizmet vermektedir. EUTELSAT organizasyonu, konvansiyonel haberleşme hizmeti dışında, EUTELTRACS sistemi ile pozisyon bilgilerini içeren iki yönlü mesai) alışveriş servisini sunmaktadır.



Şekil 3.10. EUTELSAT-I ve II serisi uyduların pozisyonları

Kaynak: Aydın, 2006, s. 81

Bu servis, Paris'teki merkez istasyonunda kontrol edilmekte ve 45.000 abone kapasitesi ile başta Avrupa olmak üzere Kuzey Afrika, Amerika ve Orta Doğu'ya hizmet sunmaktadır.

INTERSPUTNIK: Dokuz ülkenin ortaklığıyla 1971 yılında kurulmuş olan ve halen 24 üye ülkesi bulunan Intersputnik organizasyonu, Birleşmiş Milletler, UNESCO ve ITU gibi uluslararası kuruluşlara da hizmet vermektedir. Intersputnik uyduları 11°Batı ve 80° Doğu arasındaki yörünge pozisyonlarına yerleştirilmiş olup, Atlantik, Hint ve Pasifik Okyanusu bölgelerini kapsamaktadır. Televizyon ve radyo yayıncılığı ile isteğe bağlı olarak video servisi, ses / veri / video konferans ve bölgesel ağ hizmetlerini vermektedir.

PANAMSAT: 1984 yılında kurulan ve uydu üzerinden televizyon ve radyo yayın hizmeti veren bir şirkettir. Merkezi Wilton / Connecticut'da (ABD) olan şirketin 4 adet uydu kontrol merkezi ve 22 adet uydusu ile dünyaya yayılmış ofisleri bulunmaktadır. Uydular TT&C sistemleri aracılığıyla izlenmekte ve kontrol edilmektedir [2].

3.8.5. Mobil uydu servis organizasyonları

INMARSAT: 1979 yılında kurulan, bugün 3. nesil uyduları ile dört ayrı bölgede ve 35 ülkede bulunan 50 yer istasyonu üzerinden mobil iletişim servisi veren, 87 üyeli uluslararası bir kuruluştur. Türkiye, 1989 yılında bu organizasyona üye olmuştur.

INMARSAT uydu şebekesi; doğrudan aramalı telefon, teleks, faks, e-mail, denizcilik uygulamaları için veri devreleri, uçuş güvertesinde ses ve veri, otomatik pozisyon bilgisi gönderme gibi servisler vermektedir. Ayrıca, acil durumlarda, normal

yollardan haber iletemeyen medya ajansları gibi kuruluşlar tarafından da kullanılmaktadır. Uydu şebekesi, dörder adet INMARSAT – 2 ve 3 serisi uydularını kullanarak hizmet vermektedir. Video, video konferans ve hızlı internet (432 Kbps) servislerini sunmak üzere tasarlanan INMARSAT–4 serisi uydular ise halen yapım aşamasındadır.

INMARSAT uydu şebekesi;

- Diz üstü bilgisayar boyutundaki taşınabilir telefon terminalleri ile araç ve denizcilik için ses, faks ve veri (2,4 Kbps) bağlantı servisi,

- Gemilerde radom korumalı olarak telefon, teleks, raks ve veri (64 Kbps) bağlantısı servisi,

- Küçük ve hafif terminaller ile sabit, mobil, taşınabilir ve denizcilik uygulamalarında iki yönlü veri haberleşmesi imkânı,

- Havacılıkla ilgili uygulamalarda veri mesajlarını depola ve gönder şeklinde iletim servisi (Aero-C),

- Havayollarının işletim ve yönetiminde gerçek zamanlı veri haberleşme (600 bps) servisi (Aero-L),

- Bölgesel ve ulusal hava sistemlerinde yolcu ve işletmeye yönelik çok kanallı ses ve veri haberleşme servisi (Aero-J),

Kıtalararası havayollarında yolcu ve mürettebat işlerim ve yönetim amaçlı yüksek hızlı(10,5 Kbps) ve çok kanallı ses, faks ve veri haberleşme servisi (AeroH) sunmaktadır.

IRIDIUM: Karasal haberleşme olanaklarının bulunmadığı uzak bölgelere haberleşme servisi sunan bir uydu sistemidir. Başlangıçta ABD Hükümetine servis veren Iridium, Mart 2001'den beri yardım, denizcilik, madencilik, ormancılık, petrol ve maden arama gibi faaliyet alanlarında da ticari servis sunmaktadır. Ses ve veri aramaları sırasında sinyaller, aranan Iridium abonesinin üzerindeki uyduya gelinceye kadar uydudan uyduya aktarıldıktan sonra yere indirilmektedir. Iridium takım uyduları; yakın kutupsal yörüngede ve yerden 780 km. uzaklıkta, 66 adedi çatışan, 14 adedi yedek olan toplam 80 uydunun ahi kutupsal düzlemde oluşturduğu bir sistemdir. Her düzlemde telefon ağındaki düğüm noktası gibi görev yapan 11 adet uydu bulunmaktadır. Yedek uydular ise servis veremeyecek durumdaki uyduların yerine kullanılmak üzere dönmektedir. Bu sistem ile Dünya'nın herhangi bir yeri en az bir uydu kapsama alanına sürekli olarak alınabilmektedir [2].

Yaklaşık 27000 km/saat hızla dönen uydular Dünya etrafındaki bir dönüşü 100 dakikada tamamlamaktadır. Her uydu, ikisi kendi düzleminde diğer ikisi de komşu düzlemde olmak üzere diğer dört uyduyla bağlanmaz. Yer şebekesi, sistem kontrol kısmı ve parasal telefon sistemine bağlantı için kullanılan telefon geçiş noktalarından oluşmaktadır.

GLOBALSTAR: 1991 yılında kurulan ve 1999 yılında ticari servis vermeye başlayan Globalstar 100'den fazla ülkede hizmet vermektedir, Globalstar, GSM gibi hücresel kapsama alanı dışındaki kişilere telefon haberleşmesinin yanısıra internet ve özel veri ağı bağlantısı, pozisyon bilgisi, kısa mesaj servisi, arama ve yönlendirme gibi hizmetler sunmaktadır. Globalstar terminalleri; sabit (telefon kulübesi, telefon santrali vb) mobil (araca monte edilebilir) ve portatif (el ile taşınabilir) olmak üzere üç gruba ayrılabilir.

Globalstar takım uyduları, uydu işletim kontrol merkezi tarafından yönetilmektedir. Bu merkez, uyduları izler, yörüngelerini kontrol eder, uzölçüm ve uzkomuta servisi sağlar. Globalstar uydular, uydunun ve uydudaki ekipmanların durumunu bildiren durum raporu bilgisini devamlı gönderir. Bu merkez ayrıca uydu fırlatma ve konuşlandırma faaliyetleriyle de ilgilenir ve yer işletme kontrol merkeziyle Globalstar veri ağı sayesinde devamlı olarak iletişim halindedir [7].

Terminallerin verebileceği en fazla güç 2 Watt olarak belirlenmiştir. Yol çoklaması teknolojisi sayesinde bir telefon görüşmesi, birden fazla uyduya ulaşarak, bir uydunun görüş alanından çıkması halinde bile görüşme kesilmeden devam edebilmektedir. (Çizelge 3.2) Globalstar, Dünya'nın çevresinde alçak bir yörüngede (1.414 km) bulunan 48 uydudan oluşan takım uydu sistemidir. Başlangıç olarak 52 adet uydu yörüngeye yerleştirilmiş olup bunların 4 adedi yedek olarak tutulmaktadır. Globalstar uyduları, basit yansıtıcı hizmeti veren küçük uydulardır. Globalstar uyduları ekvatora göre 52° eğimli, 8 adet yörünge düzleminde eşit bir şekilde yörüngeye oturtulmuştur. Yörünge düzlemlerinin herbirinde 6 adet uydu bulunmaktadır.

Çizelge 3.2. Globalstar haberleşme sisteminin frekans bandı

Haberleşme Şekli	Bant Genişliği
Telefondan-Uyduya	1610-1626.5 MHz
Uydudan-Telefona	2483.5-2500 MHz
Yer İstasyonundan-Uyduya	5091-5250 MHz
Uydudan-Yer İstasyonuna	6875-7055 MHz

Kaynak: Aydın, 2006, s. 85

THURAYA; Birleşik Arap Emirlikleri'nde bulunan Thuraya uydu haberleşme şirketi için tasarlanıp üretilen bu sistem 2001 yılından itibaren ticari servis vermeye başlamıştır. Thuraya, Orta Asya, Hindistan, Avrupa, Kuzey ve Orta Afrika ve Orta Doğu'da 100 ülkede 2,5 milyara yakın insanın bulunduğu bölgeye hizmet vermektedir. Thuraya'nın çift modlu terminali sayesinde kullanıcılar GSM kapsamında oldukları durumda karasal şebekeleri kullanabilmekte kapsama alanı dışında veya bina dışında oldukları durumda uydu moduna geçebilmektedir. Bu terminaller ses veri, faks ve GPS servisi verebilmektedir. Thuraya, yer uyumlu yörüngede yüksek güçlü uydu kullanarak, tek bir geçiş noktası yer istasyonu ile, bölgesel olarak tüm servis alınma hizmeti verebilmektedir [2].

ACeS: Sistem bir adet yer uyumlu uydu kullanmaktadır. Kullanıcı terminali normal bir cep telefonu büyüklüğündedir. ACeS uydusu 140 spot huzme ile bütün Asya'yı kapsamaktadır. Aynı anda 11,000 telefon kanalı ve iki milyon abone kapasitelidir. Uydu kapsama alanı Papua Yeni Gine, Endonezya, Japonya, Çin ve Pakistan sınırına kadar uzanmaktadır. Gelecekte atılması planlanan ikinci ACeS uydusunun Avrupa ve kuzey Afrika'yı kapsamaması düşünülmektedir.

Uydu kontrol merkezi uydu izleme ve kontrol ekipmanlarını, ağ kontrol merkezi ACeS haberleşme sistem kaynaklarının yönetim ve kontrolü için gerekli donanım, yazılım ve diğer olanakları barındırmaktadır. ACeS geçiş noktaları, ACeS sistemi ve diğer karasal haberleşme ağları arasında bağlantıyı sağlar. İki modlu ACeS el terminali sayesinde kullanıcılar ACeS uydu haberleşme sistemini kullanabilmektedir. Bu sayede kullanıcılar GSM ağı kapsamındayken GSM şebekesini, bu kapsamdan çıktıklarında uydu sistemini kullanabilmektedir [10].

4. TÜRKİYE’DE UYDU TEKNOLOJİLERİNİN DOĞUŞU VE GELİŞİMİ

4.1. Giriş

Bilgi arşivlerini artıran, bu özelliklerini kurumsal hale getiren, rekabet ortamlarını oluşturmuş ve bu konuda istek sahibi, kendi kabiliyetlerini geliştirebilecek olan, işbirliği fikirlerine açık, kendi özgün teknolojik projelerini geliştirebilen, uzay teknolojilerine ilişkin konuları benimsemenin yanı sıra konuya dair alt yapı ihtiyaçlarına cevap verebilen, fark oluşturabilen, bütün bu niteliklerini özgün ürünlere dönüştürebilen ve bu ürünleri geliştirerek hem yerli hem de yabancı kurum ve kuruluşlara ürün ve hizmet bazlı olarak sunabilme yeteneği kazanmış olan ülkelerin kendilerine katma değer oluşturmalarının yanı sıra orta ve uzun vadeli ölçekte bölgelerinde ve küresel kapsamda kayda değer ve önemli bir askeri ve siyasi güç odağı olacakları konusu izahtan varestedir [14].

4.1.1. Türkiye’de uydu teknolojileri

Türkiye uydu işletmecisi olma kararını 1980’li yıllarda haberleşme uydusu satın alarak vermiştir ve 1989 senesinde ilk defa haberleşme uydusu projesi için ihaleye çıkmıştır. Bu gelişmelerden sonra Fransız “Aerospatiale” firması ile 21.12.1990 tarihinde “Türk Milli Haberleşme Uyduları Sistemi Sözleşmesi” imzalanmıştır ancak, 24 Ocak 1994 tarihinde Türksat – 1A uydusu, Ariane – 4 fırlatıcı roketinin üçüncü kademesinde meydana gelen arıza sebebiyle, Fransız Guayansı’ndaki CSG fırlatma üssünden gerçekleştirilen fırlatma esnasında kaybedilmiştir. Daha önceden yapılmış olan sigorta sözleşmesi hükümleri uyarınca, aynı zamanlarda üretilmekte olan diğer uydunun yapımı hızlandırılmıştır ve 42° Doğu konumuna yerleştirilmesi düşünülen Türksat – 1B uydusu 11 Ağustos 1994 tarihinde konuşlandırılmıştır ardından 10 Ekim 1994 tarihinde hizmet vermeye başlamıştır. Türksat – 1B uydusunun teslim edilmesinden hemen sonra, yapılan sigorta sözleşmesinin hükümlerine uygun olacak şekilde Aerospatiale, Türksat A.Ş’nin kullanımı amacıyla yeni uydu yapmak için çalışmalara başlamış ve akabinde 10 Temmuz 1996 tarihinde Türksat – 1C uydusu fırlatılarak 31.3° Doğu konumuna konuşlandırılmıştır [7].

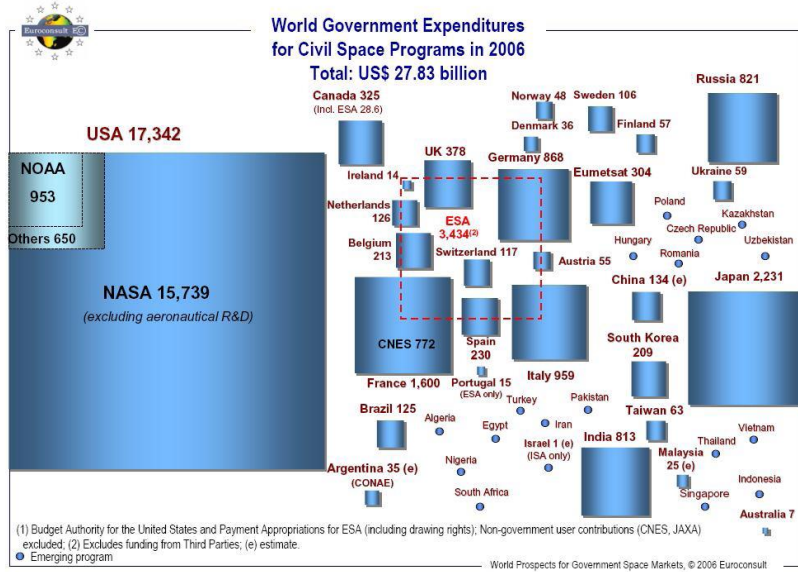
Bu tip ilerlemeler haberleşme uyduları sahasında yaşanırken, İTÜ İnşaat Fakültesi bünyesinde bulunan bir ünite olan Uzaktan Algılama ve Fotogrametri Bölümü, Devlet Planlama Teşkilatı finansmanında olmak üzere İTÜ Maslak yerleşkesinde olacak şekilde gözlem uyduları ile irtibatta olacak bir yer istasyonu kurmuştur. Bu birim İTÜ – SAGRES adı ile 2000 yılında faaliyetlerine başlayarak, çok geniş bir uzaktan algılama entegre ve

iletişim sistemi olarak hizmete girmeye hazır hale gelmiştir. Bunun akabinde de 2003 senesinin ikinci yarısı itibarıyla de hali hazırdaki durumuna gelmiştir.

Finansman DPT vasıtasıyla sağlanmak üzere TÜBİTAK Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY) tarafından Gözlem uydularının üretimine dair teknoloji bilgi ve birikimi kazanılması amacıyla bir teknoloji aktarımı projesi yürürlüğe koyulmuştur.

Savunma Sanayii Müsteşarlığı, askeri ve sivil amaçla uydu teknolojilerini kullanmak istemekte olan kamu kurum ve kuruluşlarının ihtiyaçlarını karşılamak üzere 2006 senesinde ihale şartnamesi yayınlanmış olan yüksek çözünürlüklü optik gözlem uydusu olan Göktürk – 1 projesini 2008 yılı sonlarına doğru Fransız – İtalyan ortaklığı olan Thales Alenia Space şirketi almıştır. Göktürk – 1 uydusunun uzaya fırlatılma işlemi ise 2012 senesinde gerçekleştirilmiştir.

Bahsetmiş olduğumuz gelişme ve ilerlemelerden de anlaşılacağı üzere Ülkemiz, Dünya çapında bakıldığında uzay teknolojileri bağlamında “Gelişmekte Olan Ülkeler” kategorisindedir. Türkiye’deki uzay ve uydu teknolojilerine dair yetenek ve kabiliyetler, uzaydan alınan dataların işlenmesi, görüntüleme amacıyla uydu tasarlanması, üretilmesi ve görüntüleme ile haberleşme amaçlı uyduların işletilmesi seviyesindedir. Ancak, uyduların uzaya fırlatılması yeteneği hali hazırda henüz Dünya’da çok az sayıdaki ülkede bulunmakta olup bu ülkelerde uzay teknolojileri bağlamında Dünya’da ilk sıralarda bulunan ülkelerdir.



Şekil 4.1. Euroconsult ülkelerin uzay programları harcamaları tablosu

Kaynak: V. UHUK, 2009, s. 2

Bunların yanı sıra, Euroconsult tarafından 2006 senesinde yayınlanmış bulunan inceleme dokümanında Dünya'daki ülkelerin sivil anlamdaki uzay ve uydu faaliyetleri açısından gerçekleştirdikleri harcamalar gösterilmektedir. Eğer Ülkemize bahse konu grafikte bakacak olursak uzay ve uydu programları yeni oluşmakta olan bir ülke olarak tespit edildiğini görmek mümkün olacaktır.

Önümüzdeki dönemde Ülkemizde uzay ve uydu teknolojileri bağlamında geliştirilecek olan bazı uydu alt sistemlerinin uluslararası bağlamda da dikkat çekmesi ve taleple karşılaşması muhtemeldir. Uydu ve uzay teknolojileri alanlarında yetenek ve kabiliyetlerini geliştirmeye devam etmekte olan birçok kamu kurum ve kuruluşunun tecrübe anlamındaki kazanımlarını arttırması ve kazanılan yetenekler ile tecrübelerin uydu ve uzay teknolojileri bağlamında Ülkemiz kadar gelişme kaydedememiş ve yeteneklerini geliştirme eğiliminde olan ülkelere ürün ve danışmanlık sağlanacak hale gelmesi açısından çalışmalara devam edilmesi planlanılmaktadır.

Hali hazırda düşünmediğimiz ancak ilerleyen dönemde taleplerle karşılaşması muhtemel görülen alanlarda uydu ve uzay teknolojilerinin kullanılmasında artış olacağı ön görülerek uydu teknolojileri tarafından sağlanan hizmetlerin erişilebilirlik açısından daha kolay olması gerekmektedir. Bunlar, eğitim, tarım, iletişim ve sağlık başta olmak üzere pekçok alanda birçok kolaylık sağlayacak ve bununla birlikte bütün halk geliştirilen bu teknolojilerden kendi namına düşecek düzeyde fayda sağlayacaktır. Bu açılımın ilk fazları birkaç yıldır ülkemizde başlamış olmakla birlikte kendimize ait taleplerimiz de yine kendi kaynaklarımız tarafından karşılanacak ve Dünya üzerinde uydu teknolojileri alanında söz sahibi olunması amacı doğrultusunda önemli bir aşama daha kaydedilmiş olacaktır [18].

4.2. Sivil Alandaki Gelişmeler

Sivil yaklaşımlar, Türk uzay çalışmaları, uzay alanında yapılması gereken faaliyetler ve Galileo sisteminin Türkiye'de sivil alanda kullanımı başlıkları altında incelenmiştir.

4.2.1. Türk uzay çalışmaları

Türkiye'de uzay çalışmaları 1990'lı yıllarda başlamış olup, günümüze kadar yapılan faaliyetler aşağıda özetlenmiştir.

4.2.1.1. Türkiye’de günümüze kadar yapılan uzay faaliyetleri

Uzay teknolojileri, devletlerin gelişme süreçlerini hızlandırmada, ülkelerin kalkınmasında, toplumların yaşam kalitesinin yükseltilmesinde ve güvenliğinde anahtar rol oynamaktadır. Bu nedenle, uzay bilimleri ve uzay teknolojileri alanındaki çalışmalar, tüm dünyada hızla artmaktadır. Özellikle 2000’li yıllarda uzay araştırmaları Dünya çapında bir rekabet alanına dönüşmüştür. Uzay, başta savunma olmak üzere, diğer birçok alanda ülkelere bir takım üstünlükler ve ilave kazanımlar sağlayan parlayan bir sektör haline gelmiştir. Uzay teknolojilerindeki gelişmeler, insanoğlunun yaşadığı gezegeni ve onu çevreleyen atmosferi daha iyi tanımasına imkân sağlamıştır. Bu sebepten sosyo – ekonomik gelişimde olumlu etkiler meydana gelmiş, yeni iş ve uzmanlık sahaları açılmış ve küresel pazarlar oluşmuştur. Ülkelerin uzayda kazanmış oldukları yetenekler, beraberinde getirdikleri politik ve askeri avantajlar sebebiyle de, ülkelerin uluslararası arenadaki prestijine önemli katkılar sağlamıştır.

Uyduların kullanımıyla beraber bilimsel verilerin elde edilmesinde ve insan yaşamını doğrudan ilgilendiren konularda büyük aşamalar kaydedilmiştir. Yerküre üzerinde meydana gelen fiziki değişimleri izleyebilme isteği ve özellikle de ülke sınırları dışına kadar uzanan bölgelerden veriler elde etmedeki zorluklar uydu teknolojisi ile aşılmaktadır. Bu kapsamda, deprem ve sel felaketleri, orman yangınları, toprak kaymaları gelişmiş ülkeler tarafından uydular ile izlenebilmektedir. Uzay çalışmaları esnasındaki araştırmalar aynı zamanda toplumun günlük yaşamını kolaylaştıran birçok yeniliklerin de yaratılmasına katkı sağlamakta, elde edilen bulgular, günlük yaşantıda ilave konfor ve kolaylık sağlayan yeryüzü teknolojilerine dönüşmektedir.

Dünya’da bu alanda hızlı gelişmeler olurken Türkiye, uzay teknolojilerine yönelik yeterli altyapı ve bilgi birikimini oluşturamamış ve ulusal bir organizasyonu henüz tesis edememiştir. Sivil ve askeri alanlarda son yıllarda başlatılan çalışmalar faaliyetlere ivme kazandırsa da; uzay kabiliyetlerine yönelik politika ve stratejiler henüz belirlenememiştir.

Ülkemizde, uzay bilim ve teknolojileri alanında yetkinlik kazanılması konusu 1990’lı yıllarda gündeme gelmiştir. Türkiye’de uzayla ilgili faaliyetlerin koordinasyon çalışmaları ilk olarak DPT (Devlet Planlama Teşkilatı)’nin 22 Haziran 1990 tarihli yazısı ile TÜBİTAK çatısı altında başlamıştır. Uzay alanında ilk faaliyet olan UBİTEK (Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Kurulu) Prof.Dr. Nejat İNCE başkanlığında 22 Haziran 1990 tarihinde oluşturulmuştur. UBİTEK’in sekretarya görevleri bir yıl sonra Marmara

Araştırma Merkezi'nde (MAM) kurulan Uzay Bölümü'ne bağlanmıştır. Prof.Dr. Nejat İNCE daha sonra aynı zamanda MAM Başkanlığına atanmış, ancak Kasım 1991'de hem MAM'ın hem de UBİTEK'in Başkanlığından ayrılmıştır. Aralık 1992'ye kadar UBİTEK'e Başkan atanmamıştır. 1992'de "MAM Uzay Bölümü" uzay bilimleri ve uygulamaları konusunda yeni proje ve programlara yönelmiştir. Haziran 1992'de Dr. Fuat İNCE MAM Başkan Yardımcılığı'na atanmış, Uzay Bölümü ona bağlanmış ve kendisi Aralık 1992'de aynı zamanda UBİTEK'in de Başkanı olmuştur. UBİTEK çerçevesinde uzay konusunda yapılan birçok faaliyetin yanısıra uluslararası uzay konferansları da düzenlenmiştir.

03 Şubat 1993'teki "Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu" (BTYK) toplantısında beş öncelikli alan belirlenmiştir:

- ✓ Uzay Teknolojileri,
- ✓ Biyoteknoloji,
- ✓ Bilişim Teknolojileri,
- ✓ İleri Teknoloji Malzemeleri ve
- ✓ Nükleer Teknoloji.

BTYK'nın bu toplantısında kabul edilen "Türk Bilim ve Teknoloji Politikası 1993 – 2003" dokümanında (TÜBİTAK, 1993), "Uzay Teknolojisi" konusunda izlenecek politikayı belirlemeye yönelik çalışmaları yapma görevi de TÜBİTAK'a verilmiştir. UBİTEK kapsamında iki ayda bir yapılan toplantılar sonucunda 20 – 25 devlet kurumu ile "Türkiye Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Politikası" adında bir rapor hazırlanmıştır. Bu raporda Dünya uzay faaliyetleri, Türkiye için uzay teknolojilerinin potansiyel yararları ve hükümetin yapması gereken faaliyetler bulunmaktadır. Bu Türk uzay politikası oluşturulması için hazırlanan ilk rapordur. Raporda aynı zamanda "Türk Uzay Kurumu"nun kurulması da önerilmiştir. Hazırlanan bu rapor 1994 sonunda DPT'ye verilmiştir. DPT, yeni bir kurumun kurulmasına sıcak bakmayarak bu öneriyi kabul etmemiş, ancak proje bazında önerileri destekleyeceğini bildirmiştir. Bunun üzerine 1995 yılında UBİTEK dağılmıştır [19].

TÜBİTAK – MAM Uzay Bölümü'nün faaliyetleri arasında, daha sonra Erciyes Üniversitesi'ne verilen radyo teleskopu alınması, uzaktan algılama faaliyetleri ve bilimsel projeler sayılabilir. Aynı zamanda Rusya'dan bilim adamları getirilerek uydu tasarımı konusunda dersler verdirilmiştir. Bu derslerin amacı uydu yapımı projesidir. Ancak

uzmanlar uydunun Rusya’da, MAM yetkilileri de Türkiye’de yapılmasını istediği için anlaşmaya varılamamıştır. Bu görüşmeler esnasında daha sonra ismi TÜBİTAK UZAY olan TÜBİTAK bünyesinde Ankara’da faaliyetini sürdüren BİLTEN, uydu yapımı için SSTL şirketi ile bir proje önerisi geliştirmiş ve DPT tarafından yaptıkları proje kabul edilmiştir [19].

BTYK tarafından 5 Ekim 1997 tarihli toplantıda TÜBİTAK tarafından “Ulusal Havacılık Konseyi” kurulması çalışmaları başlatılması kararı verilmiştir. Önce sadece havacılık alanında planlanan konseyin görev alanı TSK’nin isteği üzerine havacılık ve uzay olarak değiştirilmiştir. İlgili kurumların görüşleri alınarak son şeklini alan taslak, TÜBİTAK’ın bağlı olduğu Devlet Bakanlığı’nın 28 Nisan 1998 tarihli yazısı ile Başbakanlığa sunulmuştur. BTYK’nın Ulusal Uzay ve Havacılık Konseyi kurulması yönündeki 97/17 nolu kararı, ilgili kuruluşlar arasında görüş birliği oluşturulamaması nedeniyle sonuçlandırılmamıştır. Diğer taraftan, 20 Aralık 1999 tarihli BTYK toplantısında, uzay bilim ve teknolojileri alanında izlenecek ulusal politikasının oluşturulması için, konuyla ilgili bütün tarafları bir araya getirmek ve gerekli çalışmaları başlatmak üzere TÜBİTAK görevlendirilmiştir. BTYK’nın TÜBİTAK’a verdiği bu görev ile 31 Ağustos 2000 tarihinde “Türkiye’nin Ulusal Uzay Politika Tasarısı için Genel Çerçeve” adlı bir doküman konuyla ilgili kuruluşlara gönderilmiştir. 26 Şubat 2001 tarihinde yapılan Milli Güvenlik Kurulu toplantısında Hava Kuvvetleri Komutanlığı’nın Türk Uzay Kurumu çalışmalarına başlaması kararı alınmıştır. Bu karar üzerine, 2000 yılında Hava Kuvvetleri Komutanlığı karargâhında kurulmuş olan “Hava Uzay Şube Müdürlüğü” tarafından “Milli Uzay Politikası” taslağı ve “Türk Uzay Kurumu” Kanun taslağı hazırlanması çalışmaları başlatılmıştır. Hazırlanan taslaklar 2004 yılında ilgili kuruluşların görüşlerine sunulmuştur [19].

1999 (BTYK) ve 2001 (Bakanlar Kurulu) yıllarında alınan kararlara dayanak olarak hazırlanan taslaklar ise uygulamaya konulamamış ve taslak düzeyinde kalmıştır. BTYK’nın 8 Eylül 2004 tarihinde yapılan 10’uncu toplantısında ülkemizdeki AR – GE harcamalarının gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYİH) içindeki payının 2010 yılına kadar %2’ye yükseltilmesi için gerekli ek kamu kaynaklarının 2005 yılı bütçesi ile başlamak üzere tahsis edilmesine karar verilmiştir. Bu gelişmeye dayanarak Ekim 2004 tarihinde TÜBİTAK bünyesinde uzay alanında bir çalışma yapmak ve bunu Mart 2005 tarihinde Hükümet’e sunmak amacıyla ilgili kurum ve kuruluşlar ile konusunda uzman kişilerin katıldığı “Uzay Araştırmaları Çalışma Grubu” teşkil edilmiştir. Toplantılara 35 Kuruluşu

temsilen konusunda uzman 100 kişi katılmıştır. Bu toplantılarda kurum, kuruluş ve kişilerin sahip olduğu kabiliyet, kapasite, özgünlük, yetenek, vizyon ve öneriler tartışılmıştır. Toplantılar sonunda vizyon, ana program ve alt program önerileri ile 102 adet ön proje önerisi TÜBİTAK Başkanlığı'na sunulmuştur. Türkiye'nin öncelikleri bağlamındaki hazırlıklar; bilimsel araştırmalar, teknolojiye altyapı geliştirilmesi, insan kaynağı oluşturulması (eğitim programları), AR – GE ürünleri, uluslararası işbirliklerinin artırılması, ulusal ortak ağlar oluşturulması (araştırma – üniversite – sanayi – kamu – toplum savunma zincirinin kurulması), sivil vesavunma ortak araştırmaları, uygulamaya dönük projeler, topluma yaygınlaştırma, özendirme, bilgilendirme ve yarar sağlama gibi başlıklar altında yapılmıştır. Ayrıca, Türkiye'nin ulusal altyapısının kendi olanaklarımızla nasıl geliştirileceği tartışmaya açılmıştır.

TÜBİTAK Başkanlığı tarafından başlatılan hazırlıklar devam ederken konu hakkındaki işlerin daha iyi organize olması, koordine edilmesi ve idari bir yapıda yönlendirilmesi amacıyla “Uzay Araştırma Grubu” TÜBİTAK bünyesinde 2005 yılının Ocak ayında kurulmuştur.

Diğer taraftan, Türkiye'nin uzay çalışmalarında uluslararası alanda işbirliği kapılarının açılmasını sağlayacak ve ülkemize motivasyon kazandıracak anlaşma 15 Temmuz 2004 tarihinde TÜBİTAK'ta “Avrupa Uzay Ajansı (ESA)” yetkililerinin katılımı ile imzalanmıştır. Bu anlaşma 25 Ocak 2005 tarihli ve 101.1032/333 sayılı Başbakanlık Kanunlar ve Kararlar Genel Müdürlüğü yazısı ile TBMM Başkanlığı'na onaylanmak üzere gönderilmiştir [20].

Bu alandaki en önemli faaliyetlerden biri de, Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın gelecekteki komutan ve yöneticilerinin yetiştirilmesinde önemli bir rol üstlenecek olan 17 Ağustos 2001 tarihinde Hava Harp Okulu bünyesinde açılan Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü tarafından ilki 20-22 Kasım 2003 tarihlerinde olmak üzere iki yılda bir icra edilen uluslararası, Uzay Teknolojilerindeki Son Gelişmeler (Recent Advances in Space Technologies (RAST)) konferanslarıdır. RAST konferanslarının sonuncusu 11 – 13 Haziran 2009 tarihlerinde icra edilmiştir. Dünya'da önde gelen bazı isimlerin konuşmacı olarak davet edildiği ve birçok ülkeden yüzlerce katılımcının katıldığı RAST konferansları, uzay alanındaki son çalışmalarını bir araya toplayarak Türkiye'nin bu alandaki bilgi birikimine paha biçilemeyecek bir katkı sağlamakta ve aynı zamanda bilimsel prestijini artırmaktadır. HUTEN tarafından RAST konferanslarının yanı sıra uluslararası çalıştaylar da düzenlenmektedir. Bugüne kadar yapılan çalıştaylar;

- ✓ Uzayda Yanma - ISTANBUL SPACE PROPULSION WORKSHOP (ISPW2004): 10-12 Haziran 2004 tarihlerinde “Uzayda Yanma – Space Propulsion” konusunda uluslararası çalıştay icra edilmiştir.
- ✓ NATO RTA SCI – 143Çalıştay: 18 – 22Ekim 2004 tarihlerinde NATO tarafından organize edilen “Design Considerations For Theater Air Defense Systems Konulu Çalıştay” HUTEN koordinatörlüğünde icra edilmiştir.
- ✓ Havacılık ve Uzay Eğitimi Çalıştay (ASEW 2006): Havacılık ve Uzay Eğitimi Çalıştay 23 – 24Haziran 2006 tarihinde gerçekleştirilmiştir.
- ✓ Uluslararası Küçük Uydular Çalıştay (SMALL SATELLITE WORKSHOP SSW 2008): 05-07 Haziran 2008 tarihlerinde “Uluslararası Küçük Uydular, Yeni Görevler ve Yeni Teknolojiler Çalıştay (International Workshop on Small Satellites, New Missions, and New Technologies – SSW 2008)” düzenlenmiştir.
- ✓ Uluslararası Uzaydan Enerji Çalıştay (INTERNATIONAL WORKSHOP ONENERGY FROM SPACE FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT – EFS 2008): 06 – 07 Kasım 2008 tarihlerinde Uluslararası Uzaydan Enerji Çalıştay icra edilmiştir.

HUTEN tarafından Türkiye’de düzenlenen bu konferans ve çalıştaylar önemli uzay toplantıları olup, Türk araştırmacı ve akademisyenler için önde gelen yabancı isimlerle tanışma ve onları dinleme fırsatı da sunmaktadır.

Uzay faaliyetlerinde Türk ve Avrupalı aktörler arasında işbirliği için yapılan “Alanlar ve Mekanizmalar” başlıklı diğer bir uluslararası konferans ise 22 – 23 Ekim 2007 tarihlerinde TÜBİTAK TÜSSİDE tesislerinde düzenlenmiştir. Konferansa Avrupalı katılımcı sayısı 50’dir. Türkiye’den kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler ve sanayi kuruluşları ile TSK’dan 130’a yakın katılımcı yer almıştır. Ülkemizin uzay araştırma programı, kapasitesi ve yeteneklerinin tanıtıldığı konferansta Avrupa’daki ve Türkiye’deki uzay politikaları, uzay programları, kurumsal yapılar ele alınmış, tarafların yetkinlikleri ve ihtiyaçları belirlenmiş, ortak projeleri destekleyecek programlar ve fon kaynakları üzerinde görüşmeler yapılmıştır [20].

Gerçekleştirilen girişimler, gelişmeler, işbirlikleri, projeler ve birçok atılım ve somut çalışmalar sayesinde Türkiye’nin uzay araştırmaları alanında sürekli bir ilerleme

gösterdiği gözlenmektedir. Diğer taraftan ülkemizin uzay araştırmalarında uzun vadeli, kendi kaynakları ve kendi insan gücü ile yol alabilmesi ulusal bir uzay altyapısının kurulmasına bağlıdır. Ancak böyle bir altyapı ile uzaya ulaşabilme (fırlatma merkezi, fırlatıcı sistemler, roket geliştirme yeteneği) ve uzayı kendi kontrolünde kullanabilme (uydular, uzay araçları, uzay istasyonlarında uzay teknolojisi geliştirme) yeteneği kazanılabilecektir [21].

4.2.1.2. Türkiye uzay teknolojileri araştırma enstitüsü

Bugün TÜBİTAK'a bağlı "Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK – UZAY)" olarak bilinen enstitü, 1985 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu arasında imzalanan bir protokolle, Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü adı altında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kampüsünde kurulmuştur. 1995 yılında BİLTEN adını alan kurum 2003 yılında TÜBİTAK – UZAY adını almıştır. Bir kamu kuruluğu olan Enstitü, iş dünyası ve kamu sektöründen birçok organizasyonla sözleşmeye dayalı araştırmalar yürütmektedir.

Enstitü 1995 yılında BİLTEN adını almış ve yeni bir yapılanma ile uzay konusunda faaliyet göstermeye başlamıştır. BİLTEN İngiliz SSTL şirketi ile görüşmeler yaparak BİLSAT uydusu projesini hazırlayıp DPT'ye sunmuştur. Proje DPT tarafından kabul edilmiş ve SSTL şirketinin yaptığı BİLSAT uydusu Rus Cosmos fırlatma aracıyla 27 Eylül 2003 tarihinde fırlatılmıştır. Proje kapsamında TÜBİTAK BİLTEN'de iki görev yükü üretmiştir. Bunlardan ilki ÇOBAN; Ülkemizde tasarlanarak uzaya gönderilen ilk iki sistemden birisidir ve ismini Çok Bantlı kameranın kısaltılmasından almış olup sekiz bantlı bir kameradır. Diğer GEZGİN; ismini Gerçek Zamanda Görüntü İşleyen cümlesinin kısaltılmış halinden almış olup dört kameradan aynı anda alınan (kırmızı, yeşil, mavi ve kızılötesi) ve 2048x2048 piksel boyutundaki çok – bantlı görüntüleri JPEG2000 algoritması ile gerçek zamanda kayıpsız sıkıştırarak uydu üzerindeki veri depolama alt sistemlerine aktarmaktır. BİLSAT, Türkiye için kendi uzay teknolojisini geliştirmesi açısından küçük ama önemli bir adımdır [19].

TÜBİTAK – UZAY'ın uzay teknolojileri ile ilgili faaliyet alanları; Uydu sistemleri, uydu alt – sistemleri, uydu yer istasyonu alt sistemleri, uydu test ve entegrasyon sistemleridir.

TÜBİTAK – UZAY, Yer Gözlem Uyduları Komitesi (Committee on Earth Observation Satellites – CEOS)'nin üyesi ve Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan

Algılama Topluluğu (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing – ISPRS)'nin destekleyen üyesidir [22].

4.2.1.3. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ile ilişkiler

ESA'ya üye olmak isteyen ülkeler üç asamadan geçmektedir:

- ✓ Ülkede uzay bilinci yaratmak için ESA'nın yardım ve işbirliği programları düzenlemesi (kurs vb.). Bu aşama 5 – 6 yıl sürmektedir.
- ✓ Aday ülkenin ESA ile ortak projelere alınması. Yarı üyelik denilebilecek bu aşama 5 – 6 yıl sürmekte ve parasal katkı da gerektirmektedir.
- ✓ Tam üyelik aşaması. Bu asamaya aday ülkenin yeterli gelişimi göstermesi durumunda geçilmektedir. Üye ülkeler, milli gelirleri ile orantılı olarak ESA merkez bütçesine parasal katkıda bulunmaktadır. ESA tarafından organize edilen projelere katılım, sadece üye ülkelerin kuruluşlarına açıktır. Bu kuruluşlardan isteyenler katılım sağlayabilmektedir [15, 19].

28 – 29 Nisan 2008 tarihlerinde TÜBİTAK Başkanlığı'nda ESA Uluslararası İlişkiler Bölüm Başkanı ile yapılan resmi toplantı sonucu Türkiye'nin ESA'ya tam üyeliğe geçişini kolaylaştıracak ara bir anlaşma hazırlanması konusunda görüş birliğine varılmıştır. Bu anlaşma ile öncelikle ESA'nın opsiyonel programlarına katılım sağlanacaktır. Böylece Türkiye ESA'nın resmi programlarında ortak olarak yer alabilecektir [21].

ESA'ya üyelik, Türkiye'nin uzay alanında gelişebilmesi için çok önemli bir fırsattır. Bu sayede ESA tarafından organize edilen birçok projeye isteyen kuruluşlarımız katılım sağlayabilecek ve böylece ülke teknolojisinin gelişmesine de katkıda bulunulacaktır.

Daha önce de bahsedildiği gibi ESA'ya üyeliğin faydalı olabilmesi için ülke kuruluşlarının üretilen projelere katılım sağlayabilecek altyapısının bulunması gerekmektedir. Aksi takdirde organize edilen bu projelere yeterince katılım sağlanamayacaktır. Eğer üretilecek projelere yeterli oranda katılım sağlanmazsa ESA üyeliği yarardan çok zarar getirebilir. Çünkü yukarıda da bahsedildiği gibi üye olunca ödenen aidatın karşılığı alınamayacak, ülkeye herhangi bir getirisi olmayacaktır. Bunun da değerlendirmeye alınması ve üye olmadan önce bu alanda faaliyet gösterebilecek

şirketlerin teknolojik altyapıyı oluşturabilmesi için gerekli teşviklerin yapılması gerekmektedir [21].

4.3. Askeri Alandaki Gelişmeler

Askeri yaklaşım; TSK'nın uzay faaliyetleri, Türkiye Uzay Kurumu Kuruluş Çalışmaları, Milli Uzay Politikası Çalışmaları ve Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü başlıkları altında incelenmiştir.

4.3.1. TSK'nın uzay çalışmaları

Hava Kuvvetleri Komutanlığı, 21 nci yüzyılda geleceğin harekât alanı olarak gösterilen uzayda kabiliyet kazanmayı hedeflemektedir. Hava Kuvvetleri Komutanlığı, Genel Kurmay Başkanlığı'nın direktifi doğrultusunda 2000 yılında TSK adına uzay faaliyetlerini yürütme yetki ve sorumluluğunu alarak uzay çalışmalarına başlamış ve uzay faaliyetlerinin yürütülmesi amacıyla Eylül 2000'de Hava ve Uzay Şube Müdürlüğü'nü kurarak, askeri ve sivil alanda gerekli çalışmaları başlatmıştır.

Yapılan çalışmalarda TSK Uzay Konsepti, Vizyonu ve Uzay Yol Haritası ortaya konularak, diğer Kuvvet Komutanlıkları ile koordineli bir şekilde TSK'nın ihtiyaçlarına yönelik projeler geliştirilmiştir. Bu kapsamda, Keşif – Gözetleme Uydu Sistemi (Göktürk) Projesi başta olmak üzere çeşitli uydu sistem ve alt sistem projeleri tanımlanmış ve tedarik faaliyetleri başlatılmıştır. Uzay faaliyetleri bir bütün olarak gözönünde bulundurulmuş, bu sebeple merkezi olarak icra edilmesi esas alınmış ve bu faaliyetlerin yürütülmesine yönelik olarak Uzay Grup Komutanlığı'nın teşkil edilmesi planlanmıştır. Bunun yanında personel yetiştirilmesi ve uluslararası işbirliği faaliyetleride sürdürülmektedir.

Sivil alanda yürütülen çalışmalar kapsamında ise, 26 Şubat 2001 tarihli Milli Güvenlik Kurulu kararı ve ona ilişkin Bakanlar Kurulu kararı çerçevesinde; Türkiye'de yürütülecek uzay çalışmalarının koordinasyonunu sağlayacak “Türkiye Uzay Kurumu (TUK)” kanun taslağı hazırlama çalışmaları başlatılmıştır.

Ayrıca, 2002 yılında Hava Kuvvetleri Komutanlığı koordinesinde başlatılan “Milli Uzay Politikası”nın oluşturulması çalışmaları sonucunda hazırlanan “Milli Uzay Politikası” taslak dokümanı 2004 yılında Bakanlar Kurulu'na sunulmak üzere Başbakanlığa gönderilmiştir.

Ulusal çalışmalara paralel olarak sürdürülen bir diğer faaliyet ise, BM nezdinde yürütülen uzay çalışmalarıdır. BM nezdinde yürütülen uzay çalışmalarına, iştirak edilmesinin ülkemiz menfaatleri bakımından gerekli olduğu değerlendirilerek Türk Uzay Kurumu (TUK) kuruluncaya kadar söz konusu faaliyetlere TÜBİTAK ile Hava Kuvvetleri Komutanlığının aktif olarak katılımı öngörülmüştür. Hava Kuvvetleri Komutanlığı adına bu faaliyetleri yürüten Hava ve Uzay Şube Müdürlüğü, Hava Kuvvetleri Komutanlığı Karargâhında faaliyetlerini sürdürmektedir.

Hava ve Uzay Şube Müdürlüğü, TSK'nın kısa ve orta vadedeki uzaya yönelik ihtiyaçları göz önüne alınarak teşkilatlandırılmıştır. Bu çerçevede, proje yönetimi, sistem tasarımı, haberleşme ve elektronik ile hukuk alanlarındaki ihtiyaçların karşılanmasına yönelik kadrolar oluşturulmuştur. Uzun vadede yapılacak çalışmalar ile ülkemizdeki bilgi birikimi ve altyapı ile ilgili eksiklikler tamamlanmasına kısmen de olsa katkıda bulunulabilecektir [20].

4.3.1.1. Türk Uzay Kurumu kuruluş çalışmaları

1999 yılında uzay çalışmalarına başlayan Hava Kuvvetleri Komutanlığı, yaptığı incelemeler neticesinde;

- ✓ Türkiye'de bu sahada gelişmeye yönelik bir altyapının mevcut olduğunu,
- ✓ Ancak uzay faaliyetlerini düzenleyen bir sivil kuruluşun ve yasal düzenlemenin olmaması nedeniyle girişimler arasında etkin bir koordinasyonun sağlanamadığını ve bu hususun giderek artan bir ihtiyaç haline geldiğini ortayakoymuştur.

Bu gelişmeler sonucunda, 26 Şubat 2001 tarihli Milli Güvenlik Kurulu kararı ve ona ilişkin Bakanlar Kurulu kararı ile Hava Kuvvetleri Komutanlığına; ülkemizin uzay ortamından yararlanabilmesi için TUK'un kurulmasına ait kanun taslağı hazırlama ve teşkilatlanma çalışmalarının koordinatörlüğü görevi verilmiş, ayrıca sözkonusu çalışmaların en kısa sürede tamamlanarak, TBMM'ye sevk edilmek üzere, Başbakanlığa gönderilmesi kararlaştırılmıştır.

Alınan görev üzerine çalışmalar başlatılmış, Haziran – Kasım 2001 tarihleri arasında uzay ile ilgili kurum / kuruluş temsilcilerinin katılımıyla yapılan çalışmalar neticesinde hazırlanan taslak; 19 Aralık 2001 tarihinde Genel Kurmay Başkanlığı'na gönderilmiştir [19].

09 Ekim 2003 tarihinde Milli Savunma Bakanlığı'na gönderilen taslak kanun tasarısı; bakanlıklar koordinesine sunulmuş, Hava Kuvvetleri Komutanlığınca alınan görüşler doğrultusunda, ilgili bakanlıklarla koordine edilerek güncelleştirilmiş ve 11 Ağustos 2004 tarihinde tekrar Milli Savunma Bakanlığı'na gönderilmiştir.

İlgili tüm kurum ve kuruluşların da katılımıyla hazırlanan taslak kanun tasarısı Temmuz 2006'da Milli Savunma Bakanlığı kanalı ile Başbakanlığa iletilmiştir.

Hazırlanan taslak kanun tasarısına göre, TUK' un, dünyanın bu alanda gelişmiş çeşitli ülkelerindeki uzay teşkilatlarına benzer bir yapıda; tamamen sivil bir kuruluş olmasının yanında, siyasetten uzak, kendi kendine yeterli, icra ve en yüksek seviyede koordine yetkisine sahip bir teşkilat olması hedeflenmektedir.

Bununla beraber kurumun, bünyesinde ulusal güvenliğe yönelik askeri ve sivil uzay faaliyetlerinin planlandığı ve koordine edildiği bir birimi de kapsamı amaçlanmaktadır.

Bu doğrultuda belirlenen hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için TUK'un; Başbakan'a bağlı, kamu tüzel kişiliğine haiz, idari ve mali özerkliğe sahip özel bütçeli bir kuruluş olması öngörülmektedir.

Bu çerçevede içerisinde kurumun ana görevleri ise;

- ✓ Milli uzay politikasını hazırlamak ve bu politika doğrultusunda; uluslararası rekabet koşullarına uyum sağlama hedefini gerçekleştirecek planlamaları yapmak,
- ✓ Uzay konusunda kamu oyununun bilgilendirilmesini, eğitim – öğretim faaliyetlerinin geliştirilmesini ve yönlendirilmesini sağlamak,
- ✓ Teknolojik altyapının kurulması, kritik teknolojilerin geliştirilmesi ve AR – GE ile ilgili faaliyetleri yürütmek, geliştirmek, koordinesini sağlamak ve bu konularda gerekli yasal ve kurumsal düzenlemeleri yapmak,
- ✓ Uzaya yönelik faaliyetlerde bulunan sivil, askeri, ticari ve sanayi kuruluşları arasındaki koordineyi sağlamak, bu çabaları yönlendirmek ve danışmanlık yapmak şeklinde olacaktır [19, 20].

4.3.1.2. Milli uzay politikası çalışmaları

“Türk Uzay Kurumu (TUK)”nın kuruluş kanunu tasarısı çalışmaları esnasında, TUK'un kurulmasını takiben, uzay alanında izlenecek milli politikanın oluşturulması amacıyla çalışmalara başlanmıştır.

Bu kapsamda, Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından “Türkiye’nin Uzay Politikası”nın hazırlanması amacıyla 13 Aralık 2002 tarihinde ilgili kurum / kuruluşların katılımı ile çalışmalar başlatılmış ve taslak dokümanın koordine çalışmaları tamamlanarak 05 Mayıs 2004 tarihinde Bakanlar Kurulu’na sunulmak üzere Başbakanlığa gönderilmiştir.

29 Temmuz 2004 tarihinde ilgili kurumların görüşüne sunulan doküman halen Başbakanlık’ta bulunmaktadır [19].

4.3.1.3. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü

TSK’nın uzay faaliyetleri yürütme görevini 2000 yılından itibaren üstlenen Hava Kuvvetleri Komutanlığı’nın, gelecekteki komutan ve yöneticilerinin yetiştirilmesinde önemli bir rol üstlenecek olan “Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü” Hava Harp Okulu bünyesinde 17 Ağustos 2001 tarihinde faaliyetine başlamıştır.

Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü’nde beş dalda (Endüstri, Havacılık, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği ile Uzay Bilimleri) lisansüstü ve doktora eğitimleri verilmektedir. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Hava Kuvvetleri Komutanlığı personeline verdiği eğitimlerle görevde etkinliği en üst seviyeye çıkarırken, düzenlediği uluslararası konferans ve çalıştaylarla tüm ülkenin uzay konusundaki bilgi birikimine büyük katkılar sağlamaktadır [19].

5. TÜRKSAT UYDULARI, 1A, 1B, 1C, 2A, 3A, 4A, 4B, BİLSAT, RASAT, İTÜPSAT VE GÖKTÜRK PROJELERİ

5.1. TÜRKSAT Uyduları

Kaliteli ve güvenilir bir haberleşme hizmetinin sağlanması amacıyla Türk Telekom A.Ş.ve Fransız Aerospatiale firması arasında imzalanan "Türk Milli Haberleşme Uyduları"na ilişkin sistem sözleşmesi kapsamında TÜRKSAT 1B, 1C ve 2A uyduları tasarlanmış ve fırlatılmıştır.

TURKSAT uyduları; yönlendirilmiş yüksek güçlü transponderleri ile ülkemizin en ücra kösesine kadar TV yayım, yer istasyonlarıyla da engebeli bölgelerde dahi ses ve veri (teleks, faks vb.) haberleşmesi sağlayabilmektedir. TURKSAT, radyo ve TV programlarının dağıtımından sonra kullanım sahası en yaygın olan tümleşik ticari uydu şebekeleri sayesinde; hızlı data iletiminin, bilgisayarların birbirine bağlanmasının, sistemlerin uzaktan komutasının yanı sıra video konferans ve HDTV gibi yayınlar yapılabilmekte ve bankalar, oteller, havayolları acenteleri, büyük mağazaların satış merkezleri, gazetelerin değişik yerlerdeki matbaaları coğrafi koşullara ve uzaklığa bağlı kalmaksızın uydu aracılığıyla istenilen hızlarda kolayca haberleşebilmektedir [2].

5.1.1. TÜRKSAT 1A, 1B ve 1C

TÜRKSAT 1B, Türkiye – Orta Avrupa bölgesinde dört, Türkiye – Orta Asya bölgesinde ise üç transponder birbirleri arasında anahtarlama özelliğine sahiptir. TÜRKSAT – 1B uydusu 2003 yılı sonu itibari ile yörünge düzeltmede kullanılan yakıtı azaldığından eğimli yörüngeye çekilmiş bulunmaktadır. Uydu halen internet sağlayıcılarına düşük ücretlerle hizmet vermeye devam etmektedir. TÜRKSAT- 1C uydusunun üzerinde Ku band da çalışmakta olan, analog ve sayısal TV ve radyo yayınları ile Orta Asya IBS telefon kanalları ve VSAT data iletişimine dair şebeke varlığını devam ettirmektedir [2].

5.1.2. TÜRKSAT 2A, 3A, 4A ve 4B

TÜRKSAT 2A uydusuna ait hareketli kapsamlar üzerinden ise Hindistan ve Güney Afrika Cumhuriyeti gibi uydunun görüş alanı içerisinde bulunan bölgelere ulaşmak da mümkün olmaktadır. TÜRKSAT uydularına air diğer özellikler de Çizelge 5.1’de gösterilmiştir [2].

Çizelge 5.1. UHF, SHF ve EHF frekansları genel bilgileri

	TÜRKSAT-1B	TÜRKSAT-1C	TÜRKSAT-2A
Fırlatma Yılı	1994	1996	2001
Uydu Pozisyonu	42 Doğu	31.3 Doğu	42 Doğu
Kapsama Alanı	Türkiye, Orta Avrupa, Orta Asya olmak üzere üç kapsama alanı	Türkiye-Avrupa, Türkiye-Orta Asya olmak üzere üç kapsama alanı	Türkiye-Avrupa, Türkiye-Orta Asya olmak üzere üç kapsama alanı
Görev Yüğü	16 adet Ku-band (11-14 GHz) Transponder. (10 adedinin band genişliği 36, 6 adedinin 72 MHz)	16 adet Ku band transponder (9 adet 36 MHz, 5 adet 72 MHz, 2 adet 54 MHz)	32 si Ku band, 2 si X band olmak üzere toplam 34 transponder. (32 adet transponderin 20 adeti sabit, 12 adeti hareketli kapsama alanına sahiptir)

Kaynak: Aydın, 2006, s. 87

Türksat 3A uydusu 13 Haziran 2008 (Ariane 5-ECA) yılında fırlatılmıştır. 42° Doğu Boylamında görev yapmaktadır. 24 adet Ku-Band transponder (12x36 MHz., 12x72 MHz. ve 6 adet yedek transponder) mevcuttur. 6112 Watt gücünde olup 3070 kg. ağırlığındadır [3].



Şekil 5.1. TÜRKSAT 3A

Kaynak: Vardar, 2010, s. 59

2010 yılı içerisinde TÜRKSAT Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme Ağ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan açıklamada, TÜRKSAT 4A ve 4B uydularının üretimi amacıyla gönderilmiş olan şartnamelere ilişkin 6 şirketten 3'ü tarafından teklif verildiği ve bahse konu uyduların üretim sürelerinin 26 ay olarak planlandığı ifade edilmiştir [3].

7 Mart 2011 tarihinde “Mitsubishi Electric Corporation (MELCO)” şirketi ile TÜRKSAT 4A ve 4B haberleşme uydularının üretimi amacıyla sözleşme imzalanmıştır. TÜRKSAT 4A ve 4B uydularının 2012 yılının son çeyreğine doğru uzaya gönderilmesi amaçlanmış ancak karşılaşılan bir takım teknik sorunlar dolayısıyla TÜRKSAT 4A bazı teknik aksaklıklar dolayısıyla 14 Şubat 2014 tarihinde TÜRKSAT 4A uydusu

Kazakistan'ın Baykonur Uzay Üssü'nden Proton roketi kullanılarak uzaya fırlatılabılmıştır. TÜRKSAT 4A Avrupa, Asya, Ortadoğu, Kuzey Afrika ve Türkiye'yi BSS frekans bandında, Sahra Altı Afrika bölgelerini ise FSS frekans bandında kapsama alanına alabilmektedir. Daha önceki zamanlarda hizmet verilememiş olan Sahra Altı Afrika'ya da TÜRKSAT 4A vasıtasıyla VSAT, SNG ve DTH gibi hizmetlerinin verilmesinin önü açılmış olmuştur. Ayrıca, TÜRKSAT 4A uydusunda K_a bandı kullanılmakta olup TÜRKSAT 4A'nın, 42.0° Doğu yörüngesinde 2016 yılı başında ömrünü tamamlayan TÜRKSAT 2A'nın da yerine geçmesi planlanarak uygulamaya koyulmuştur. 42.0° Doğu yörüngesindeki TÜRKSAT uyduları üzerinden yayın yapılan TV kanalı sayısı 2014 yılı sonu itibarıyla 580'e ulaşmıştır [25].

4 Haziran 2014 tarihi itibarıyla de, 50° Doğu meridyeninde görev yapmakta olan TÜRKSAT 4B uydusunun üretim ve testleri tamamlanmıştır. 16 Mayıs 2014 tarihinde Proton roketi arızası oluşması sonrasında durdurulmuş olan fırlatma faaliyetlerine 28 Eylül 2014 tarihi itibarıyla tekrar başlanılmıştır. 16 Ekim 2015 Cuma günü 23:40'da (TSİ) TÜRKSAT 4B haberleşme uydusu, Kazakistan'ın Baykonur Uzay Üssü'nden başarılı bir şekilde uzaya gönderilmiştir. TÜRKSAT 4B haberleşme uydusu ile Çin'in Batısı, Avrupa, Ortadoğu, Afrika ve Türkiye'yi de içine almış olan Güney Batı Asya bölgesini kapsama altında bulundurmaktadır. TÜRKSAT 4B haberleşme uydusu ile Ku frekans bandı üzerinde gerçekleştirilen TV yayıncılığına ek olarak Ka frekans bandında yer alan spot kapsama alanları ile de daha düşük maliyetlere sahip ve daha yüksek hızlı internet erişim hizmeti sunulmaya başlanılacaktır. TÜRKSAT 4B ile beraber 50° Doğu yörüngesinde ilk kez Türksat bünyesinde bulunan uydular işletilmeye başlanmış olmuştur [25].

5.2. BİLSAT

TÜBİTAK UZAY ve yerli sanayimizin de katkıları ile BİLSAT uydusunun GEZGİN ve ÇOBAN adıyla iki görev yükü Ülkemizde tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu gelişmelerin sonrasında da BİLSAT uydusuna görev yükleri konuşlandırılmıştır. Ülkemizdeki küçük çaptaki uydu teknolojilerine dair projelerin başlatılması, geliştirilmesi ve desteklenmesi amacıyla geliştirilmiş projelerin başında BiLSAT projesi gelmektedir. Küçük çaptaki uyduların tasarlanması ve üretilmesi için gerekli olan alt yapı çalışmalarının tamamlanması ve bir yer istasyonunun kurulması SSTL (Surrey Satellite Technology Limited) şirketi ile birlikte ortaklık şeklinde gerçekleştirilmiştir. 27 Eylül

2003 tarihinde, Ülkemizin ilk uzaktan algılama uydusu olarak da anılan BiLSAT üretim ve test aşamalarına ilişkin işlemlerinin tamamlanmasının sonrasında yörüngesine yerleştirilmiştir [26].

Çizelge 5.2 *BiLSAT-1'in Teknik Özellikleri*

Ağırlık	129 kg.
Yörünge	686 km. dairesel, Güneş'le eş zamanlı
Yönelme Kontrolü	Üç ekseninde, itki motoru ile yörünge düzeltme
Yaşam Süresi	Üç ekseninde kontrollü 5 yıl, ayak ucuna bakar durumda +10 yıl
Kameralar	4 Bandlı MS görüntüleyici özellikleri: Yersel Çözünürlük: 27,6 m. Radyometrik band aralıkları: (µm) Band 1: 0,45 – 0,52 (Mavi) Band 2: 0,52 – 0,60 (Yeşil) Band 3: 0,63 – 0,69 (Kırmızı) Band 4: 0,76 – 0,90 (Yakın Kızılötesi) 12,6 metre yer örnekleme mesafesi olan bir siyah/beyaz kamera

Kaynak: *Vardar, 2010, s. 53*

Bu proje kapsamında;

Küçük uydu tasarımı ve üretimi için gerekli temiz odalar, prototip laboratuvarlar, test laboratuvarları gibi altyapı binaları kurulmuştur. Uydunun işletimi için Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü (BİLTEN)'de bir adet sabit yer istasyonu kurulmuştur. Bir teknoloji transfer ekibi İngiltere'de eğitim almış ve uydunun yapım aşamasına fiilen katılmışlardır. Uydunun iki görev yükü BİLTEN elemanları tarafından Türkiye'de tasarlanarak üretilmiştir. BiLSAT-1 uydusunun iki önemli yükü bulunmaktadır. Bu iki yük ÇOBAN ve GEZGİN olarak isimlendirilmektedir [3].

5.3. RASAT

BiLSAT uydusu üretildikten sonra olmak üzere TÜBİTAK UZAY'ın himayesine kattığı ikinci uzak algılama uydusu "RASAT Araştırma Uydusu"dur. RASAT Araştırma Uydusu, hem yüksek çözünürlüklü optik görüntüleme sistemine sahip olup hem de Türk mühendislerce tasarlanması ve projelendirilmesi akabinde geliştirilmiş olan yeni ünitelere

sahip olmasının yanı sıra Ülkemizde tasarlanarak üretimine girişilen ilk yer gözlem uydusudur [27].

TÜBİTAK UZAY (TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü) öncülüğünde olacak şekilde, Devlet Planlama Teşkilatı'nca sağlanan fon ile Ülkemizde tasarlanması sonrasında üretimine geçilen ilk yer gözlem uydusu olmuş bulunan RASAT, Rusya Federasyonu'nun Kazakistan sınırında bulunan Orenburg bölgesindeki Yasny fırlatma üssünden Dnepr fırlatma aracıyla uzaya boşluğuna fırlatılmıştır.

RASAT'ın yanısıra Dnepr fırlatma aracı ayrıca ABD, Ukrayna, Nijerya ve İtalya'ya ait olan toplam 7 uydu bulunduruyordu. RASAT Araştırma Uydusu Dünya yüzeyinden 687 km yükseklikte bulunan hedef yörüngeye fırlatma işleminin başladığı 10:12 (TSİ)'den tam 969 saniye sonra konuşlandırılmıştır.

Çizelge 5.3 RASAT Teknik Özellikleri

Ağırlık	110kg
Yörünge	700 km'de dairesel, Güneşe eşzamanlı
Yönelme Kontrolü	3 eksen kontrollü
Yaşam Süresi	5 yıl
Tayfsal Çözünürlük(µm)	0.42 – 0.73 (Pankromatik) 1. Bant: 0.42 – 0.55 (Mavi) 2. Bant: 0.55 – 0.58 (Yeşil) 3. Bant: 0.58 – 0.73 (Kırmızı)
Uzamsal çözünürlük	Pankromatik: 7.5 m Çok bantlı: 15 m
Yörünge süresi	98.8 dakika
Ekvator geçişi yerel zamanı	10:30
Radyometrik çözünürlük	8 bit
Zamansal çözünürlük	4 gün
Şerit genişliği	30 km.
Faydalı yükler	<u>Optik faydalı yük:</u> Stereoskopik görme özelliğine sahip Pushbroom görüntüleyiciden oluşmaktadır. <u>BiLGE:</u> Spacewire veriyolu kullanabilen uçuş bilgisayarı. <u>GEZGiN-2:</u> JPEG2000 algoritmaları ile yüksek hızda çok bantlı görüntü sıkıştırma ve şifreleme yapabilen yeni nesil görüntü işleme kartı. <u>X-Bant Verici Modülü:</u> 100 Mb/s iletim hattına ve 7W çıkışa sahip iletişim sistemi.

Kaynak: Vardar, 2010, s. 57

Devreye alma süreci 15 gün sürmüş olup bu süreçte RASAT Araştırma Uydusu'na gereken yazılım yüklemeleri, uyduya ait diğer ünitelerin ve uydunun genel yapısının test

işlemleri gerçekleştirilmiş ayrıca bununla birlikte uydu sisteminin çekerek elde edeceği görüntülerin sağlıklı bir şekilde yere indirilebilmesi planlanılmıştır. Bahse konu işlem ve testlerin sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilmesi amacıyla TÜBİTAK UZAY'a Ankara tesislerinde bulunan yer istasyonu ve Norveç'teki Andoya Yer İstasyonu kullanılmıştır.

RASAT Araştırma Uydusu bünyesinde öncelikle belirtmek gerekirse yerli olduğu göz önünde bulundurulduğunda GEZGİN adlı görüntü işlem ünitesi, BİLGE adlı uydu görev bilgisayarı ve bu bilgisayarda çalışmakta olan uçuş yazılımı ile bunlara ek olacak şekilde TREKS adındaki X – bandında çalışmakta olan haberleşme birimi bulunmaktadır. RASAT Araştırma Uydusu, yaklaşık olarak 100 kg ağırlığında, 7,5 metre siyah beyaz ve 15 metre çok bantlı olan görüntüleme yeteneği teknolojisine sahiptir.

Bu yüzdendir ki, yörüngeye yerleştirilmesi sonrasında Ülkemiz tarafından tasarlandıktan sonra geliştirilmiş olan uydu sistemleri ilk kez uzayda denenilmiş ve bu denemeler sonucunda başarılı bir süreç geçirerek uçuş süresi ve tarihçesi kazanma yolunda bir süreç başlatılmış olundu [28].

5.4. İTÜPSAT

BİLSAT ve RASAT uydularını bir kenara ayıracak olursak eğer, İTÜ Uzay Mühendisliği bölümünde öğrenim görmekte olan öğrenciler tarafından tasarlanmış ve üretilmiş olan İTÜpSAT ilk deney amaçlı küçük yapay uydudur. Aynı kendine benzer şekilde bir küçük yapıya sahip olan RUBIN 9.1, BeeSat, SwissCube, UWE 2, RUBIN 9.2 ve Oceansat 2 uyduları ile beraber bir şekilde İTÜpSAT1 uydusu da 23 Eylül 2009 tarihinde Hindistan'dan uzaya başarılı bir şekilde gönderilmiştir.



Şekil 5.2. İTÜpSAT1 Yapay Uydusu

Kaynak: Vardar, 2010

İTÜpSAT1 mini yapay uydusunca ilk kez gönderilen işaret sinyali Kaliforniya Politeknik Üniversitesi'nce başarı ile tamamlanmış olan fırlatma işleminden bir süre sonra, 700 km. yükseklikteki alçak dünya yörüngesine yerleşmiş bulunan uydudan alınmıştır. İTÜpSAT1 mini yapay uydusu, kuzey – güney kutupsal yörüngesinde, saniyede 7.5 kilometrelik hızı dolayısıyla her 98,5 dakika boyunca bir kere tur atmakta [29].

İTÜpSAT1 uydusu (Şekil 5.2) bir Cube Sat uydusu olmakla birlikte 10 cm. x 10 cm. x 10cm. boyutundaki ve ağırlığı bir kilogramı aşmayacak şekildeki bir küp şeklindedir.

5.5. GÖKTÜRK Projeleri

Keşif Gözetleme Uydu Sistemi olan GÖKTÜRK olarak adlandırılmış olan uydu kapsamında; LEO yörüngesine (650-700 km.) yerleştirilecek, TSK'nin hedeflenmiş olan istihbaratının sağlanması amacıyla ihtiyacı olan uydu görüntüsünü temin edecek, hava sahası kısıtlaması olmaksızın gündüz ve iyi meteorolojik şartları karşılamak maksadıyla konuşlandırılacak, çok yüksek çözünürlüklü Elektro-Optik (E-O) kamera bulunduran bir uydu haberleşme sistemi ile sistemin yer bileşenini bulunduracak olan hareketli veya sabit yer istasyonuna haiz bulunulacaktır. Ayrıca, bunların tümünün yanı sıra Uydu Montaj Entegrasyon ve Test (UMET) Merkezi'nin de proje kapsamında kurulması planlanılmaktadır. GÖKTÜRK projelerinin genel teknik özellikleri ise;

- ✓ Uydunun sahip olması planlanan ve tasarlanan elektro – optik kamera sistemi ile birlikte siyah beyaz ve 4 – band renkli görüntünün sağlanabileceği düşünülmektedir.
- ✓ Uydu dairesel olan alçak yörüngelerden birisinde (650 – 700 km. yükseklikte) konuşlandırılarak güneş ışığından maksimum düzeyde faydalanılacaktır.
- ✓ Bunlara ek olarak geniş alan, şerit, stereo ve nokta modlarında görüntüleme yeteneklerine sahip olunmuş olacaktır.

Uydu sistemi ile iletişim Ankara'da konuşlandırılmış bulunan yer istasyonu marifeti ile gerçekleştirilecek olup uydu sisteminin iletişim konisi haricinde bulunduğu zamanlarda elde ettiği görüntüler ilerleyen zamanlarda yer istasyonuna iletmek üzere depolanabilecektir. Böylelikle, uydu sistemi ile bütün Dünya yüzeyinden görüntü veya görüntüler alınabilecektir. Tabii bu işlemler yörünge özellikleri doğrultusunda

gerçekleştirilecektir. Bahse konu yörüngedeki uyduların Dünya etrafında tam bir tur yapma süreleri yaklaşık olarak 98 dakika olmaktadır ve bu uydular Dünya yüzeyi çevresinde bir gün boyunca 14 periyot tamamlayacaklardır [3].

5.5.1. GÖKTÜRK – 1

Dünya üstünde bulunan herhangi bir noktadan askeri istihbari bilgi sağlanmamasıyla yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesinin mümkün kılınacağı bunlarla birlikte orman sahalarının kontrol edilmesi, ürünlerin rekolteilerinin tespit edilmesi, gerçekleşmesi muhtemel olan doğal afetlerin akabinde hasar tespitlerinin en kısa zamanda yapılabileceği, kaçak olarak inşa edilmiş olan yapılaşmaların takibinin sağlanabileceği, coğrafi amaçlı harita datalarının üretilebilmesi benzeri bir çok sivil amaçlı faaliyet sahasında da görüntü elde edilmesine yönelik ihtiyacı karşılamaya yönelik bir uydu haberleşme sisteminin kazanılması “GÖKTÜRK-1 Programının temel amacı” olarak karşımıza çıkmaktadır. Bahse konu amaçların yanı sıra bu proje ile birlikte 5 ton ağırlığına kadar bütün uydu sistemlerinin test ve entegrasyonlarının Ülkemiz sınırları içerisinde gerçekleştirilmesine imkan tanıyacak olan ulusal ve uluslararası belirlenmiş olan standartlara haiz bir uydu sistem test, entegrasyon ve montaj tesisinin de Ankara’da bulunan TAI’de kurulmuştur.

GÖKTÜRK-1 projesi ile ilgili proje sözleşmesi, TELESPAZIO ve Milli Savunma Bakanlığı Savunma Sanayii Müsteşarlığı arasında 13 Temmuz 2009 tarihinde imzalanmış olup 19 Temmuz 2009 tarihinde de yürürlüğe girmiş bulunmaktadır [30].

5.5.2. GÖKTÜRK – 2

Uydu 2.5 m. siyah-beyaz, 10 m. renkli görüntü çözünürlüğüne sahiptir. Bunun yanında uydu; şerit, nokta hedef, geniş alan, stereo modlarında görüntüleme yapabilir. Uydu üç eksenle kontrol edilebilir ve stereo görüntüleme kabiliyeti bulunur. Elde edilen görüntüler 8 – bit ile kodlanmaktadır. Bu değer 11 veya 16 bit seviyesine çıkarılması hususu proje kapsamında değerlendirilecektir. Uydu kapsama alanı içerisinde iken alınan görüntüler eş zamanlı olarak yer istasyonuna indirilebilecektir. Uydunun iletişiminin olmadığı durumlarda ise elde edilen görüntüleri yer istasyonuna aktarabilmesi için en az 1.5 GB görüntü depolama kabiliyeti olması hedeflenmektedir. Uydunun üzerinde, ana

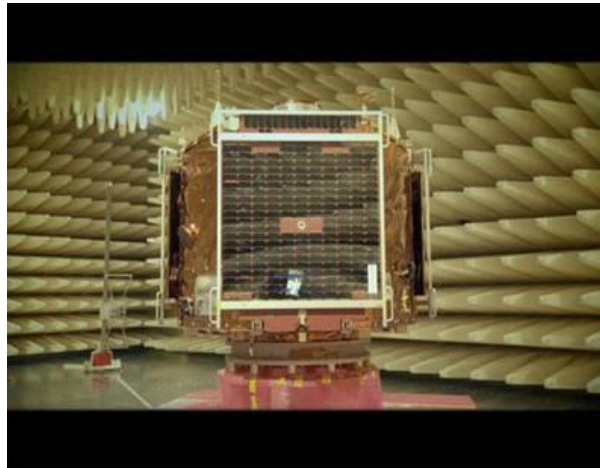
elektro – optik kamera dışında, ikinci bir kamera daha bulunmaktadır. Böylece, ana kameranın bozulması durumunda uydunun tamamen işlevsiz hale gelmesi engellenerek, diğer durumda da ekstra veri üreterek görev yapması desteklenmektedir. Keşif gözetleme uydusu sistemlerinin Ülkemiz sistem alt yapısına eklenmesi ile beraber, gözetleme ve keşif alt yapısına dair çok önemi olan bir teknoloji kabiliyeti kazanılmış olacaktır ve aynı zamanda gelecek zamanlarda da uydusu sistemlerinden elde edilen görüntülerin İHA’lar ve keşif hava araçları ile bir bütünlük arz edecek şekilde kullanılması sonucunda etkin ve verimli bir istihbari görüntü elde edilmesi kabiliyetine kavuşulmuş olacaktır. TUSAŞ, Savunma Sanayii Müsteşarlığınca yürütülmekte olan GÖKTÜRK – 2 Projesi içerisinde yerli mahiyetteki ana yüklenici şirket olarak görev almaktadır [3].

GÖKTÜRK – 2 Projesi kapsamında;

- ✓ Yeterlilik modeli,
- ✓ Yapısal yeterlilik modeli,
- ✓ Anten yerleşim modeli,
- ✓ Uçuş modeli,

olmak üzere toplam dört uydusu modeli üretilmiştir.

06 Kasım 2012 tarihinde GÖKTÜRK – 2 Uydusu'nun fırlatılma işlemi öncesi olan uğurlama seromonisi gerçekleştirilerek, Jiuquan Fırlatma Üssü’ne ulaşması ise 22 Kasım 2012 tarihinde gerçekleştirilmiş bulunmaktadır.



Şekil 5.3. GÖKTÜRK – 2 Uydusu

Kaynak: Vardar, 2010

GÖKTÜRK – 2 Uydusu, 18 Aralık 2012 tarihi günü Türkiye saati ile (TSİ) 18.13'te Çin'de yer alan Jiuquan Fırlatma Üssü'nden uzaya gönderilmiş ve akabinde de 18.25'te Dünya yüzeyinden yaklaşık olarak 685 km irtifada bulunan yörüngeye başarılı bir operasyon ile konuşlandırılmıştır [31].

6. TÜRKİYE İÇİN ÇIKARIMLAR

6.1. Uzay Alanında Yapılması Gereken Faaliyetler

Avrupa Birliği'ne üyelik hedefi olan ülkemizin; geliştirilecek özgün uzay programları ile uluslararası platformlarda söz sahibi olması hedeflenmeli, ulusal politikaların ekonomik - siyasi-stratejik hedefleri uzay teknolojisi ve / veya kabiliyetleri ile şekillendirilmeli ayrıca savunma – kamu – sanayi sektörleri bu amaç doğrultusunda teşvik edilerek geliştirilmelidir. Teknolojik altyapı oluşturma çalışmalarının etkin bir şekilde sürdürülebilmesi, uzaydan yararlanarak Türkiye Cumhuriyeti'nin geleceğine yatırım yapılması amacıyla, yapılanma süreci bir plan dâhilinde ve belirlenen temel öncelikler doğrultusunda kısa zamanda aşılmalıdır [19].

Sivil alanda yapılması gereken faaliyetler su başlıklar altında toplanabilir:

6.1.1. AR – GE faaliyetleri

Telekomünikasyon, uzaktan algılama ve astronomi gibi alanlarda teknolojik altyapı oluşturma çalışmalarına süreklilik kazandırılmalı, milli teknolojinin geliştirilmesi için AR – GE faaliyetleri desteklenmeli ve toplumsal fayda esas alınarak bu alanlara yenileri eklenmelidir.

Her ne kadar TÜBİTAK ve TTGV (Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı) gibi kurum ve kuruluşların AR – GE teşvik programları bulunsada özellikle özel sektörü bu konuda bütçe ayırmaya yönlendirici düzenlemeler yapılmalıdır. Uzay teknolojilerine ilişkin kazanılacak her bir yetenek için öncelikli olarak, alternatif sistem konseptleri geliştirilerek bu alandaki kritik teknolojilerin tespit edilmesini sağlayacak AR – GE projeleri geliştirilmelidir.

TÜBİTAK'ta bir danışma kurulu oluşturulmalıdır. Bu kurula sivil, askeri, üniversite ve sanayi kesimlerinden uzmanlar davet edilmelidir. Bu uzmanlar tarafından maliyet – etkin bir biçimde ulusal yetenekler kazanılması için hangi projelerin nasıl oluşturulup destekleneceği konusunda bir rapor düzenlenmeli ve bu rapor uygulamaya konulmalıdır.

Bu kapsamda;

- ✓ Uydularda yönelme ölçme ve kontrol sistemi,
- ✓ Görüntü/kamera sistem teknolojileri,
- ✓ Uydu izleme ve kontrol yazılımı geliştirilmesi,
- ✓ Haberleşme band (X, EHF gibi) teknolojileri,
- ✓ Fırlatma sistem teknolojileri,
- ✓ Uydu sistem teknolojileri, konularında projeler geliştirilebilir [19].

6.1.2. Eğitim

Türkiye uydu ve uzay faaliyetlerinin daha sistematik ve sağlıklı olarak yürütülebilmesi amacıyla, uydu ve uzay sistemlerine ilişkin ihtiyaç duyulan teknolojik ve idari altyapının oluşturulması çerçevesinde, nitelikli personelin doğru tespit edilmesi ve yetiştirilmesi öncelikli konu olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, Ülkemizin uydu teknolojileri ve uzay sistemleri projelerini yürütecek, gelecekte envanterimize katılacak olan uydu sistemlerinin komuta kontrolünü yapacak ve etkin çözümler üretecek nitelikte personeller belirlenerek yetiştirilmesi sağlanmalıdır.

Bununla birlikte, daha önce uydu ve uzay teknolojileri alanlarında yüksek lisans ve doktora düzeylerinde akademik çalışmalar yapmış olan personellere ilişkin insan kaynakları politikası belirlenerek nitelikli personel envanteri oluşturulmalıdır. Eğitim faaliyetlerinin zaman alması ve devamlılık gerektirmesi nedeniyle, geleceğin teknik uzmanlarını lisans eğitiminden başlamak suretiyle uydu ve uzay teknolojileri alanlarına yönlendirerek eğitim imkanlarının artırılması sağlanmalıdır. Bu kapsamda, ülkemizde halihazırda faaliyet göstermekte olan Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakülteleri ile bu fakültelerin bulunduğu üniversitelerdeki Fen Bilimleri Enstitüleri'nden faydalanılmalıdır.

Aynı zamanda yakın gelecekte kurulması planlanan Türkiye Uzay Ajansı bünyesinde görevlendirilecek nitelikli personelin yetiştirilmesi için yurtiçi ve yurtdışı eğitim kurumlarıyla işbirlikleri gerçekleştirilmeli ve bu bağlamda kamu kurumlarında çalışmakta olan ilgili alanlarda çalışmaları bulunan kamu personellerin yönlendirilmesi ve uluslararası teşkilatlarda uydu ve uzay teknolojileri ve sektörlerinde geçici personel olarak görevlendirmeleri sağlanarak yurtdışından teknoloji ve bilgi transferinin önünün açılması sağlanmalıdır.

Türkiye uydu ve uzay teknolojileri faaliyetleri kapsamında; uzay sistemlerine ilişkin konseptlerin belirlenmesi, uydu sistem projelerinin geliştirilmesi / yönetilmesi,

kazanılacak kabiliyetlerin işletilmesi, elde edilen ürünlerin değerlendirilmesi, uluslararası uzay anlaşmalarına ilişkin faaliyetlerin yürütülmesi çalışmalarında yer alacak personelin teknik konular, yönetim ve hukuki konularda uzmanlaşmasına imkan tanıyacak yüksek lisans ve doktora programlarına havacılık ve uzay sektörlerinde halihazırda görev almış bulunan kamu personelinin katılımı teşvik edilmelidir.[19]

Bunların yanı sıra, Ülkemizde uydu ve uzay teknolojilerinin geleceğinin doğru bir şekilde anlaşılması ve şekillendirilebilmesi amacıyla Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakülteleri'nde farkındalık arttırmaya yönelik seminerler, konferanslar vb. düzenlenmelidir.

6.1.3 Kamu kurumu faaliyetleri

Havacılık ve uzay teknolojileri bağlamında ülkemizde birçok kamu kurumu ve kamu kurumu niteliği taşımakta olan kamu iktisadi teşekkülü yer almasına karşın bir koordinasyon problem olduğu inkar edilemez bir gerçektir. Bu kurumlar, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Genel Müdürlüğü, TÜRKSAT, TAI, TÜBİTAK, DHMİ vs. şeklinde sıralanabilir. Bu kurumların tamamı uydu veya uzay faaliyetleri kapsamında kendi görev alanlarına ilişkin çalışmalar yapmakla birlikte birbirleriyle ilişkili olmalarında bir koordinasyon eksikliği olduğu dikkatleri çekmektedir. Bu kurumlardan, SHGM uydu tabanlı yaklaşma ve seyrüsefer yöntemlerine ilişkin düzenlemeli ve talimatları hazırlayıp gelişmeleri takip etmekte ve DHMİ'de PBN adı verilen uydu tabanlı seyrüsefer yöntemlerinin havaalanlarında uygulanması çalışmalarını gerçekleştirmektedir. Ayrıca, TÜRKSAT uydu sistemlerinin teknolojik altyapılarının oluşturulmasına odaklanmış durumdadır, yine aynı şekilde TAI'de gözetim uydularının geliştirilmesi ve konuşlandırılması çalışmalarına devam etmektedir. TÜBİTAK ise uydu ve uzay teknolojileri alanlarındaki ar-ge çalışmalarını gerçekleştirerek bu tür çalışmaların teşvik edilmesi amacıyla hibe ve çerçeve programları çağrılarını yayınlamaktadır. Bunların yanı sıra TSK'da da Hava Kuvvetleri Komutanlığı himayesinde olmak üzere birçok bilimsel çalışma yapılmakta ve bölgesel konumlama sistemi çalışmaları devam etmektedir.

Ancak, bu çalışmaların tümünün entegrasyonunun ve koordinasyonunun sağlanmasına yönelik belirlenmiş bir çalışma gerçekleştirilmemekte olup buna ilişkin bir kurul oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Yakın gelecekte ülkemizde kurulması planlanan Türkiye Uzay Ajansı'nın, tüm bu faaliyetleri koordine ederek uydu ve uzay teknolojilerinin tasarımı, üretimi, ar-ge çalışmaları, planlanması ve fırlatma işlemlerini gerçekleştirmesi ve Ülkemizin uydu ve uzay alanlarındaki kabiliyetlerinin arttırılmasına büyük katkılar sağlayacağı beklenilmektedir.

6.2.Türkiye Uzay Ajansı, GSA ve Eurocontrol arasında koordinasyon

Bilindiği üzere geçmişten günümüze, uçakların hava seyrüseferi faaliyetleri birçok farklı teknoloji veya yöntem kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Yakın geçmişe kadar ve halihazırda ülkemizde ve diğer birçok ülkede geleneksel olarak da ifade edilebilecek olan yer temelli seyrüsefer yardımcı sistemleri (VOR, NDB, DME, ILS vs. gibi) yardımıyla hava seyrüsefer hizmeti sağlanmaktadır. Ancak, uçak borda aletlerindeki ve uydu teknolojilerinde gelişmeler ile yer temelli seyrüsefer yardımcılarının konuşlanması ve elektromanyetik yayın performanslarının sağlıklı bir şekilde yapılmasını kısıtlayan çevresel etkiler, doğal ve yapay manialar ile diğer coğrafi koşullar göz önünde bulundurulduğunda hem hava sahasının daha etkin ve verimli kullanılması hem de uçuş emniyetinin arttırılması amacıyla PBN (Performance Based Navigation) uygulamalarının yaygınlaştırılması zaruriyet arz etmektedir. Bu amaçla, öncelikle PBN'in tam olarak tüm paydaşlar tarafından detaylı bir şekilde bilinmesi, fizibilite analizinin yapılarak hangi havaalanlarında kullanılması gerektiği ile ne gibi ekonomik ve uçuş emniyetini arttırıcı etkilerinin olduğunun net olarak ortaya konulması ve uçuşun hangi aşamalarında uygulanması gerektiğine dair bir yol haritası ortaya konulması ihtiyacı hasıl olmuştur.

Bu bağlamda, hava trafik akış yönetimine dair çalışmalar Eurocontrol tarafından yürütülmekte olup 15 Eylül 2014 tarihinde de Ajans ve GSA (European Global Navigation Satellite Systems Agency) arasında 7 yıl sürmesi planlanan ve GSA tarafından yıllık 700 bin € bütçe sağlanması düşünülen bir protokol imzalanmıştır. Ülkemizin Avrupa Birliği çatısı altında olan GSA'de AB üyesi olmaması dolayısıyla devamlı suretle veya geçici görevli şeklinde personel istihdam edebilmesi mümkün bulunmamaktadır ancak ülkemizin Eurocontrol teşkilatı üyesi olması ve Eurocontrol'ün GSA ile imzaladığı protocol ile yıllık 700 bin € bütçe sağlayacağı göz önünde bulundurulduğunda Eurocontrol üzerinden GNSS alanlarında çalışmalar yapmak üzere 2 yıl boyunca geçici süre ile personel istihdamı sağlanarak bu personelin GSA'de görevlendirilmesinde herhangi bir mahsur ve engel olmadığı görülmektedir. Bu çerçevede, Eurocontrol üzerinden GSA'de personel

görevlendirilerek uydu ve uzay teknolojilerine dair uzman personel yetiştirilmesi çalışmalarına başlanması sonucunda yakın gelecekte kurulması planlanan Türkiye Uzay Ajansı'nda bu personellerin görevlendirilmesinin ülkemiz uydu ve uzay alanlarındaki çalışmalarına büyük faydalar sağlayacaktır.

7. GPS UYGULAMALARI

PBN uygulamaları gerçekleştirilirken uydu sinyallerine ihtiyaç duyulmaktadır ve mevcut küresel uydu belirleme sistemleri ile ülkemizin siyasi ve stratejik yaklaşımı dikkate alındığında hali hazırda GPS sinyallerinin bu bağlamda kullanılması daha uygun olmaktadır. Ancak, ilerleyen süreçte Galileo'nun da tam anlamıyla çalışır hale gelmesiyle birlikte bu yapının değişiklik gösterebileceği düşünülebilir.

Bu kapsamda, ülkemizde, GPS sinyallerinin en yoğun olarak kullanıldığı sektörlerden havacılık sektöründe GPS'den faydalanmak suretiyle havaalanlarında PBN uygulamalarına başlamış ve bu çalışmaları artarak devam ettirmektedir.

7.1. Uydu Teknolojilerine Dayalı Seyrüsefer ve Türkiye PBN Uygulama Planı

Havacılık sektöründeki kuruluşlar belirli sistemler geliştirerek ulusal ve uluslararası örgütler tarafından belirlenen standartlar çerçevesinde faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu, sektörde emniyetin iyi uygulanması ve standartlaştırılması uluslararası bir sektör olan havacılık için gereklidir. Emniyetin öneminin bu kadar artmasının bir sebebi olarak hava yolu ulaşımına olan talebin artması olarak düşünülebilir.

Talep sahip olunan kapasiteye göre karşılanmaya çalışılsa da mevcut sistem ve alt yapılar yetersiz kalmaktadır. Her geçen gün artan talep karşısında mevcut sistemlerin yetersiz kalmasıyla uluslararası havacılık kuruluşları bu talebi karşılayabilmek ve artan trafiğe uyum sağlayabilmek adına belirli sistemler geliştirmeye başlamışlardır. Hava kapasitesinin optimum düzeyde kullanımının sağlanabilmesi için yapılan araştırmalar sonucunda hava trafik yönetiminde düzenlemelere gidilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Güncel seyrüsefer sistemlerinde yetersizlikler bulunmaktadır. Günümüzde OMEGA, LORAN-C, VOR-DME, NDB ve ILS gibi yer tabanlı seyrüsefer yardımcılarını ile INS/IRS sistemi mevcut olarak kullanılmaktadır. Bu seyrüsefer sistemlerinin belirli kullanım şartları ve kısıtlamaları bulunmaktadır. Çoğu bazı hava koşullarında kullanılmadığı gibi bazen yanlış bilgilerde verebilmektedir. Hava trafiğinin de sürekli artması beklendiğinden sürekli artan bir trafikle baş etmeleri güç olacaktır. Bu nedenle VOR, NDB gibi radyo seyrüsefer sistemlerini yerini uydu tabanlı seyrüsefer sistemlerine bırakacaktır. Fakat bunun için belirli bir süreç gerekmektedir. Her ülke aynı anda bu sistemi kullanamayacağından, zaman içerisinde bölgeden bölgeye değişiklikler uygulanacaktır.

Uydu seyrüseferinin dünya çapında uluslararası sivil havacılık üzerindeki etkisi sebebiyle, geçiş ve/veya eski sistemlerin devre dışı kalması ICAO tarafından daha çok bölgesel düzeyde planlanmaktadır.

Mevcut seyrüsefer sistemlerinin yeterli derecede doğru bilgi vermemesi, frekansın yoğun olarak kullanımından doğan sinyal karışması, GPS'in Amerika tekelinde olması ve karışıklığı sistemin yetersizliğini ortaya koymuştur. Bu yüzden Avrupa Galileo'yu geliştirme çalışmalarına başlamış, Rusya'da Glonass sisteminin gelişmesini sağlamaktadır.

Hava seyrüseferini gerçekleştirmek için hem uçak içinde hem de yerdeki mevcut sistemlerin de emniyet açısından analizi gerekmektedir. Kullanılan her sistemin belirli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır ve havacılık sektörü dış faktörlerden en kolay etkilenen sektördür.

Bu yüzden mevcut sistemlerin eksiklikleri belirlenmiş ve bu eksiklikler giderilerek ve emniyet faktörü göz önünde bulundurularak artan hava trafik talebi karşılanmaya çalışılmaktadır.

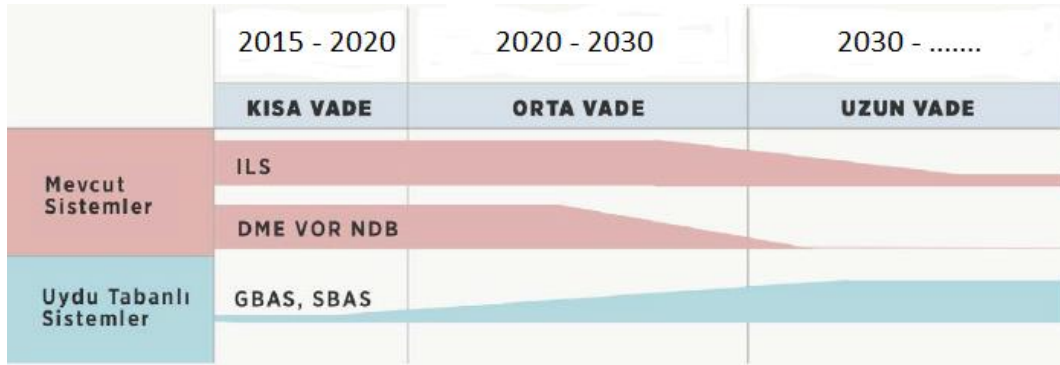
Haberleşme, Seyrüsefer ve İzleme ile Hava Trafik Yönetimini geliştirerek kapasiteyi artırıp daha fazla trafiğe hizmet verilmesini sağlamak amaçlanmaktadır. Geliştirilen bu sistemlerde insan faktörü etkisini azaltarak hata payları azaltılmaya çalışılmaktadır.

Bu bölümde de; uydu temelli iyileştirme sistemlerine neden ihtiyaç duyulduğunu, mevcut sistemler ve gelecekte sahip olunacak sistemler arasındaki farklılıklar ile bu artan talebin karşılanmasında havacılıkta en önemli faktör olan emniyet faktörünün nasıl istenen seviyede tutulabileceği irdelenecektir.

Bunlarla birlikte; hava trafik sayılarının hem dünyada hem de özellikle ülkemizde yoğun bir şekilde artması, ülkemizin Eurocontrol'ün aylık olarak yayınlanan Network Manager Raporlarında 2012 yılından bu yana trafik artış sayılarında devamlı olarak 1. olması, ayrıca Eurocontrol'ün analizlerine bakılacak olursa 2035 yılına kadar hava trafiğinin büyük bir çoğunluğunun Avrupa'dan orta ve uzak doğuya doğru kayacağı ile gelecek yıllarda hizmete girecek olan 3. Havalimanının da bu artışı daha da arttıracığı göz önünde bulundurulduğundan uyduya dayalı seyrüsefer uygulamalarının bir an önce hayata geçirilmesinin ve yer temelli seyrüsefer yardımcı sistemlerinden yavaş yavaş vazgeçilerek sadece destek amacıyla kullanımı yoluna gidilmesinin hem ekonomik

bağlamda, hem ülkemizin bu konudaki dışa bağımlılığının azaltılması hem de uçuş emniyetinin artırılması bağlamında büyük önem arz ettiği bilinmektedir.

Performansa Dayalı Seyrüsefer kavramı ise havayollarının daha ekonomik olması dolayısıyla waypointler yerine direkt rotaları tercih etmeleri, uçak borda aletlerindeki ve uydu teknolojilerinde gelişmeler ile yer temelli seyrüsefer yardımcılarının konuşlanması ve elektromanyetik yayın performanslarının sağlıklı bir şekilde yapılmasını kısıtlayan çevresel etkiler, doğal ve yapay manialar ile diğer coğrafi koşullar dikkate alınması ve hem hava sahasının daha etkin ve verimli kullanılması hem de uçuş emniyetinin artırılması amacıyla bir yöntem geliştirilmesi ihtiyacı oluşması sonucunda ortaya çıkmıştır. ICAO tarafından yayınlanmış olan Doc 9613 numaralı “Performance Based Navigation Manual” dokümanında da belirtildiği üzere, PBN, geleneksel seyrüsefer yardımcıları tarafından noktadan noktaya sağlanan seyrüsefer hizmetinin, uçak üzerinde bulunan bordo aletleri ile uydu teknolojilerinin bir arada kullanımı sonucundaki dönüşümünü ifade etmektedir.



Şekil 7.1. Geleneksel ve Uydu Tabanlı Sistemlere Yönelik Projeksiyon

Kaynak: ICAO, 2013

Bu bağlamdaki seyrüsefer özellikleri ise; R-NAV (Area Navigation) veya RNP (Required Navigation Performance) olarak isimlendirilmektedir. Bunlara kısaca bakacak olursak;

R-NAV için;

- ✓ RNAV 1 ve RNAV 2, ETOPS uçuşlar, SID'ler, STAR'lar ve GNSS kullanarak yaklaşma safhasına geçişlerdeki operasyonları desteklemektedir.
- ✓ RNAV 5, sistem gereksinimi olarak tek bir saha seyrüsefer sistemi gereklidir ayrıca, VOR/DME, DME/DME, INS/IRS, GNSS sensörleri kullanılabilir.

- ✓ RNAV 10, ETOPS uçuşlarında kullanılır genellikle, 50NM yanlamasına ve uzunlamasına mesafe ayırma prensibine dayanır. [34]

RNP için;

- ✓ RNP 1 [ICAO9997, 2013], sadece GNSS kullanarak geliş ve kalkış prosedürlerini desteklemeyi sağlar. GNSS'e olan gereksinimi dışında RNAV 1 ve RNAV 2 den önemli bir farkı yoktur.[30]
- ✓ RNP 2 ve İleri RNP (A-RNP- Advanced RNP) [ICAO9613, 2008] ile ilgili çalışmalar halihazırda devam etmektedir [33].
- ✓ RNP 4 [ICAO9997, 2013], herhangi yere dayalı bir seyrüsefer yardımcısına gerek duymamaktadır. RNP 4'ü destekleyen genel olarak GNSS sistemidir [34].
- ✓ RNP APCH, PBN yaklaşma prosedürlerinden yetki gerektirmeyenidir. Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (ICAO-International Civil Aviation Organization) tarafından RNP Yaklaşması (RNP APCH- RNP Approach), Federal Havacılık Otoritesi (FAA-Federal Aviation Authority) tarafından RNAV GPS olarak kullanılır.

7.1.1 Türkiye PBN uygulama planı

Bahsedilen gerekçeler, ihtiyaç ve Ülkemizin teknik kapasitesi göz önünde bulundurulmak suretiyle Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (SHGM ve DHMİ başta olmak üzere) koordinesinde olmak ve diğer tüm paydaşlarında görüşleri alınmak suretiyle aşağıda belirtilen şekliyle bir uygulama eylem planının yürürlüğe sokulması ve fizibilite çalışmalarına başlanılmasında fayda olacağı değerlendirilmektedir. Bunlara kısaca bakacak olursak ;

SHGM sorumluluğunda olmak üzere;

- ✓ Türkiye AIP'sinde yayınlanacak GPS frekans bant aralığının her türlü enterferanstan/girişimden etkilenmeden kullanılabilmesi için yetkili otorite nezdinde girişimde bulunulması,
- ✓ Türkiye'deP-RNAV (GNSS), RNP-1 (GNSS), RNP APCH ve RNP APCH with Baro VNAV ekipmanına sahip onayı olan uçak sayılarının belirlenmesi,
- ✓ Belirlenen sayılar dikkate alınarak onay zorunluluğu getirilip getirilmeyeceği hususunun DHMİ tarafından değerlendirilmesi,

- ✓ Yoğun trafik akışının yaşandığı havaalanlarında (IST, AYT, ESB, ADB, BDR, DLM) konvansiyonel usuller kullanılmadığı zamanlarda RNP APCH uygulamalarının yedek usul olarak kullanılmasının sağlanması,
- ✓ Tüm Hava sahasındaki maniaların tespitinin ve güncellenmesinin sağlanması,
- ✓ Mania kriterinin belirlenmesi, istenen hassasiyetlerde bilgi toplayabilecek nitelikte firmalarının yetkilendirilmesi ve güncellenebilir bir veri tabanı oluşturulmasının sağlanması
- ✓ Sinyal performansının belirlenmesi,
- ✓ Uydu sistemlerinden hangisinin (GPS veya GLONASS) hangi aşamalarda (enroute, terminal ve hassas olmayan yaklaşma) kullanılacağına Annex-10 incelenerek belirlenmesi,
- ✓ Uydu sisteminin frekans aralığı ile birlikte Türkiye AIP'sinde yayınlanmasının sağlanması
- ✓ RNP SHT20-27 talimatında herhangi bir değişiklik yapıp yapılmayacağına belirlenmesi,

DHMI sorumluluğunda olmak üzere;

- ✓ RNP APCH (LNAV ve/veya VNAV) uygulamalarının tüm meydanlarda hayata geçirilmesi için gerekli çalışmalarının tamamlanması,
- ✓ Arazideki manialar veya PANS OPS Doküman 8168 Volume 2'de tanımlanmış standart kriterlere uyumsuzluk sebebiyle RNP APCH uygulanamayan meydanların SHGM vasıtasıyla ICAO'ya bildirilmesi, (mevcut durumda; Trabzon, Erzincan, Siirt, Tokat, Çaycuma'da uygulanamıyor)
- ✓ RNP APCH uygulamalarının ILS olan ve yoğun trafik akışı yaşanan havaalanlarında yedek usul olarak kullanımının sağlanması,
- ✓ Bu uygulamaların kullanım şartlarının hazırlanan usullerin devreye verileceği tarihte eşzamanlı olacak şekilde Türkiye AIP'sinde yayınlanması,

şeklinde sıralanabilir.

Uyduya Dayalı Seyrüsefer (PBN), hava şartlarının görüşü kısıtlayıcı düzeyde olduğu durumlarda, coğrafi koşulların yer temelli seyrüsefer yardımcılarının performansını etkilediği ve pilotun iniş / kalkış yapmasına engel teşkil ettiği operasyonun zorlaştığı durumlarda ve direkt rota kullanımına imkan tanıyarak hem daha ekonomik hem de daha emniyetli uçuşların gerçekleşmesini sağlamaktadır.

Bu perspektifte konuya yaklaşacak olduğumuzda da; Ülkemizin PBN teknolojileri ve seyrüsefer yapısına bir an önce adapte olmasının ilerleyen süreçte ortaya çıkabilmesi muhtemel emniyetsizlik ve hava trafik artışına karşın kapasitenin bu artışı karşılayamaması durumunun da önüne geçecektir.

7.2. Havaalanı PBN Uygulama Örnekleri

2012 yılının sonlarında, coğrafi şartları nedeniyle hassas seyrüsefer sistemlerinin yerleştirilmesine olanak tanımaması dolayısıyla Ülkemizde ilk olarak PBN yaklaşma şekli Van Havalimanı'nda uygulanmaya başlanılmıştır. Bu tarihten itibaren, yaklaşma sistemlerinde uydudan alınan sinyaller kullanılmıştır. 13 Aralık 2012 itibariyle bu sistemi duyurulmuş olup havayolu firmalarının kullanımına sunulmuştur. İlk olarak bu sistemi kullanarak Van Havalimanı'na Sun Expres Havayolu iniş gerçekleştirmiştir. Dünya ile eş zamanlı kurulan RNP –AR sistemi sayesinde kötü hava şartları nedeniyle yaşanan sefer iptallerinin en aza inecektir. Sistem özellikle havalimanına en kısa yoldan yaklaşmayı sağladığı için havayolu firmaları için maliyetlerde ciddi bir avantaj sağlayacak. RNP – AR sisteminin diğer havalimanlarına da kurulması çalışmaları devam etmektedir. Türkiye'de ilk kez Van Havalimanı'nda uygulanan sistemler yakıt ve zaman tasarrufu da sağlanmıştır.

Van Havalimanı'nda PBN yaklaşmasının uygulanmaya başlanması sonrasında aynı yöntem İstanbul – Atatürk, İstanbul – Sabiha Gökçen, Muğla – Dalaman, Muğla – Bodrum, Kahramanmaraş, Kayseri, Trabzon, Samsun – Çarşamba ve Denizli Havalimanlarında da uygulanmaya başlanmıştır.

Bu bağlamda, coğrafi şekillerin hassas yaklaşma sistemlerinin sağlıklı bir şekilde çalışmalarına engel teşkil ettiği havalimanlarında PBN (RNP veya RNAV) yaklaşma ve seyrüsefer uygulamalarına geçilmesine yönelik çalışmalar da devam etmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında gözetim, haberleşme, seyrüsefer, meteoroloji, güvenlik ve arama/kurtarma alanlarına yönelik olabilecek uydu çeşitleri ve bu sistemlerin alt sistemleri anlatılmaya çalışılmıştır. Bunun yanı sıra uydu teknolojilerine yönelik temel yapısal bilgi ile frekans spektrumlarını kapsayacak şekilde teknik bir takım bilgiler sunulmuştur. Sonrasında ise, Ülkemizde uydu teknolojilerine kullanımına başlanması ve buna ilişkin sivil ve askeri kanatta oluşturulmaya başlayan faaliyetlere ve kurumlara yer verilmiştir. Bu kurumların teşkil edilmesi ve üniversitelerde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda ortaya çıkartılan BİLSAT, RASAT, GÖKTÜRK 1 – 2 Projeleri, İTÜPSAT ve TÜRKSAT uyduları hakkında detaylı bir şekilde bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Bununla birlikte, ülkemizde konuya ilişkin faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar ile ar – ge çalışmalarına değinilerek yapılması gereken işbirlikleri ve koordinasyonlara yer verilmiştir.

Son olarak da, uydu teknolojilerine dayalı seyrüsefer (PBN) bağlamında ülkemizin mevcut durumu ve bu kapsamda biran önce gerçekleştirilmesi gereken iş ve işlemlere yönelik uygulanması gereken eylem planına ilişkin süreçler incelenmiş ve tavsiyelerde bulunulmuş olup PBN uygulamasına başlanılmış olan havalimanlarına dair bilgiler verilmiştir. Hiç şüphe yok ki, ülkemiz uzay teknolojileri gelişmelerine biraz uzak kalmış ancak son yıllarda gerçekleştirilen atılımlar ile gecikme süresi tolere edilmeye çalışılmakta ve olumlu birçok sonuç alınmaya başlanıldığı da görülmektedir.

Şimdiye kadar geçen süre zarfında, ülkemiz kurum ve kuruluşları kendi imkan ve kabiliyetleri doğrultusunda meydana getirmiş oldukları İTÜPSAT, BİLSAT ve bazı TÜRKSAT uydu projeleri sayesinde uzay teknolojileri alanında TÜBİTAK, TAI, TÜRKSAT ve ASELSAN başta olmak üzere birçok alt yüklenici kuruluşumuzda da bilgi birikimi ve kabiliyet oluşmuştur.

Ancak, bu çalışma ve projelerin daha da artarak, nitelikli ve sistematik bir şekilde sürdürülebilirliğinin sağlanması için, ülkemiz kaynaklarının daha etkin ve verimli bir şekilde değerlendirilerek, mevcut kamu ve özel kurum / kuruluşlarımızın daha konsantre bir şekilde ve hali hazırdaki çok başlı ve dağınık yapıdan kurtarılmak suretiyle tek elden ve bir koordinasyon çerçevesinde sürdürülmesinde fayda olacağı mülahaza edilmektedir.

Havacılık ve uzay teknolojileri bağlamında ülkemizde birçok kamu kurumu ve kamu kurumu niteliği taşımakta olan kamu iktisadi teşekkülü yer almasına karşın bir

koordinasyon problemi olduğu da inkar edilemez bir gerçektir. Bu kurumlar, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Genel Müdürlüğü, TÜRKSAT, TAI, TÜBİTAK, DHMİ vs. şeklinde sıralanabilir. Bu kurumların tamamı uydu veya uzay faaliyetleri kapsamında kendi görev alanlarına ilişkin çalışmalar yapmakla birlikte birbirleriyle olan ilişkilerini tesis etmek amacıyla bir üst organizasyonunun teşkil edilmesinin gereği de her türlü izahtan varestedir.

Bu minvalde, yakın gelecekte kurulması planlanan Türkiye Uzay Ajansı'nın önümüzde duran ve bir an önce aşılmasının büyük önem arz ettiği koordinasyon ve kaynakların verimli ve etkin kullanılması ile nitelikli uzman personel ihtiyacına bir çözüm olacağı beklenilmektedir. Bahse konu Ajans'ın kurulması ve sonrasında izlenecek yöntemde ise özellikle dikkat edilmesi gereken hususlar;

- ✓ Yönetici bazında gerçekleştirilecek atamalarda uydu ve uzay alanlarına yönelik akademik çalışmalar içerisinde bulunmuş kişilere öncelik verilmesi,
- ✓ İstihdam edilecek teknik nitelikteki personelin kabiliyetlerini geliştirmesi ve yurtdışından bilgi transferinin sağlanması amacıyla yurtdışındaki diğer uzay ajanslarına kurs, eğitim, konferans veya uzun süreli geçici görevlilik gibi faaliyetlere katılımlarını teşvik etmek ve uygun ortamı oluşturmak,
- ✓ Uydu ve uzay teknolojileri alanlarında akademik çalışmalar yapan, lisansüstü eğitim yapmış ve uzay çalışmalarında yer almaya istekli kişilerin Ajans'ta istihdam edilmesi sağlanarak akademik çalışmalarına yurt dışında devam etmelerine yönelik teşvikler getirmek,
- ✓ Teşkil edilecek Türkiye Uzay Ajansı'nın, Ülkemizin uydu ve uzay teknolojileri alanlarında kaybettiği yılları geri kazanması için hızlı ve seri bir şekilde hareket etmesi gerektiğinden dolayı kurulacak yapının özerk bir yapıda, özel bütçeli ve kamu ihale kanun ve mevzuatlarından bağımsız bir yapıda kurulmasını ve personel istihdam rejiminin de bahse konu alanın niteliği ve özelliği göz önünde bulundurularak mevcut 657 sayılı Devlet Memurları Kanunu dışında bir yapıya sahip olması,
- ✓ Sivil ve askeri amaçlı kullanıma uygun olacak insansız sistemlere ve robotik yapılara yoğunlaşılması,
- ✓ Sivil ve askeri amaçlı bilgi yönetim sistemlerinin güvenliğinin sağlanmasına yönelik çalışmalar yapılması,

- ✓ Ulusal güvenliği tehdit edebilecek nitelikteki her türlü i ve dış unsura karşı tedbir sağlayabilecek teknolojik alt yapıyı oluşturması,
- ✓ Sivil ve askeri amaçlı kullanıma uygun her türlü uydu ile uzay aracı gönderme, fırlatma teknolojileri ve uzay koşullarında koruma teknolojilerine yoğunlaşılması,

şeklinde sıralanabilmektedir.

Bunların yanı sıra, uydu ve uzay teknolojilerinin havacılık bağlamında kullanımına bakacak olursak da, mevcut seyrüsefer sistemlerinin yeterli derecede doğru bilgi verememesi, frekansın yoğun olarak kullanımından doğan sinyal karışması, GPS'in Amerika tekelinde olması ve karışıklığı sistemin yetersizliğini ortaya koymuştur. Bu yüzden Avrupa Galileo'yu geliştirme çalışmalarına başlamış, Rusya'da Glonass sisteminin gelişmesini sağlamaktadır.

Bunlarla birlikte; hava trafik sayılarının hem dünyada hem de özellikle ülkemizde yoğun bir şekilde artması, lkemizin Eurocontrol'un aylık olarak yayınlanan Network Manager Raporlarında 2012 yılından bu yana trafik artış sayılarında devamlı olarak 1. olması, ayrıca Eurocontrol'un analizlerine bakılacak olursa 2035 yılına kadar hava trafiğinin büyük bir çoğunluğunun Avrupa'dan orta ve uzak doğuya doğru kayacağı ile gelecek yıllarda hizmete girecek olan 3. Havalimanının da bu artışı daha da arttıracağı göz önünde bulundurulduğundan uyduya dayalı seyrüsefer uygulamalarının bir an önce hayata geçirilmesinin ve yer temelli seyrüsefer yardımcı sistemlerinden yavaş yavaş vazgeçilerek sadece destek amacıyla kullanımı yoluna gidilmesinin hem ekonomik bağlamda, hem ülkemizin bu konudaki dışa bağımlılığının azaltılması hem de uçuş emniyetinin arttırılması bağlamında büyük önem arz ettiği bilinmektedir.

Bu çerçevede, lkemizde Van, İstanbul – Atatürk, İstanbul – Sabiha Gökçen, Muğla – Dalaman, Muğla – Bodrum, Kahramanmaraş, Kayseri, Trabzon, Samsun – arşamba ve Denizli Havalimanlarında uygulanmasına karşın bir PBN Eylem Planı'nın hazırlanarak yürürlüğe koyulmasında fayda olduğu değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, ülkemizin uydu ve uzay teknolojileri alanlarında ilerleyebilmesi ve kabiliyetlerini arttırabilmesi için ABD, Avrupa Birliği ve Rusya'da uygulanmakta olan Uzay Ajansı yapılanmalarının incelenmesi sonucunda ulusal anlamda bir kurumun teşkil edilmesinin önemi izahtan varestedir. Öncelikli olarak yapılması gereken Türkiye'ye ait bağımsız bir Uzay Ajansı'nın kurulum çalışmalarının bir an önce tamamlanması

sağlanarak süreçlere başlanılmasıdır. Teşkil edilecek Ajans'ın, sivil ve askeri taraflarda faaliyet göstermekte olan kamu ve özel nitelik taşıyan tüm kurumların uzay faaliyetleri bağlamındaki koordinasyonunu sağlaması ve "Milli Uzay Politikaları"nın tespit edilmesinde en etkili otorite olacağı göz önünde bulundurulduğunda önemi daha net olarak ortaya çıkmaktadır. Bunların dışında, belirlenecek "Milli Uzay Politikaları"na ilişkin hedeflere ulaşılabilmesinin olmazsa olmaz şartı Türkiye Uzay Ajansı'nda yer alacak personelin uydu ve uzay teknolojilerini tasarlayabilecek, üretebilecek, geliştirebilecek ve vizyon oluşturabilecek nitelikli yetişmiş personele sahip olması gerektiği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Arslan, Ersin. (2009). Savunma teknolojileri kapsamında uyduların gelişimi ve sınıflarının incelenmesi, *XI. Akademik Bilişim Konferansı*, şanlıurfa.
- [2] Aydın, Ö. (2006). Uydu haberleşme sistemleri ve savunmada kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [3] Vardar, U. (2010). Gelişen uzay sistemleri, uydu teknolojileri ve TSK'da askeri uydu kullanımının incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Hava Harp Okulu Komutanlığı, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Uzay haberleşme sistemleri.
<http://yükselenyildizim.blogspot.com.tr/2011/06/uzay-haberlesme-> (Erişim Tarihi: Haziran 2013)
- [5] Ed. Bomes, O. (2009). Directorate of defence studies, Air power-UAVs: The wider context, Royal air force.
- [6] MEB. (2013). Uydu haberleşmesi, Ankara.
- [7] Gül, ř. (2000). Uydu iletişim sistemleri ve iridyum, *Silahlı Kuvvetler Dergisi*, s.85
Ankara.
- [8] Bayrakçı, H. E. (2002). Uydu ve Hücreyel Mobil Haberleşme Sistemleri, İstanbul.
- [9] Kurt, O. ve Çetin, S. (2013). TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. Yapay Uydu Yörünge Bilgilerinin Belirlenmesinde Başlangıç ve Sınır Değer Problemleri, *14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- [10] Gülçat, Ü. (1992). Uzay araçları ve uzayın kullanımı, *Uzay ve Havacılık Araştırmaları*, s.7, İstanbul.
- [11] Ferit, M. ve Akyol, Y. (2004). İnsansız hava aracı sistemlerinin dünyadaki gelişimi ve uygulamalar, Kayseri V. Havacılık Sempozyumu, 234-239, Kayseri.
- [12] İnsansız hava araçları, http://www.ssm.gov.tr/_layouts/images/iha_ekatalog_web/files/assets/seo/page63.html (Erişim Tarihi: Mayıs 2013)

- [13] Arlomandi,M. Classification of unmanned aerial vehicles, Mech. Eng. 3016 Course note.
- [14] Global Hawk (Tier III), www.worldwide-military.com (Erişim Tarihi: Mayıs 2013)
- [15] Erdoğan, İ. Polat. (2004). Turkish Space Activities Just a Beginning. Quest 11, 22-29,
- [16] ASELSAN dergisi sayı: 62, (2001)
- [17] TÜRKSAT ve Gelişen Türkiye üzerindeki önemi, s.15.
- [18] TMMOB Makina Mühendisleri Odası. (2009). Türkiye'nin Uydu İhtiyaçları ve Uzay Teknolojilerinin Ürün Haline Dönüştürülmesi, *V. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı*, Eskişehir.
- [19] Zorlu, N. (2010). Küresel uydu yönbulum sistemlerine (GNSS) genel bir bakış, Avrupa'nın Galileo yönbulum sistemi, Türkiye için çıkarımlar, *Yüksek Lisans Tezi*, Hava Harp Okulu Komutanlığı, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- [20] Özveren, İ.H. (2008). Türk Uzay Araştırmaları Tarihçesi, *HUTEN Proje Ödevi*.
- [21] (2008). Gelişmelere İlişkin Değerlendirmeler ve Kararlar, *Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu 18. Toplantısı*
- http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files//BTYPD/btyk/18/18btyk_karar.pdf
(Erişim Tarihi: 17 Nisan 2016)
- [22] <http://www.uzay.tubitak.gov.tr/tubitakUzay/tr/about/history.asp>
(Erişim Tarihi: 27 Mayıs 2013)
- [23] (2005). Convention for the establishment of a European Space Agency, 36-39.
- [24] <https://www.turksat.com.tr/tr/uydu/turksat-uydu/uydularimiz> (Erişim Tarihi: 15 Mart 2015)
- [26] <http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/bilsat> (Erişim Tarihi: 12 Şubat 2016)
- [27] <http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/rasat> (Erişim Tarihi: 05 Mart 2016)
- [28] <http://www.cnnturk.com/2011/bilim.teknoloji/teknoloji/08/17/ilk.yerli>.

- gozlem.uydusu.rasat.uzayda/626391.0/index.html (Erişim Tarihi: 13 Nisan 2014)
- [29] <http://usl.itu.edu.tr/tr/itupsat1-hakkinda-ayrintili-bilgi.php> (Erişim Tarihi: 19 Mayıs 2015)
- [30] <https://www.tai.com.tr/tr/proje/gokturk-1> (Erişim Tarihi: 17 Nisan 2016)
- [31] <http://www.hvkk.tsk.tr/TR/IcerikDetay.aspx?ID=224> (Erişim Tarihi: 07 Nisan 2016)
- [32] Vizyon 2023 Projesi Savunma. (2003). Havacılık ve uzay paneli raporu, TÜBİTAK, Ankara.
- [33] International Civil Aviation Organization (ICAO). (2008). Doc 9613, Performance – Based Navigation (PBN) Manual, ICAO 3. Baskı.
- [34] International Civil Aviation Organization (ICAO). (2013). Doc 9997, Performance – Based Navigation (PBN) Operational Approval Manual, ICAO 1. Baskı.