

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ VE SAVUNMADA
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk. Elektr. Müh. Öner AYDIN

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜH.
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRONİK
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman ÇEREZCİ**

Temmuz 2006

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ VE SAVUNMADA
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk. Elektr. Müh. Öner AYDIN

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRONİK

Bu tez 04/07/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Osman ÇEREZCİ**

Jüri Başkanı

**Prof. Dr.
Abdullah FERİKOĞLU**

Jüri Üyesi

**Yrd. Doç. Dr.
Ahmet Y. TEŞNELİ**

Jüri Üyesi

ÖNSÖZ

SSCB'nin 4 Ekim 1957'de, ilk insan yapısı uydu olan Sputnik-1'i dünya yörüngesine başarıyla yerleştirmesi, insanoğlunun uzaydaki çalışmaları için bir dönüm noktası olmuş, 1960'da ABD'nin ilk casus uydusunu uzaya çıkarmasıyla yeni bir boyuta adım atılmış ve geri dönüşü olmayan bir yola girilmiştir. Teknolojinin sürati ve ticareti 40 yıl gibi kısa bir süre içinde, ülkeleri göz ardı edilemez bir biçimde uydulara ve uzay bağlantılı sistemlere bağımlı hale getirmiştir.

Bu bağımlılık gelişen uzay ve uydu teknolojisine bağlı olarak artmaktadır. Artık uydu sistemleri başta Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere gelişmiş teknolojiye sahip ülkelerin her konuda başvurdukları bir sistem haline gelmiştir. O kadar ki artık uydudan alınan bilgilerle değil ülkelerin yerlerinin, tek bir hedef haline gelen insanın bile takibi yapılmakta TV yayınları artık uydu üzerinden gerçekleşmektedir. Hatta uydu sistemleri bununda ötesine geçmiş ve ülkeler artık ülke savunmalarını uydu üzerinden yürütür olmuştur. Bunun ilk ve en somut örneği Körfez savaşında yaşanmıştır. Körfezde hedef seçimi, uzak mesafe kesintisiz muhabere, füze erken uyarı imkânı, meteoroloji bilgisi, keşif gözetleme, hassas seyrişer ve isabet kolaylığı gibi harekate katkısı çok büyük imkanlar uydu sistemleriyle yaratılmış, günümüzde çok çeşitli alanlarda etkin ve yaygın olarak kullanılan uydu teknolojisi, ülkelerin milli güvenlik ve menfaatlerinin korunmasında vazgeçilmez bir vasıta olmuştur.

Bu kapsamda yapılan tez çalışması; dünyada mevcut uydu teknolojisi ve gelecekte yaşanacak gelişmeleri göz önüne alarak, uydu haberleşme sistemleri ve Türk savunma sistemlerinin uzaydan ve uydulardan nasıl faydalanabileceği konusunda düşünceleri ortaya koymaktadır.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xv

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

UYDU SİSTEMLERİ.....	4
2.1. Giriş.....	4
2.2. Uydu Sistemleri Ve Tarihi Gelişimi.....	5
2.3. Türkiye’de Uydu Sistemlerinin Tarihi Gelişimi	9
2.4. Uyduların Yapısı	11
2.5.Uydu Yörüngeleri.....	16
2.5.1. Uydu yörüngesi ve bağıl hız	17
2.5.2. Uydu yörüngesi ve doppler frekans kayması	18
2.6. Uydu Yörüngelerinin Tahsisi.....	28
2.7. Uydunun Yörüngeye Yerleştirilmesi.....	29
2.9. Uydu Sistemlerinin Uygulama Alanları	32
2.9.1. İletişim uyduları	32
2.9.2. Seyrüsefer (yön bulum, navigasyon) uyduları	33
2.9.3. Keşif ve gözetleme uyduları.....	33
2.9.4. Gözlem uyduları	35

2.9.5 Araştırma uyduları.....	36
2.9.6. Meteorolojik gözlem uyduları.....	41
2.9.7.Tarım alanında kullanılan uydular.....	42
2.9.8. Ormancılık alanında kullanılan uydular	43
2.9.9. Jeoloji alanında kullanılan uydular.....	45
2.9.10. Hidroloji alanında kullanılan uydular	46
2.9.11. Deprem araştırmalarında kullanılan uydular.....	47
2.9.12. Afet yönetiminde kullanılan uydular	48
2.9.13. Uzaktan ve çevresel algılamada kullanılan uydular	48
2.10. Uydu Algılayıcıları.....	49
2.10.1. Mikrodalga radyometreler.....	49
2.10.2. Radar görüntüleyiciler	49
2.10.3. Görünür sistemler	50
2.10.4. Kızılötesi sistemler	50
2.11. Uydudan Algılama Yöntemleri.....	51

BÖLÜM 3.

UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ	54
3.1. Giriş.....	54
3.2. Uydu Haberleşme Sistemlerinin Tanımı Ve Özellikleri.....	54
3.2.1 Uydu Transponderleri (aktarıcısı)	57
3.2.2. Yer İstasyonları	57
3.2.3. Antenler.....	57
3.3. Yayılma Denklemlerİ.....	63
3.3.1. Horn Antenler.....	65
3.3.2. Yansıtıcı Antenler.....	65
3.3.3. Lens Antenler	65
3.3.4. Dizi Antenler	66
3.4. Uydu Hat Bütçeleri.....	66
3.5. Uydu Haberleşmesinde Kullanılan Frekanslar	67
3.5.1. Frekans Planları	68
3.5.1.a. Frekans Paylaşımli Çoklu Erişim	69
3.5.1.b. Zaman Paylaşımli Çoklu Erişim.....	71

3.5.1.c. Kod Paylaşımli Çoklu Erişim.....	72
3.6. Uydu Muhabere Sistemlerinin Genel Özellikleri.....	73
3.6.1. Birlikte çalışabilirlik (interoperability) :.....	73
3.6.2. Entegrasyon:.....	73
3.6.3. Standardizasyon:.....	73
3.6.4. Maliyet Etkinlik:.....	73
3.6. 5. Kolay Kullanım:	74
3.6.6. Küreselleşme:	74
3.6.7 Terminal Cihazları:.....	74
3.7. Uydu Haberleşmesinin Klasik Sistemlere Göre Üstünlükleri:	75
3.8. Uydu Haberleşmesi Servis Organizasyonları	78
3.8.1. Uydu haberleşme sistemlerinin tasarımı.....	78
3.8.2. Uydu haberleşme sistemlerinin yönetimi.....	78
3.8.3. Uydu haberleşme servisleri	79
3.8.5. Mobil uydu servis organizasyonları	82
3.9. Türk Uydu Haberleşme Sistemleri.....	86
3.9.1. TÜRK SAT Uyduları.....	86
3.9.2. BİLSAT Uydusu.....	88

BÖLÜM 4.

UYDULARIN SAVUNMA MAKSATLI KULLANIMI	89
4.1. Giriş	89
4.2. Uyduların Savunma Amaçlı Kullanımı	89
4.3. Askeri Amaçlı Uyduların Önemi	90
4.4. Askeri Maksatlı Uyduların Kullanım Sahaları	93
4.4.1. Muhabere:	93
4.4.2. Uzaktan ve çevresel algılama:.....	94
4.4.3. Uzay ortamından meteorolojik destek:	94
4.4.4. Seyrüsefer yardımı:.....	94
4.4.5. Keşif ve gözetleme:	97
4.4.6. Balistik füze savunması kapsamında ihbar ikaz uyduları :.....	99
4.4.7. Taktik ikaz/taarruz tespiti:	100
4.4.8. Kombine uydu sistemleri:.....	100

4.4.9. Optik gözlem:	104
4.4.10. Radar gözlemi:	105
4.4.11. Erken uyarı:	105
4.4.12. SIGINT gözlemi (dinleme):	105
4.4.13. Uzay silahları:.....	106
4.4.14. İstihbarat sistemleri:.....	106
4.5. Askeri Uydu Muhabere Sisteminde Beklenen Gelişmeler	108

BÖLÜM 5.

UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİNİN GELECEĞİ.....	117
5.1.Giriş	117
5.2. Uydu Sistemlerinin Geleceği	117
5.3. Uydu Haberleşme Sistemlerinin Geleceği.....	119
5.4. Uydu Üzerinde İşleme	120
5.5. DVB-RCS Teknolojisi.....	123
5.5.1. DVB-RCS terminalleri	125
5.6. IP İşlemeli Uydu.....	127

BÖLÜM. 6

SONUÇ VE ÖNERİLER	129
KAYNAKLAR.....	136
ÖZGEÇMİŞ.....	138

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AOCS	: Yükseklik ve Yörünge Kontrol Sistemi
A/J	: Karıştırmaya Karşı
ATM	: Asenkron Transfer Modu
BPSK	: İki Aşamalı Kaydırma Anahtarlama
C ⁴ ISR	: Komuta, Kontrol, Muhabere, Bilgisayar, Gözetleme ve Keşif
CDMA	: Kod Bölmeli Çoklu Erişim
DAMA	: İstek Tahsisli Çoklu Erişim
DBS	: Doğrudan Yayınlama Servisleri
DPFR	: Çift Kutuplamalı Frekans Yeniden Kullanımı
DSI	: Sayısal Konuşma Eşlemesi
DSSS	: Doğrudan Ardışıl Yayılmış Spektrum
E1	: 2.048 Mbps data hızı
ECM	: Elektronik Karşı Önlemler
ECCM	: Elektronik Karşı-Karşı Önlemler
EDT	: Elektronik Destek Tedbirleri
EHF	: Çok yüksek frekans
EKT	: Elektronik Korunma Tedbirleri
ELINT	: Elektronik istihbarat
EMP	: Elektromanyetik Pals
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency)
EUTELSAT	: Avrupa Uydu Haberleşme Örgütü

FDM	: Frekans Bölmeli Çoklama
FDMA	: Frekans Bölmeli Çoklu Erişim
FHSS	: Frekans Atlamalı Yayılmış Spektrum
FM	: Frekans Modülasyonu
FSS	: Sabit Uydu Sistemi
GAA	: Geniş Alan Ağı
GBS	: Küresel Yayınlama Sistemi
GEO	: Geostationary Orbit
GPS	: Küresel Yer Bulma Sistemi
HEO	: Yüksek Yörünge
HF	: Yüksek Frekans
HPA	: Yüksek Güçlü Yükselteç
INMARSAT	: Uluslar arası Deniz Uydu Haberleşme Sistemi
INTELSAT	: Uluslar arası Uydu Haberleşmesi Örgütü
ISDN	: Entegre Sistemler Sayısal Ağı
IT	: Bilgi Teknolojileri
ITU	: Uluslar arası Haberleşme Birliği
Ka	: K-above
Ku	: K-under
KKBS	: Komuta Kontrol Bilgi Sistemi
LAN	: Yerel Alan Ağı
LDR	: Düşük Veri Hızı
LEO	: Düşük Yörünge
LF	: Alçak Frekans
LNA	: Düşük Gürültülü Yükselteç

LPD	: Düşük Belirlenme Olasılığı
MEO	: Orta Yörünge
MF	: Orta Frekans
MSAT	: Mobil Uydu
PCS	: Kişisel Haberleşme Servisleri
PDMA	: Kutuplama Bölmeli Çoklu Erişim
SDMA	: Uzay Bölmeli Çoklu Erişim
SHF	: Çok Yüksek Frekans
SM	: Hizmet Modülü
SNMP	: Standart Şebeke Yönetim Protokolü
TCM	: Trellis Kodlu Modülasyon
TDM	: Zaman Bölmeli Çoklama
TDMA	: Zaman Bölmeli Çoklu Erişim
TTAŞ	: Türk Telekom Anonim Şirketi
UHF	: Ultra Yüksek Frekans
VHF	: Çok Yüksek Frekans
VLF	: Çok Düşük Frekans

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Uzay terminallerinin yörünge üzerindeki yerleşimi.....	6
Şekil 2.2. Uydu genel yapısı.....	13
Şekil 2.3. Uydu konum muhafaza sistemi.....	14
Şekil 2.4. Uydu sınıfları	16
Şekil 2.5. Dairesel yörüngesi olan bir uydunun hareketi	17
Şekil 2.6. Yörüngede bir uydu.....	19
Şekil 2.7. LEO, MEO ve GEO uydularının yörüngeleri.....	21
Şekil 2.8. Yer uyumlu uydunun yörüngeye yerleştirilmesi.....	22
Şekil 2.9. Eğimli yörünge.....	22
Şekil 2.10. Alçak yükseklikteki kutupsal yörünge	23
Şekil 2.11. Güneş uyumlu yörünge.....	23
Şekil 2.12. Ekvatordan 35784 km deki Geostatik yörüngedeki uydu	25
Şekil 2.13. Yer uyumlu uydunun yörüngeye oturtulması	30
Şekil 2.14. SMART–1 uydusu	37
Şekil 2.15. HUBBLE uzay teleskopu.....	38
Şekil 2.16. JAMES WEBB uzay teleskopu	38
Şekil 2.17. ODIN uydusu	39
Şekil 2.18. PARCS uydusu.....	40
Şekil 2. 19 ISS uydusu	41
Şekil 2.20. Meteoroloji uydusundan alınan bir görüntü	42
Şekil 2.21. Cihanbeyli yaylasının SPOT 4 uydusu tarafından alınan görüntüsü	43
Şekil 2.22. Antalya Orman Alanlarının SPOT 4 uydusu tarafından alınan görüntüsü	44
Şekil 2.23. Kaçkar Dağlarının SPOT 4 uydusunca alınan görüntüleri	46
Şekil 2.24. Tuz Gölünün uydu görüntüsü	47
Şekil 2.25. Pasif algılama.....	51
Şekil 2.26. Aktif algılama	52

Şekil 2.27. Uydudan algılama yöntemleri.....	53
Şekil 3.1. Uydu haberleşme sistemi.....	56
Şekil 3.2. Parabolik anten.....	58
Şekil 3.3. Parabolik antenin gönderme ve alma işlemlerinde kullanımı.....	58
Şekil 3.4. 3d Işıma aralığı	60
Şekil-3. 5 Enlem ve boylamı 0^0 olan uydudan yaklaşık yayın alanı veya ayak izleri	63
Şekil 3.6. iki yer istasyonu ve bir uydu arasındaki yol denkleminde kullanılan denklemler	64
Şekil 3.7. Horn anten	65
Şekil 3.8. Yansıtıcı anten.....	65
Şekil 3.9. Lens anten.....	66
Şekil 3.10. Fazlı Dizi Anten	66
Şekil 3.11. Uydu haberleşmesinin gelişimi.....	69
Şekil 3.12. C-bandında çalışan Intelsat V transponderi için tipik bir frekans planı ...	70
Şekil 3.13. TDMA zaman planlaması.....	71
Şekil 3.14. CDMA kodlama tekniği	72
Şekil 3.15. EUTELSAT-I ve II serisi uyduların pozisyonları.....	81
Şekil 4.1. Uydudan alınmış çözünürlük örnekleri	90
Şekil 4.2. Askeri ve sivil gözetleme uydularının çözünürlüklerinin karşılaştırılması	92
Şekil 4.3. GPS Uydusu.....	96
Şekil 4.4. GPS Uyduları	96
Şekil 4.5. GALİLEO Uydusu	97
Şekil 4.6. GALİLEO Uydular	97
Şekil 4.7. Keşif, ihbar ve ikaz uydusu genel görünümü	99
Şekil 5.1. Uydu üzerinden gerçekleştirilebilen uygulamam alanları.....	118
Şekil 5.2. Artan band genişliği ihtiyacı.....	119
Şekil 5.3. Günümüz askeri uydu haberleşme sistem özellikleri	120
Şekil 5.4. Geleceğin askeri uydu haberleşme sistem özellikleri.....	120
Şekil 5.5. Uydu üzerinde işlemeli görev yükü blok şeması	122
Şekil 5.6. Geleneksel ve uydu üzerinde işlemeli uydu sistemlerinde yönlendirme .	123
Şekil 5.7. DVB-RCS terminalleri	125
Şekil 5.8. Uydu özerinde işlemeli uydu ile ağ yapısı	126
Şekil 5.9. W. DVB-RCS terminalleri ile internet erişimi	127

Şekil 5.10. IP işlemeli uydu haberleşme şebeke yapısı	127
Şekil 5.11. Geleneksel ve uydu üzerinde işlemeli terminal bağlantıları.....	128
Şekil 5.12. IP işlemeli uydular arası haberleşme şebeke yapısı	128

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Türkiye’de uzay çalışmalarının kronolojisi.....	10
Tablo 2.2. TÜRK SAT uyduları teknik bilgileri	11
Tablo 2.3. Uydu tipleri ve özellikleri.....	20
Tablo 2.4. Uzayda mevcut durum	31
Tablo 3.1. UHF, SHF ve EHF frekansları genel bilgileri	68
Tablo 3.2. EUTEL SAT uydularının özellikleri.....	82
Tablo 3.3. Globalstar haberleşme sisteminin frekans bandı	85
Tablo 3.4. TÜRK SAT uydularının özellikleri	87

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Uydu Teknolojileri, Uydu Haberleşmesi, Savunma maksatlı uydular

İnsanoğlu var olduğu günden beri haberleşme ihtiyacı hissetmiş ve bu ihtiyacını yaşadığı çağın sahip olduğu teknolojisine göre bir şekilde karşılamıştır. Yeri gelmiş haberleşme için dumanı yeri gelmiş güvercini ve bazen de binekli posta araçlarını kullanmıştır. Haberleşme adına gelişen teknoloji insanoğlunun duyduğu haberleşme ihtiyacına göre gelişmiştir. Haberleşme teknolojisindeki bu gelişme günümüze kadar devam etmiş ve halende devam etmektedir. Günümüz de ise haberleşme sistemlerinde ulaşılan son nokta uydu sistemleridir.

Uydu Sistemleri, haberleşme alanında daha hızlı ve yüksek kapasiteli ama aynı zamanda da düşük maliyetli sistemler yaratma çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır. İlk olarak savunma ve askeri maksatlarla kullanılan uydu sistemleri yıllar geçtikçe artık hayatın her safhasında kullanılır olmuştur. Zamanla özel şirketler, üniversiteler ve devlet sektörü de uydu sistemlerinden yararlanır olmuştur. Uydu teknolojisi artık öyle bir hal almıştır ki artık özel sektörün sunduğu uydu imkânlarıyla değil ülkeler kişiler bile takip edilir hale gelmiştir.

Günümüzde uydular askeri amaçlı olarak; komuta kontrol ve muhabere, uzaydan algılama, meteorolojik destek, hassas seyrişer, keşif-gözetleme, erken uyarı ve füze savunma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bunlara ilave olarak, incelemeler göstermektedir ki yakın gelecekte kullanıma sunulacak olan taarruzi sistemlerle, diğer ülkelerin uydularına, uzayda ve dünyada seyreden araçlarına ve yeryüzündeki her türlü hedefe karşı engelleyici ve tahrip edici taarruzlar gerçekleştirmek mümkün olabilecektir.

21 nci yüzyıl ülke savunmasında, uydu sistemlerinin mevcut kullanımının ötesinde, potansiyel hasar verme, tesirsiz hale getirme veya tahrip kaynağı olarak Yönlendirilmiş Enerji Silahları, İnfrared İkaz Azaltıcı Sistemler, Karıştırıcı ve Karıştırmaya Karşı Koyucu Elektronik Sistemler, Uyduları Tahrip Edici Uydu Sistemleri, Anti-Balistik Taarruzi ve Savunma Füze Sistemleri ve Gelişmiş Komuta Kontrol ve Muhabere Sistemleri kullanılmaya başlanacaktır.

Çalışmada mevcut uydu sistemlerinin genel bir durumu verildikten sonra geleceğin askeri harekâtının uzay ortamında şekilleneceği göz önüne alınarak; bu kapsamda ülkemizin savunmasında 21 nci yüzyılda uydulardan nasıl yararlanabileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

SATELLITE COMMUNICATION SYSTEM AND USING ON DEFENCE

SUMMARY

Keywords: Satellite Technologies, satellite Communication, define aimed satellites.

Since the very first days of mankind's existence, people all the time needed to communicate and faced their expectations according to technologic conditions of those times. Sometimes they used smoke and birds and sometimes horses as post vehicles. Communicational technology has all the time kept developing with people's requirements and this development takes everyday a step forward. Recently, the final point reached in communication is the satellite systems.

Satellite systems occurred as a result of the need of more rapid and high capacity and at the same time low cost systems in the branch of Communication. The satellite systems that were primarily used for defence and military aims have now become more common in every part of life. During this period private companies, universities, and even government started to take the advantages of these satellite systems. The latest improvements in satellite Technologies let us the opportunity of gaining information about not only the countries but also the people living in.

Today we can list down the usage of satellite for military purposes in the titles of; command-control and Communication, remote sensing, meteorologic support, sensitive navigation, reconnaissance, early warning and missile defence. Moreover, recent researches show us that it will be possible about other countries' satellites, vehicles in world, Space and any target on earth operating destructive attacks.

In the 21th century country defence systems in addition to present usage some other systems such as guided energy weapons which are potential destroy or becoming ineffective and destruction source, infrared caution reducing systems, electronic systems for jamming and anti-jamming, satellite destructive satellite System, anti-ballistic attack and defence missiles systems and improved command control and Communication systems, are going to be used.

In this study with general situation of satellite systems, thinking that future military operations will be formed in Space environment; 21 th century how can our country can take the advantages of satellite in defence area.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Modern insan artık uzayla iç içedir ve yaşamını alıştığı düzey ve kalitede sürdürebilmesi için uzaya bağımlı hale gelmiştir. Evimizdeki televizyon yayınları, Dünyanın herhangi bir köşesinden canlı haber veya olay yayını, günlük meteorolojik raporlar, ülkeler arası ve kıtalar arası ses görüntü ve veri iletişimi, uçakların ve gemilerin yollarını bulması hep uydular ve uzay teknolojilerine bağlıdır. Askeri olmayan ancak insanlığın gittikçe en temel güvenlik sorunu haline gelmekte olan iklim değişiklikleri ve Dünyayı 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 Dünyada 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.

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 Muhabere Sistemleri, diğer muhabere vasıtaları ile haberleşmenin sağlanamadığı arazi şartlarında dahi muhabereye olanak vermeleri itibarıyla diğer muhabere 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 PTT ye ve PTT'nin haberleşme hatlarına bağlıdır. Ülkemizin bağımlı olduğu PTT Muhabere ortamı emniyet, güven, beka kabiliyeti ve kapasite itibariyle 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 muhabere 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.

BÖLÜM 2. UYDU SİSTEMLERİ

2.1. Giriş

Dünya üzerinde her hangi iki nokta arasında güvenilir ve geniş bantlı iletişim sağlamanın üç yolu vardır: Bunlar telsizler, karasal hatlar ve uydulardır. Karasal hatlar önceden planlanıp döşenmesi gerektiğinden hareketli platformlara hizmet veremez. Telsizler ise frekansa, hava koşullarına ve güce bağlı olarak bant genişliği 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 uydular klasik telsiz iletişimine göre daha ucuz ve daha güvenilir seçenekler.

Uydu Sistemleri, haberleşme alanında daha hızlı ve yüksek kapasiteli ama aynı zamanda da düşük maliyetli sistemler yaratma çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır. 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 çok daha atmosferin içerisinde kalan bölümünü kullanırlar. Bunun dışında kalan ve atmosferin dışında kalan uzayı kullanan sistemlere uzay uydu sistemleri denilebilir.

Uydu Muhabere Sistemleri; bir uydudan, uydunun yörüngesini, uzaydaki konumunu ve çalışmasını denetleyen bir yeryüzü istasyonundan ve uydu üzerindeki transponder (alma frekansını, gönderme frekansına çevirici) aracılığıyla gerçekleştirilen ve haberleşme trafiğinin gönderilmesini (çıkarma hattı, uplink) ve alınmasını (indirme hattı, downlink) sağlayan yer terminaleri ağından oluşmaktadır.

2.2. Uydu Sistemleri ve Tarihi Gelişimi

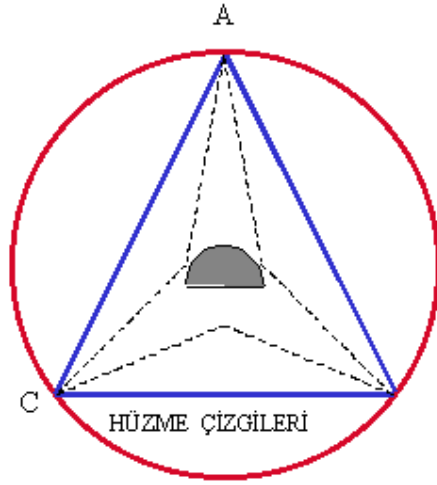
Uydu yapma fikrini ilk kez 1896 yılında Amerikalı bir rahip ortaya atmıştır. Edward Everett HALE ismindeki bu rahip “The Brick Moon” adlı eserinde gökyüzüne yerleştirilen bir uzay gemisinden bahsetmiş ve okyanuslardaki gemilere buradan yardımcı olunabileceğini yazmıştır. Uyduları kullanarak küresel iletişim fikri ise ünlü İngiliz bilim adamı ve bilim kurgu yazarı Arthur C. CLARKE tarafından Mayıs 1945'te ortaya atılmıştır. 1945 sonbaharında, İngiliz Kraliyet Hv. K. K. lığı mühendisi ve İngiliz Gezegenler arası Kurumu üyesi Arthur C.CLARKE, Telsiz Dünyası dergisine, dünyanın 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 uluslar arası servis sağlayıcıları için her zaman birinci planda olacaktır.
- c.TV, kullanıcılar için de en kolay kullanılan servis olacaktır
- ç.Uyduyan TV yayını en ucuz ve etkili, yüksek kaliteli ve en çok insana ulaşan servis olacaktır.

CLARKE'ın icadı şu düşüncelere dayanıyordu. Dünyanın üzerinde, ekvatorun tam üstünde 36.000 km civarında öyle bir yer bulunabilir ki, bu noktada uydu dünya ile aynı hızda dönecektir. Diğer bir deyişle, bu uzaklıkta uydu dünyanın üzerinde asılı duruyor gibi düşünebilir. Bu düşünceden yola çıkılarak, dünya üç adet uydu ile bütünüyle kapsanabilir [1].

Kurulacak uzay terminallerinin yörünge üzerindeki yerleşimi için pek çok ayarlama gerekse de Şekil-1,1'de gösterilen metot en kolay olanıdır. Yerden bakan gözlemciye göre ekvator üzerinde dünya merkezinden 42,000 km yükseklikte

bulunan terminaller oldukları yerde gözükceklerdir. Bu metot yeryüzünde yönlü alıcı kurulumunu büyük ölçüde kolaylaştıracaktır.



Şekil 2.1. Uzay terminallerinin yörünge üzerindeki yerleşimi

Aşağıda belirtilen boylamlar, yerleştirilecek 3 terminalin tüm yerküreyi kapsaması için önerilen değerlerdir.

300° Doğu - Afrika ve Avrupa

1500° Doğu - Çin ve Okyanusya

900° Batı - Kuzey ve Güney Amerika

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. İkinci Dünya Savaşı sayesinde büyük gelişme kaydedilen güdümlü füze ve mikrodalga haberleşme teknolojileri, beraber kullanımları sayesinde yeni bir teknolojinin, Uydu Haberleşme Sisteminin doğmasına neden olmuştur. Yapay uydu fikri ilk meyvesini SPUTNİK-1'in fırlatılmasıyla vermiştir. 1957 yılında SPUTNİK-1'in uzaya fırlatılmasıyla özellikle uydu haberleşmesinin getirdiği kolaylıklar ve ekonomik kazanç dikkati çekmiş, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine verilen önemin sonucunda uzay çalışmalarında ikinci büyük adım 1969 yılında ilk insanın

Ay'a ayak basmasıyla atılmıştır. Gerçek anlamda ilk aktif uydu [2] (Explorer-1) ise, NASA'nın yürüttüğü SCORE projesi kapsamında 1958 yılında yörüngeye yerleştirilmiştir. Bu anlamda uzaya gönderilen ilk uydular askeri amaçlı olarak kullanılmış ve ticari uyduların da öncülüğünü yapmıştır.

1964 yılına kadar, AT&T firmasının iki TELSTAR, iki RELAY ve iki SYCOM uydusu orta yörüngede (yaklaşık 5.600 km) çalışıyordu.

1960'ların başında, uydular çok güvenilir olmadığından, veri kullanımı da layıkıyla yapılamıyordu. Ancak, üç eksenli sabit (dönmeyen) uyduların 1963 yılında icadı ile veri kullanımı son derece cazip gelmeye başladı.

Nisan 1965'de, COMSAT firmasının ilk uydusu EARLYBIRD, ABD'deki Cape Canaveral üssünden fırlatıldı. Böylelikle, küresel uydu haberleşme çağı da başlamış oldu uydu ABD malı olmasına karşın, ortaklık tamamen küreseldi. Uydu fırlatıldığında, İngiltere, Fransa ve Almanya gibi ülkelerde yer istasyonları çoktan hazırды. Bu uluslar arası ortaklık 19 ülkenin de katılımıyla, 20 Ağustos 1964'te global uydu servisi verilmesi amacıyla en büyük ve en kapsamlı uydu organizasyonu olan INTELSAT (Uluslar Arası Haberleşme Uyduları Organizasyonu) adı altında yeni bir organizasyon ortaya çıkmıştır.

Türkiye'nin 1968 yılında %1.64 hisse ile üye olduğu örgüt bugün, 10'u Atlantik, 6'sı Hint okyanusu, 2'si Asya Pasifik ve 4 tanesi de Pasifik bölgelerinde olmak üzere 22 uydu, 2700 adet yer istasyonu ile % 100'e yakın kesintisiz hizmet sunarak global iletişimde önemli bir yapıya öncülük etmektedir. Günümüz itibarıyla üye ülke sayısı 141 olan INTELSAT en büyük haberleşme kuruluşudur. Yalnız üye ülkeler değil dünyadaki her topluluk ve şirket INTELSAT' ın sağlamakta olduğu data/ses, video servislerinden ve yeniliklerinden yararlanmaktadır.

Avrupa ülkeleri ses, görüntü ve data iletişimi amacıyla 1977 yılında, Avrupa Uydu Haberleşme Örgütünü (EUTELSAT) kurdu. Coğrafi olarak Avrupa kıtası içinde bulunan ülkelerin üye olma imkânı olan kuruluşun hizmet alanı Avrupa, Orta-Doğu

ve Kuzey Afrika ile sınırlıdır. Bugünkü üye sayısı 39 olan EUTELSAT, 7 uydu ile Avrupa ülkeleri arasında özel telekomünikasyon, radyo, TV hizmetleri vermektedir. ABD Dz. K. K. Iığı için, Şubat 1976' da, mobil kullanımı içeren MARISAT uydusu fırlatıldı.

1979 yılında yeni nesil uyduları ve 35 ülkede kurulu olan 50 kıyı yer istasyonu üzerinden mobil iletişim servisi veren Birleşmiş Milletler Uluslar arası Denizcilik Organizasyonu INMARSAT kurulmuştur. INMARSAT, gemicilik, uçak endüstrisi, deniz aşırı ve karasal mobil endüstrilere telefon, teleks, data ve faksimile servisleri sağlayan uluslar arası bir uydu konsorsiyumudur. INMARSAT' a 68 ülke ve kuruluş üyedir. Konsorsiyumda en çok hisseye ABD temsilcisi COMSAT firması sahiptir. INMARSAT dünyadaki ikinci en büyük uydu işletmecisidir. Başlangıçta sadece sivil gemi kullanıcılarına, normal çalışma koşullarında (barış zamanı) haberleşme servisi sağlamak amacıyla kurulan INMARSAT, zaman içerisinde karasal mobil ve uçak endüstrisine de hizmet verir hale gelmiştir. Türkiye de 1989 yılında bu kuruluşa üye olmuştur ve %0.26 oranında hisse sahibidir. INMARSAT; mobil terminallere, deniz ve hava araçlarına telefon, teleks, data, faks, internet, elektronik posta, kısa mesaj ve acil durum çağrı (SOS) servisi vermektedir.

1980-1990'lı yıllarda yaşanan rekabet ve gelişen teknolojik şartlar ile doğru orantılı olarak uydu teknolojisinde de büyük mesafeler kat edilmiştir. Bunların içinde meteoroloji uyduları, uzay istasyonları, pasif ve aktif telekomünikasyon uyduları, GPS sisteminin kullanılması, uzay mekikleri, uzay teleskopları, bilimsel uydular, veri değerlendirme uyduları belli başlı olanlarıdır [2].

Üç eksenli sabit uydular çok büyük bir ilerleme idi, çünkü uyduya çok büyük güneş panellerinin ve çok yüksek kazançlı antenlerin takılması mümkün olduğundan, uydunun ömrü de birdenbire birkaç kat artırılabiliyordu.

1986'da uydu yayınlarını alan dev antenler yerine, taşınabilen küçük çanak anten üretimi başarılıydı. Servis verilen küçük portatif uydu kitleri sayesinde CNN TV tarafından, dünya tarihinde ilk kez, bir savaşı (Körfez Harekâtını) tüm dünyaya naklen INTELSAT üzerinden yayımlanmıştır.

2.3. Türkiye’de Uydu Sistemlerinin Tarihi Gelişimi

Ülkemiz; INTELSAT, EUTELSAT, INMARSAT' ın üyesidir. Dünyada kendi uydusuna sahip olan on altı ülke, Avrupa'da ise altı ülke arasına girmiş bulunmaktadır. TÜRKSAT Projesi kapsamındaki ilk uydu olan TÜRKSAT Uydularının ana yer kontrol istasyonu Ankara Gölbaşı'ndaki Uydu Haberleşme Merkezi Müdürlüğü arazisi üzerinde, yedek yer kontrol istasyonu ise Ankara Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde bulunmaktadır.

Türkiye 1973 yılında INTELSAT’ a üye oldu. 1979'da ise, Amerika Birleşik Devletleri ile arasında telefon ve televizyon iletişimi için AKA-1A istasyonu kuruldu. Ülkemiz 1985'te EUTELSAT’ a üye oldu.1986'da INTELSAT’ tan iki transponder aldı, 1986 ve 1990 yıllarında EUTELSAT uydusu kullanıma başladı. Bu amaçla AKA-2B, AKA-3B istasyonları kuruldu. 1989'da ise INMARSAT’ a üye oldu.

1993 yılında, Türkiye uluslar arası uzay bilim, astrofizik projesinde (Spektrum X-Gamma) yer aldı. 24 Ocak 1994'te TÜRKSAT-1A fırlatılmış ancak başarısız olmuştur. 11 Ağustos 1994'te, TÜRKSAT-1B haberleşme uydusu Fransız Aerospatiale firması tarafından yörüngeye yerleştirildi. 06 Eylül 1996'da TÜRKSAT-1C fırlatıldı. 11 Ocak 2001'de TÜRKSAT-2A fırlatıldı.

TÜRKSAT-1B uydusunun Türkiye, Orta Avrupa ve Orta Asya olmak üzere üç adet kapsama alanı bulunmaktadır. TÜRKSAT-1B üzerinde, Ku-bantta (11–14 Ghz) çalışan on tanesi 36 Mhz altı tanesi de 72 Mhz genişliğinde toplam 16 transponder bulunmaktadır.

TÜRKSAT-1C uydusu ise, Türkiye ve Avrupa İle Türkiye ve Orta Asya olmak üzere iki adet kapsama alanına sahiptir. Toplam 16 adet olan transponder sayısı sekizer adet olmak üzere batı ve doğu spotlarına dağıtılmıştır.

TÜRKSAT-2A ise TÜRKSAT–1 uydularından daha fazla kapsama alanına (Avrupa’dan Asya’ya uzanan iki sabit kapsama alanı ve Doğu Asya, Afrika ve

Ortadoğu'ya uzanan iki hareketli kapsama alanı) ve otuz iki transponder'a sahiptir. Dijital yayımlara uyumlu, sıkıştırma yapılırsa beş kat daha fazla yayın yapılabilecek

Tablo 2.1. Türkiye'de uzay çalışmalarının kronolojisi

1925	Ankara'da T.H.K Planör Fabrikası Kayseri'de ise Tayyare ve Motor Türk A.Ş kuruldu
1926	Eskişehir'de uçak bakım için bir tesis kuruldu
1933	İstanbul Üniversitesinde Astronomi Enstitüsü kuruldu
1950	Ankara Hava Tüneli açıldı.
1973	Türk Uçak Sanayi A.Ş (TUSAŞ) kurularak 1976 yılında faaliyete geçildi
1975	Milli savunma sanayini geliştirmek maksatlı ASELSAN kuruldu
1982	ODTÜ'de havacılık mühendisliği bölümü Anadolu Üniversitesinde ise Sivil Havacılık Yüksek Okulu açıldı
1983	Ankara'da Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu İTÜ'de ise uçak ve uzay bilimleri fakültesi kuruldu
1984	Ankara'da TAI ve ROKETSAN Eskişehir'de ise TEI kuruldu
1985–1995	HAVELSAN, MIKES, SAVRONİK şirketleri kuruldu
1988	TÜBİTAK bünyesinde SAGE kuruldu
1993	TÜBİTAK bünyesinde Uzay Bilim ve Teknolojileri Komitesi kuruldu
1994	TÜBİTAK-1B uydusu yörüngesine yerleştirildi
1996	TÜBİTAK-1C uydusu yörüngesine yerleştirildi. Türkiye'nin ulusal ilk gözlem evi TÜBİTAK TUG kuruldu
2001	TÜRKSAT -2A haberleşme uydusu hizmete alınmıştır
2003	Türkiye'nin ilk mini uydusu yörüngesine yerleştirildi

Özellikle ve turbo internet özelliğine sahiptir. 50 cm' lik antenlerle yayınları alınabilecek ve on beş yıl ömürlü olacaktır.

TÜRKSAT-2A için, uluslar arası politikada Afrika'nın önem kazanması dikkate alınmış ve kapsama alanları ona göre planlanmıştır. Teknolojideki gelişmeler de

dikkate alınarak, dijital yayın özelliği ve turbo internet özellikleri de dâhil edilmiştir. Bunların dışında, diğer TÜRKSAT uydularında askeri Transponder olmamasına rağmen, TÜRKSAT-2A'ya askeri Transponder da konulmuştur.

Tablo 2.2. TÜRKSAT uyduları teknik bilgileri

TÜKSAT UYDULARI	1B / 1C	2A
Transponder sayısı	16	32
Ömür	12 yıl	15 yıl
Ağırlık	1750 kg	3400 kg
Güneş ışınlarından ürettiği enerji	3500 W	8250 W
Uydu boyutları	2,3 x 1,6 x 1,4 m ³	72 x 2,3 x 1,8 m ³
Güneş panellerinin uçtan uca boyutu	22 m	34 m
Alıcı çanak anten çapı	60–80 cm	50 cm
Kaplama alanındaki güç	50 dbW	53 dbW

2.4. Uyduların Yapısı

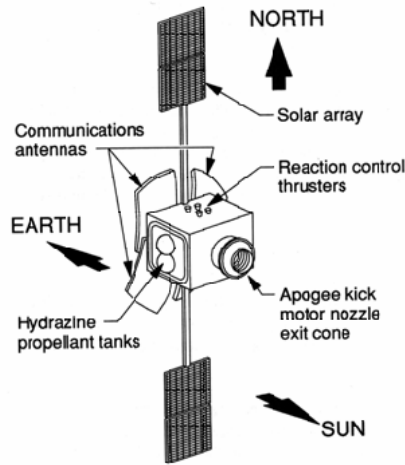
Uyduların tasarımı ve imalatı, kullanım amacı ile doğrudan ilgilidir. Sivil ve Askeri sistemler olarak iki ana gruba ayrılabilen uydu sistemler arasındaki en belirgin fark kullanım amaçları ve güvenlidir. Fonksiyonel olarak görülen farklılıklara rağmen genel yapı aynıdır.

Uyduların yapısal bilgilerini ortaya koyarken öncelikle atmosfer ve uzayın bir tanımını yapmak gerekir. Hava vasıtaları açısından bakıldığında, atmosfer denince, vasıtanın aerodinamik kuralları açısından uçabileceği en yüksek irtifa aklı gelmektedir. Bu yükseklik 100.000–120.000 ft (yaklaşık 40 km)'dir. Atmosferi oluşturan hava kütlelerinin %99'u bu irtifanın altındadır. Bir uydunun uçabileceği en alçak irtifa ise, 150 km.dir. Bu uzayın başladığı en alçak irtifa olarak kabul edilmekle birlikte, uluslararası belgelerde açık olarak ifade edilmemektedir. Eliptik yörüngeli bir uydunun yere en alçak (perigee) geçebileceği yükseklik ise 129 km.dir Bugün artık birçok kişi tarafından hava ve uzay birbirinden ayrılmaz bir bütün olarak kabul edildiğinden, bu ortam hava-uzay (aerospace) olarak adlandırılmaktadır. Atmosfer ve

uzayın bir tanımını yaptıktan sonra uyduların yapılarını incelemeye başlayabiliriz. Uyduları yapı bakımından üç bölüme ayırabiliriz; Birinci bölüm hizmet bölümü denilen ve uyduyu yörüngede tutan, hareketlerini düzenleyen, dengeleyen kimyasal ve elektriksel tepki motorlarını, hareket sistemini, yakıtı ve aküleri barındıran bölümdür. İkinci bölümde uydunun ana görevini yerine getiren transponderler, bilgisayarlar vb. tüm haberleşme donanımı yer almaktadır. Üçüncü bölüm ise güneş levhaları ve tüm antenlerin bulunduğu dış kısımdır.

Uydular temel olarak yedi ana sistemden meydana gelir.

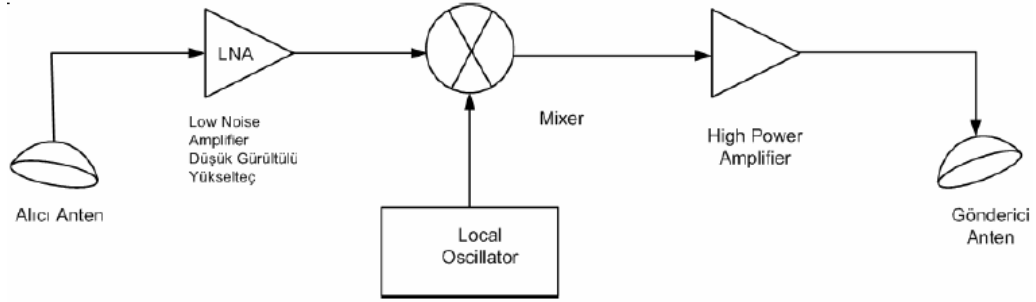
- Bus; tüm alt sistemleri üzerinde taşıyan yapıdır ve konfigürasyonu uyduyu yörüngede kararlı bir şekilde tutmak amacıyla kullanılan stabilizasyon yöntemine uygun olarak belirlenir.
- Güç sistemi; uydunun tüm alt sistemlerinin çalıştırılması için gerekli olan elektrik gücünü kesintisiz olarak sağlayan, yüksek performanslı piller ve güneş panellerinden oluşur.
- Anten sistemi; uydu ile her türlü iletişimin sağlanması amacıyla kullanılan sistemdir
- Komuta-Kontrol sistemi; uydunun izlenmesi, istenen işlemlerin yaptırılması ve buna ilişkin her türlü performans bilgisinin kontrol edilebilmesi için kullanılan sistemdir.
- Konum muhafaza sistemi; güneş, ay ve diğer kütlelerin uydu üzerinde uyguladıkları çekim kuvveti nedeniyle, yörüngede oluşabilecek bozulmaların düzeltilmesi amacıyla kullanılan sistemdir ve bu iş için uydu üzerinde bulundurulmuş yakıt uydunun ömrünü belirleyen kıstaslardan biridir.



Şekil 2.2. Uydu genel yapısı

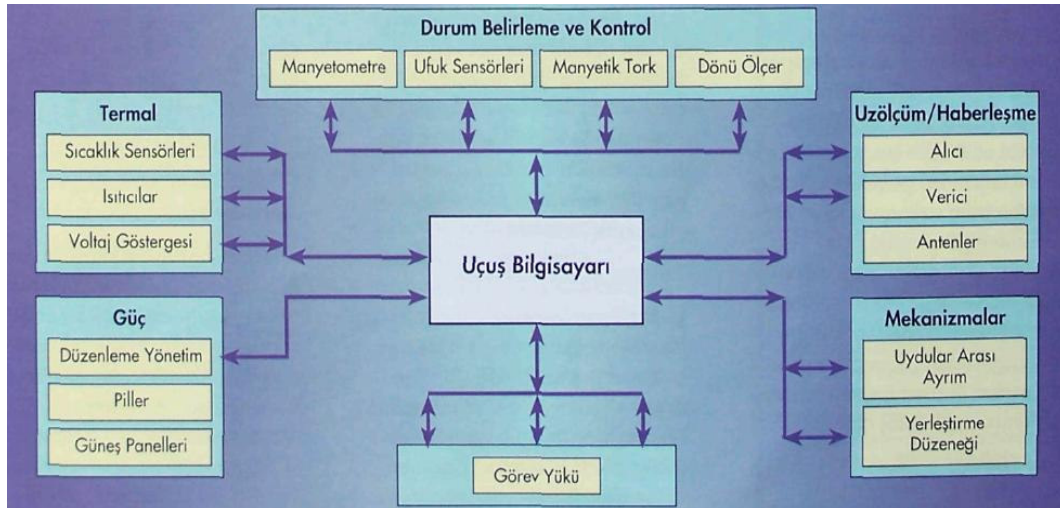
Transponder: Haberleşme uydusu içinde alma, gönderme işini yapan üniteye “transponder”denir. Uydu transponderleri, tekrarlayıcı (röle) mantığıyla çalışır. Temel olarak, alıcı antenine gelen yer terminali sinyalini filtreledikten ve yükselttikten sonra sinyali ulaşması gereken yer terminaline istenen frekansta iletmekle yükümlü, içinde almaç ve göndermeç bulunan sistemdir.

Transponder up-link taşıyıcısını alır, kuvvetlendirir, up-link frekansını downlink frekansına çevirir ve kuvvetlendirerek tekrar dünyaya gönderir. 1 transponder 36 Mhz bant genişliğine sahiptir Bir uydu içinde sayısı değişmekle beraber yaklaşık 12 transponder vardır. Bir uydu için tahsis edilen frekans; alma için 500 Mhz ve gönderme için 500 Mhz’dir.



- Faydalı yük: uydunun asli görevini icra edebilmesi için kullanılan sistemdir. Kamera sistemi, IR algılayıcılar ve haberleşme sistemlerini örnek olarak sayabiliriz. Uydular, uzaya fırlatılıp fonksiyonlarını yerine getirmek üzere imal edilirken, bunların uzaydaki fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için de bir takım ilave sistemler tarafından desteklenmesi gerekmektedir. “Uydu Sistemleri” olarak adlandırılan bu sistemler ise şöyledir:

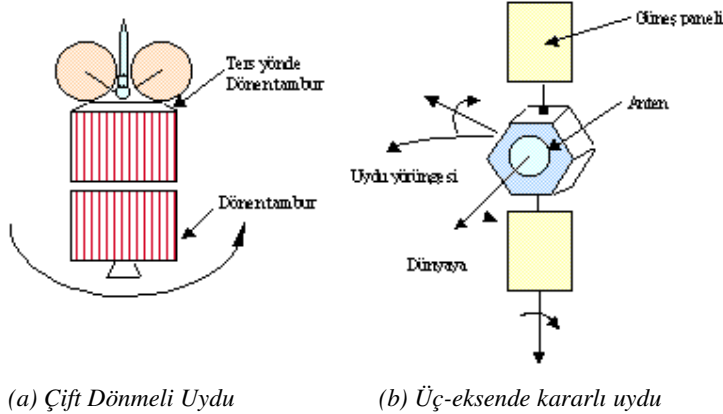
- Uzak Bölümü: Uzak bölümünün iki parçası vardır. Bunlar ana parça ve uydunun yüküdür. Uydunun yükü, onun kabiliyetlerinin ve fonksiyonlarının yerine getirildiği bölümdür. Bunlar kullanıcıya uydu temeline dayalı kabiliyetler sağlar ve bir uyduyu diğerinden ayırır.



Şekil 2.3. Uydu konum muhafaza sistemi

- Kontrol Bölümü: Bu bölüm platform kontrolü, yük kontrolü ve şebeke kontrolünü kapsayan genel sistemin işletiminden sorumludur.
- Yer Terminal Birimi: Uyduya sinyal gönderen ve uydudan sinyal alan asıl yer teçhizatından oluşan bölümdür. Bir yer teçhizatı elde taşınabilir bir terminalden, teçhizatı içinde barındıran sabit ya da mobil bir platforma kadar değişiklikler gösterebilir. 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 dünyaya dönük olması gerekmektedir. Aksi halde iletişimin sürekliliği sağlanamayacaktır. Uydu, yörüngede iken yerçekimi farklılığı, dünyanın manyetik alanı, güneş enerjisi gibi dış etkenler yanında uydunun dengelenmemiş iç hareketleri gibi birçok değişik kuvvetin etkisindedir. Bu etkenler uydunun istenen yörüngede kalmasını önlemektedir. Bu kuvvetlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ve dolayısıyla uyduyu kararlı bir durumda tutmak için, uyduyu kendi eksenini etrafında döndürmek gerekmektedir. Böylece uydunun, yüksek açısal momentumu bulunan bir denge çarkı gibi davranması sağlanmaktadır. Antenlerin her zaman dünyaya dönük tutulması için antenler ve tüm haberleşme donanımı uydunun dönme hızıyla aynı hızda, ancak dönme yönünün tersinde dönen düşük ataletli bir platform üzerine oturtulmuştur. Uydunun bu şekilde kararlı tutulmasına "Çift Dönme" yöntemi denir. Günümüzde ise yeni kararlı tutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi "Üç eksenli kararlı tutma" yöntemidir.

Şekil-2.4'de bu iki yöntemin yapısal farklılıkları görülmektedir. "Çift Dönmeli" uydularda çeper solar hücreleri ile kaplanmış ve antenler ters yönde dönen platform üzerine oturtulmuştur. Öte yandan "Üç Eksenli" uydularda gerekli güç, solar hücrelerden sağlanmaktadır. Ancak bu hücrelerin yerleştirildiği solar levhalar hareketlidir ve her zaman güneşe dönük durumda tutulmaktadır. Yazının bundan sonraki bölümlerinde eşzamanlı yörüngede bulunan uydular üzerinden gidilecektir.



Şekil 2.4. Uyduların sınıfları

2.5. Uyduların Yörüngeleri

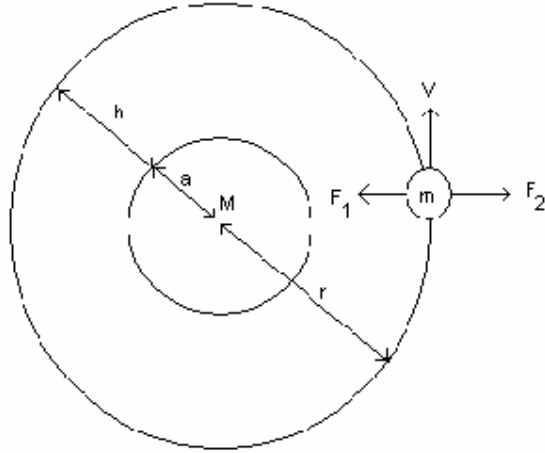
Uyduların, gezegen etrafında dönerken izledikleri yola yörünge denir. Uydular genellikle dünyanın belli noktalarındaki sabit yer istasyonlarından fırlatılırlar. Fırlatma işlemi doğruya doğru yapılır. Böylece dünyanın dönüş hızından da yararlanır. Yörünge yükseldikçe uydunun ömrü artar [3]. Uyduların ana yapıları planlanır, kullanma alanları, uzaydaki ömrü, üzerindeki cihazlar ve bunların ömürleri, güç sistemleri ve diğer yardımcı sistemler göz önüne alınarak tasarlanır. Genel görünümü simetrik küre ve silindir şeklindedir. Yerden 36.750 km. yükseklikteki bir yörüngede bulunan bir uydular ile yaklaşık yerkürenin yarısı görülebilir. Yerkürenin tamamını görebilmek ise 120 derecelik açılı farkla yerleştirilen 3 uydular ile olanaklı olabilmektedir [15].

Kepler'in gezegen yörüngeleri hipotezini kullanarak Newton kütle, hareket ve yer çekimi ivmesi ile ilgili kanunlarını ortaya koydu. Bu kanunlar:

(1) "M" (dünya) ve "m" (uydular) kütleleri olduğuna göre 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.



Şekil 2.5. Dairesel yörüngesi olan bir uydunun hareketi

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

$$F_2 = \frac{mv^2}{r} \quad (2.2)$$

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 Dünyanın kütlesi $M=5.977 \times 10^{24}$ kg. ve $G = 6.668 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}$ 'dir.

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

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

Şayet t_p saniye cinsinden ise r kilometredir.

2.5.1. Uydu yörüngesi ve bağıl hız

Uydu linki ile ilgili çalışmalar yapılmadan-önce, uydu ile yer istasyonu arasındaki mesafenin doğru olarak bilinmesi gerekir. Şayet a=Dünyanın yarıçapı (6378 km, ekvator), h=uydunun Dünyaya uzaklığı ve θ =uydu yörüngesinin yerleştirilen yer antenine göre açısı olursa. Şekil-2.6 dan sinüs teoremi ile

$$a/\sin A = d/\sin B = a + h/\sin(90 + \theta)$$

yazılabilir. Bu denklemde A ve B açılarını elde etmek için yeterli bilgi vardır;

$$\sin A = \frac{a}{a+h} \cos \theta \quad (2.5)$$

ve

$$B = 90^\circ - A - \theta \quad (2.6)$$

"d" mesafesini bulmak için 2 ifadeden biri sinüs teoremidir;

$$d = \frac{a \sin B}{\sin A} \quad (2.7)$$

veya kosinüs teoremi kullanılarak;

$$d = \left\{ a^2 + (a+h)^2 - 2a(a+h)\cos B \right\}^{1/2} \quad (2.8)$$

değeri bulunur.

2.5.2. Uydu yörüngesi ve doppler frekans kayması

Bir uydunun d mesafesi, alınan sinyalin gücünün değerini etkilerken V_r bağlı hızda alınan sinyalin frekansını etkiler. Gönderilen ve alınan frekanslar arasındaki fark Doppler Frekans Kayması olarak tanımlanır ve

$$f_d = V_r f_i / c \quad (2.9)$$

olarak gösterilir. Burada V_r bağlı hız, $c=3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ve f_i verici frekansdır.

Alınan frekans

$$f_r = f_i + f_d \quad (2.10)$$

Olur. Şayet uydu, alıcıya yaklaşıyorsa; pozitif V_r ; pozitif f_d yi oluşturacaktır böylece f_r , f_i den daha büyüktür. Şayet uydu alıcıdan uzaklaşıyorsa, negatif V_r ; negatif f_d oluşturacak ve f_r , f_i den daha az olacaktır.

Alçak yörünge kullanıldığı takdirde, gözetleme uydularında, görüntüde çok ince ayrıntılar elde edilebilir. Ancak bu durumda uydunun yeryüzünde kapladığı alan

daralmakta ve uydunun servis ömrü azalmaktadır. Yüksek yörünge seçildiği takdirde ise ayrıntıların elde edilmesi güçleştiği halde, yeryüzünde daha geniş bir alan kaplamakta ve uydunun servis ömrü artmaktadır [4].

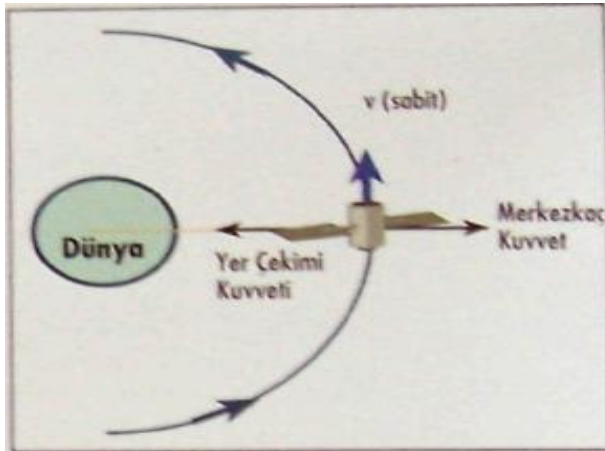
Dünya çevresinde bulunan bir uydu, her gün aynı alan üzerinden geçebildiği gibi, tüm yüzeyi incelemek için daha düşük hızla da hareket edebilir. Ayrıca çoğu uydular, yörüngelerini özellikle istenen bölgeler üzerinden geçebilmelerini sağlayan manevra motorlarına sahip bulunmaktadır.

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.

Uydu fırlatıldıktan sonra, yeryüzünün çevresinde dönmesinden oluşan merkezkaç kuvvet ile yeryüzünün çekim kuvvetinin dengelenmesinden dolayı yörüngesinde kalır (Şekil-1.6.). Dünyaya yakın yörüngelerde, uydu daha fazla yer çekimi kuvvetine maruz kalacağından bu kuvveti dengelemek için uydunun daha hızlı dönmesi gerekir. Bu nedenle, dünyaya yakın olan uydular hızlı, uzak olan uydular ise yavaş döner



Şekil 2.6. Yörüngede bir uydu

Bugün uydular, özellikle haberleşme, uzaktan algılama ve seyrüsefer sistemleri olmak üzere çok geniş alanlarda faaliyet göstermektedir. Bu görevleri icra eden uyduların yerleştirildiği yörüngeler, icra edecekleri görevin özelliklerine bağlı olarak, farklılıklar göstermektedirler.

- (1) Alçak (Low Earth Orbit-LEO) yörünge, (600–800 km)
- (2) Orta Yükseklikteki (Medium Earth Orbit-MEO) yörünge, (800–36.000 km)
- (3) Yer-uyumlu (Geo-synchronous) yörünge, (36.000 km)

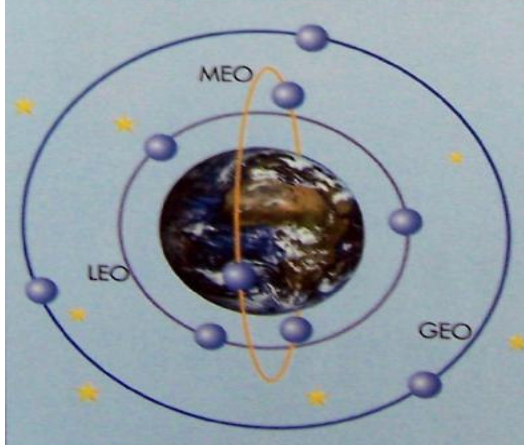
Tablo 2.3. Uydu tipleri ve özellikleri

Uydu Tipi	Yeryüzüne Uzaklık	Dönme Periyodu	İletişim Süresi(*)
LEO Uydusu	2.000 km' ye kadar	1,5–2 saat	5–20 dk
MEO Uydusu	2.500–19.000 km	5–12 saat	2–4 saat
GEO Uydusu	35.786 km	23 saat 56 dk 4 sn	Devamlı

(*) Her periyottaki yer istasyonu ile olan iletişim süresidir

Uydular, verecekleri hizmetlere göre farklı yükseklikteki yörüngelere (Şekil–2.7) yerleştirilir. Uydu yörüngeleri, dünyaya olan uzaklıklarına göre, alçak yükseklik yörüngesi (Low Earth Orbit- LEO), orta yükseklik yörüngesi (Medium Earth Orbit-MEO) ve yer uyumlu yörünge (Geosynchronous Earth Orbit-GEO) olarak tanımlanır. LEO, MEO ve GEO uydularının, yeryüzüne olan uzaklıkları, izledikleri yörünge tipleri ve yörünge dönüş periyotları ile her yörünge turunda yer istasyonları ile iletişim kurabildikleri süreler Tablo–2.3. de gösterilmiştir.

LEO ve MEO uyduları, yeryüzündeki herhangi bir noktaya göre durağan kalmaz.

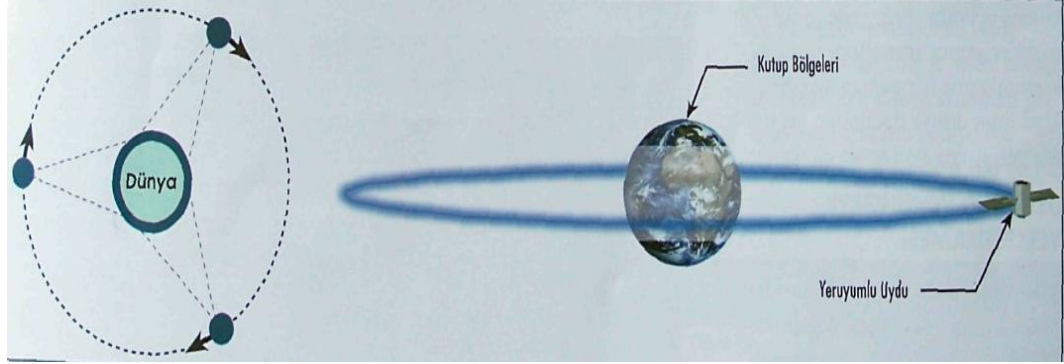


Şekil 2.7. LEO, MEO ve GEO uydularının yörüngeleri

Bu yörüngedeki uyduların en büyük dezavantajı, uydu izleme donanımlarının, karmaşıklığı ve yüksek maliyetidir. Bu uydular ile yer istasyonları arasındaki iletişim süreleri kasadır (yaklaşık günde 15 dk). Uydu, yer istasyonunun görüş alanına girdiğinde, yer istasyonu anteni, uyduyu takip eder.

GEO uyduların açısal hızı, dünyanın açısal hızına eşittir. Dolayısıyla, bu uyduların dönüş periyodu da dünyanın kendi çevresindeki dönüş periyoduna eşittir. GEO' da ki uyduların konumu, yeryüzündeki belli bir noktaya göre sabittir. Bu sebeple GEO uydular, kapsama alanlarındaki tüm yer istasyonlarıyla sürekli iletişim kurabilirler. Aralarında 120° açı bulunan üç adet yer uyumlu uydu, kurup bölgeleri haricinde tam bir yer kapsamı sağlamaktadır (Şekil-2.8).

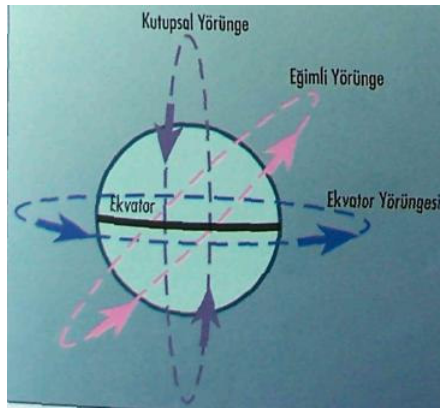
Haberleşme ve yayıncılık servisi veren uydular genellikle bu yörüngeyi kullanmaktadır. GEO uydularının dezavantajları şunlardır:



Şekil 2.8. Yer uyumlu uydunun yörüngeye yerleştirilmesi

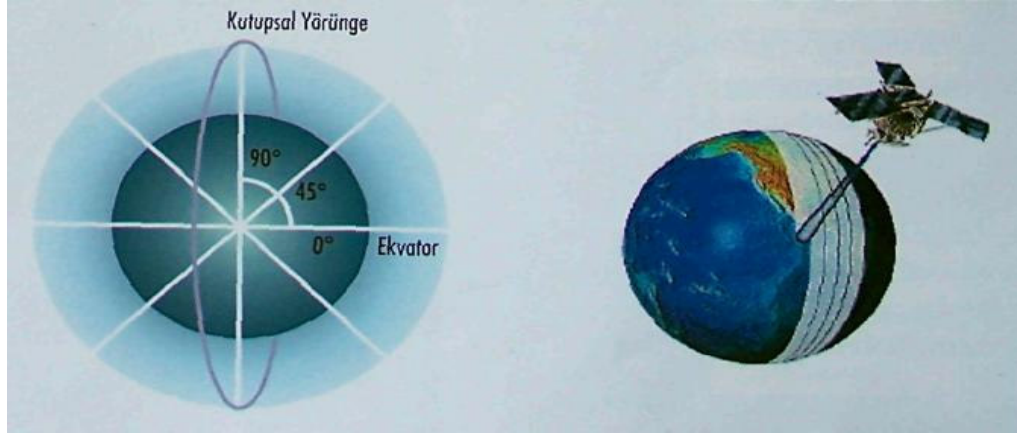
- Uydunun, yer uyumlu yörüngeye fırlatılmasında ağır ve gelişmiş roketlerin kullanılması,
- Yer uyumlu yörüngeye dünyanın uzak olması, haberleşme sinyallerindeki kayıpları ve gecikmelerin artması.

Uydu, dünyanın çevresinde dönerken üç farklı düzlemde olabilir. Uydu yörüngesi, Ekvator düzlemine paralel ise bu yörüngeye ekvator yörüngesi denir. Ekvator yörüngesine dik olan yörünge kutupsal yörünge bu yörüngelerin dışındaki tüm yörüngeler ise Eğimli yörünge olarak tanımlanır. (Şekil 2.9)



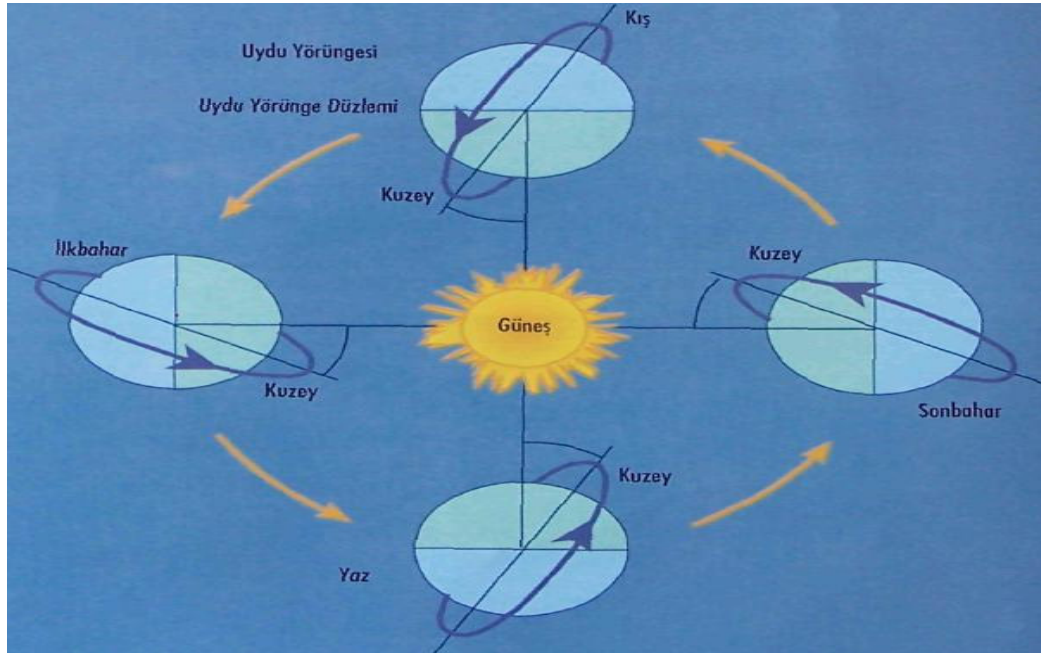
Şekil 2.9. Eğimli yörünge

Alçak yükseklikteki kutupsal yörünge dairesel olup, en önemli özelliği tek bir uydunun dünya yüzeyinin tamamını tarayabilmesidir. (Şekil 2.10)



Şekil 2.10. Alçak yükseklikteki kutupsal yörünge

Şekil-2.11'de gösterilen yörünge ekvatorial düzlemdir. Bu yörünge aynı zamanda eliptiktir. Uydu dünya çevresinde eliptik bir yol izlerken dünyaya yaklaştığında dönme hızı artar, dünyadan uzaklaştığında dönme hızı azalır. Dolayısıyla uydu, dünyanın belli bir bölgesi ile daha çok haberleşir.



Şekil 2.11. Güneş uyumlu yörünge

Güneş uyumlu yörüngede (Şekil-2.11.) uydu ve güneş arasındaki konumlanma her zaman aynıdır. Uydunun dünya üzerinden geçtiği her yer daima aynı açıyla güneş alır

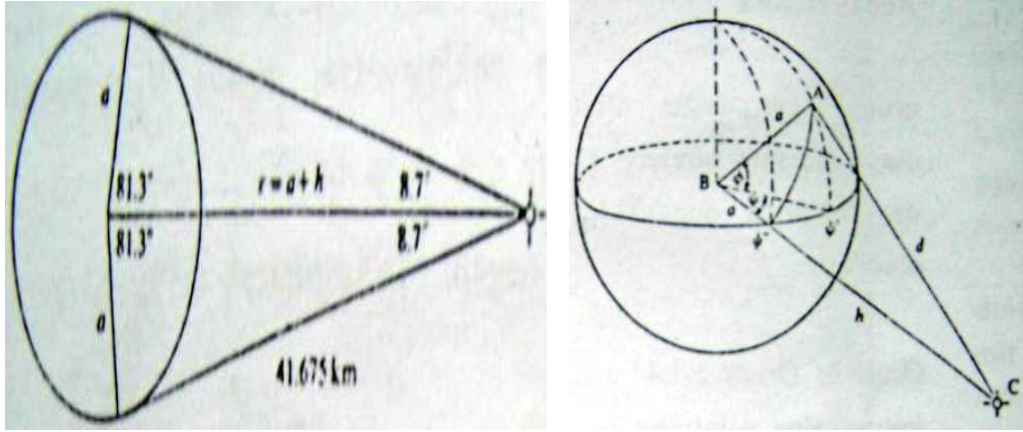
Uydular bir defa yörüngeye yerleştirildikten sonra sınırsız süre görev yapamazlar. Uyduların yörüngedeki ömrü, o uydunun yörünge türüyle doğrudan bağlantılıdır. Yüksek yörüngedeki uydular, alçak yörüngedeki uydulara kıyasla daha uzun süre kullanımda kalırlar. Örneğin yer-uyumlu yörüngede konuşlandırılan haberleşme uyduları 15 yıla kadar görev yapabilirken alçak yörüngedeki uzaktan algılama uydularının ömrü ancak 5–6 yıldır. Uyduların ömrü hakkındaki bu gerçek, akla hemen şu soruyu getirmektedir: "Ömrünü tamamlayan uydular ne oluyor?" Bu sorunun cevabı ise giderek ciddileşen bir problemin ifadesidir. Yeryüzünde olduğu gibi, uzayda da bir çevre kirliliği söz konusudur. Tabii ki bu kirlilik sadece ömrünü tamamlayan uydulardan ibaret değildir. Roket kademeleri, ayırma araçları ve infilak sonucu oluşan uzay aracı parçaları da uzay atıkları sınıfında yer almakta ve kontrolsüz olarak hareket eden bu atıkların, uzay araçları ile çarpışma ihtimali her geçen gün artmaktadır.

Uyduların yörüngeleri genel olarak beş kategoride incelenebilir;

a. Jeosenkron Yörüngeli Uydular (GEO, Geosynchronous Earth Orbit)

Dünya yüzeyinden 36.000–40.000 Km. uzaklıkta ekvator üzerine yerleştirilen dünya ile birlikte dönen uydulara verilen addır. Ekvatorial yörünge olarak da adlandırılır. Hali hazırda özellikle televizyon yayınlarının iletimi üzere haberleşme ve meteoroloji uydularının büyük bir çoğunluğu bu yörüngeyi kullanmaktadır. Bu yörüngeye yerleştirilen bir uydu dünyanın dönüş hızı ile aynı hızda dünya etrafında döndüğünden bulunduğu pozisyon dünyaya göre sabit kalmaktadır. Bu durum dünyanın yaklaşık yarısı kadar bir bölgeyi kapsama alanına dâhil edebilmektedir. "Clark Kuşağı" olarak adlandırılan bu yörünge uzayın en değerli kesimidir. Bu yörünge tüm ülkeler için kısıtlı bir tabii kaynak niteliğinde olup ülkelerin yörüngede yer alma mücadelesini beraberinde getirmektedir.

Geostatik veya senkronik uydu, Dünya iletişiminin 1945'te Arthur C. Clarke tarafından fikir olarak ortaya atılmıştır. Denklem (2.4)'ün yardımıyla ekvatorial bir düzlemde uyduyu görebiliriz. Denklem(2.4)'den uydu r yarıçapı $86164.1=0.0099527r^{3/2}$ veya $r=42.12$ km.dir.



Şekil 2.12. Ekvatordan 35784 km deki Geostatik yörüngedeki uydu

$r=a+h=6378+h$ den $h=35784$ km elde ederiz. Uydu dünyanın bu kadar yukarısındadır. Yörüngesel hız ise $V=2\pi r/86.164$ dür ki bu da yaklaşık 3 km/sn dir.

Şekil 2.12. deki örnek uydu için uydu $81,3^\circ N$ veya $81,3^\circ S$ lik enlemin ötesinde görülmeyecek demektir. Bu da kutupların bu uyduların kapladıkları menzilin dışında kalmaları demektir. Geostatik uydu iletişim sisteminin analizi iki parametreye ihtiyaç duyar. Bunlar menzil ve istikamet açısı a ve yükseklik açısı 0 dır. Menzil d , Şekil 2,2' den elde edilebilir. Önce ABC üçgeninde kosinüs kuralı uygulanır.

$$d^2 = a^2 + (a+h)^2 - 2a(a+h)\cos B$$

$$d^2 = 2a^2(1 - \cos B) + 2ah(1 - \cos B) + h^2$$

$$d^2 = h^2 + (1 - \cos B)(2a^2 + 2ah)$$

$$d = h \left\{ 1.0 + \frac{(-\cos B)(2a^2 + 2ah)^{1/2}}{h^2} \right\}$$

Yukarıda ki denkleme $a=6378,28$ km ve $h=35783,91$ km olduğunda

$$d = 35.783(1 + 0.42(1 - \cos B))^{1/2} \quad (2.11)$$

bulunur.

Küresel trigonometri uygulaması ile $\cos B$ ' yi ψ' , ψ'' ve f cinsinden elde edebiliriz.

$$\cos B = \cos(\psi'' - \psi') \cos f \quad (2.12.)$$

$(\psi'' - \psi')$ ve f_{\max} 'ın en büyük değerlerinin 81.3° olduğuna dikkat edin. Bu denklemden azimut açısı a (derece olarak) cinsinden alıcı antenin verici anten ile uyumluluğunu hesaplayabiliriz.

$$\tan \alpha' = \frac{\tan(\psi'' - \psi')}{\sin \phi} \quad (2.13a)$$

$$\tan \theta = (\cos B - 0.151269) \sin B \quad (2.13b)$$

şayet alıcı anten kuzey yarımkürede ise $\alpha = \alpha' + 180^\circ$, güney yarımkürede $a-d$ ETN (Gerçek kuzeyin doğusu) dır.

0° boylamında ekvator üzerine yerleştirilen Geostatik uydu için $r=42162$ km ve $a=6378$ km dir. Görüş hattı sınırları 81.3° kadar kuzey, güney,doğu,batıya kadar uzanır.Diğer herhangi bir yönde enlem veya boylam değerleri ψ ve ϕ değerleri cinsinden $d=d_{\max}=41677$ için aşağıdaki ifade ile bulunur.

$$\cos \psi \cos \phi = \cos 81,3^\circ = 0.1513 \quad (2.14)$$

Yükseklik açılan $\theta=0^\circ$ den büyük olduğunda trigonometrik analizden ψ_{\max} veya ϕ_{\max} ; $\cos \psi \cos \phi = \cos \psi_{\max}$ 'dan bulunur.

Enlem ve boylamı 0° olan bir uydunun $9=0^\circ$ ve 10° için yaklaşık yayın alanları veya ayak izleri Şekil 3.2 de verilmiştir. Diğer noktalarda bulunan uydular için bu eğriler uygun miktarda yer değiştirir.

Jeosenkron yörüngenin kapasitesinin sınırlı olması, ülkelerin tümünü bağlayan bir kuruluşu ortaya çıkarmıştır. Dünyadaki bütün ülkelerin üyesi olduğu Uluslar Arası Haberleşme Birliği (International Telecommunications Union) Jeosenkron yörüngede teorik olarak her iki dereceye bir adet uydu yerleştirilmesine izin vermektedir. Bu hususları düzenleyen ve her ülkenin uymakta zorunlu olduğu kurallar mevcuttur. Bu kısıtlama, ülkeleri yeni çözümler aramaya yöneltmiştir.

b. Eğimli yörüngeli uydular (gto, geosynchronous transfer orbit)

İhtiyaca göre özellikle denizdeki unsurlarla haberleşmede kullanılan ve kutupsal veya ekvatorial çizginin dışında, dünyayı eliptik olarak gören uydulara verilen addır.

Yerden uzaklıkları 10.000–40.000 Km. arasındadır ve yerin etrafını 12 saatte dolanırlar. Özellikle uzaktan algılama uyduları tarafından kullanılırlar [1].

c. Yüksek Yörüngeli Uydular (HEO, High Earth Orbit)

Dünya üzerinden 36.000Km. İle 360.000 Km. arasında yörüngede bulunan uydulardır. Dünyaya göre çok hızlı dönmek zorundadırlar. Ancak hızları yeterli olmadığından yeryüzündeki aynı noktayı birkaç günde bir geçebilmektedirler. Daha çok sivil amaçlı bilim uyduları tarafından kullanılmaktadırlar.

ç.Orta Yörüngeli Uydular (MEO, Medium Earth Orbit)

Dünya üzerinden yaklaşık 8000–15.000 Km. arasında yörüngede olan uydulardır. Periyotları 12 saat olup araştırma çalışmalarında kullanılırlar [2].

d. Alçak Yörüngeli Uydular (LEO, Low Earth Orbit)

Hali hazırda üzerinde en çok çalışılan tür uydulardır. Haberleşme amaçlı olarak ve özellikle dünyada büyük bir hızla gelişen data veya güncel deyimiyile, “İnternet Haberleşmesi” amacıyla kullanılan uydulardır. Yeryüzüne daha yakındırlar, hareketleri boylamlar doğrultusunda kutuplara doğrudur ve periyotları yaklaşık 100 dakikadır. Bu uydular diğerlerine nazaran daha hafiftirler, kullandıkları enerji daha azdır ve daha küçük antenlere gereksinim duyarlar.

e. Kutupsal Yörüngeli Uydular

Kutuplar doğrultusunda olan yörüngedir. Yerden yaklaşık 750–850 Km. uzaktadır. Bu yörüngedeki uydular dünyanın etrafını yaklaşık 70–100 dakika arasında dolaşırlar. Mobil haberleşme uyduları, askeri uydular, gözlem ve fotoğraf uyduları bu yörüngede bulunurlar. Dünyanın dönüşünden dolayı uydu sürekli olarak değişik noktaları görür ve bu özelliğinden dolayı askeri açıdan önem arz eder.

2.6. Uydu Yörüngelerinin 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 (Uluslar Arası Telekomünikasyon Birliği) uluslar arası frekans kuralları çerçevesinde yapıyor. İlk olarak yayın yapılmak istenen belgenin koordinatları ile uydunun yayın gücü belirtilir. Bu bilgiler koordine yapılması gereken ülkeler ile koordine edildikten sonra istenen yörünge onaylanır ve uydu "Master Register" tarafından koruma altına alınır. Master Register ana kontrol merkezi olup 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 TÜRK SAT uyduları mevcuttur. 73.5 derecedeki yörünge tahsis süresi 2000 yılında sona ermiştir [5].

Türkiye' ye tahsisli bulunan 50 derece doğu yörüngesi, Amerikan KALİTEL firması ile yapılan anlaşma gereği ANATOLIA-1 uydusu kiralanmak vasıtasıyla kullanılacaktır. Bu uydu ile haberleşme ve özellikle internet servisleri desteklenecektir [6].

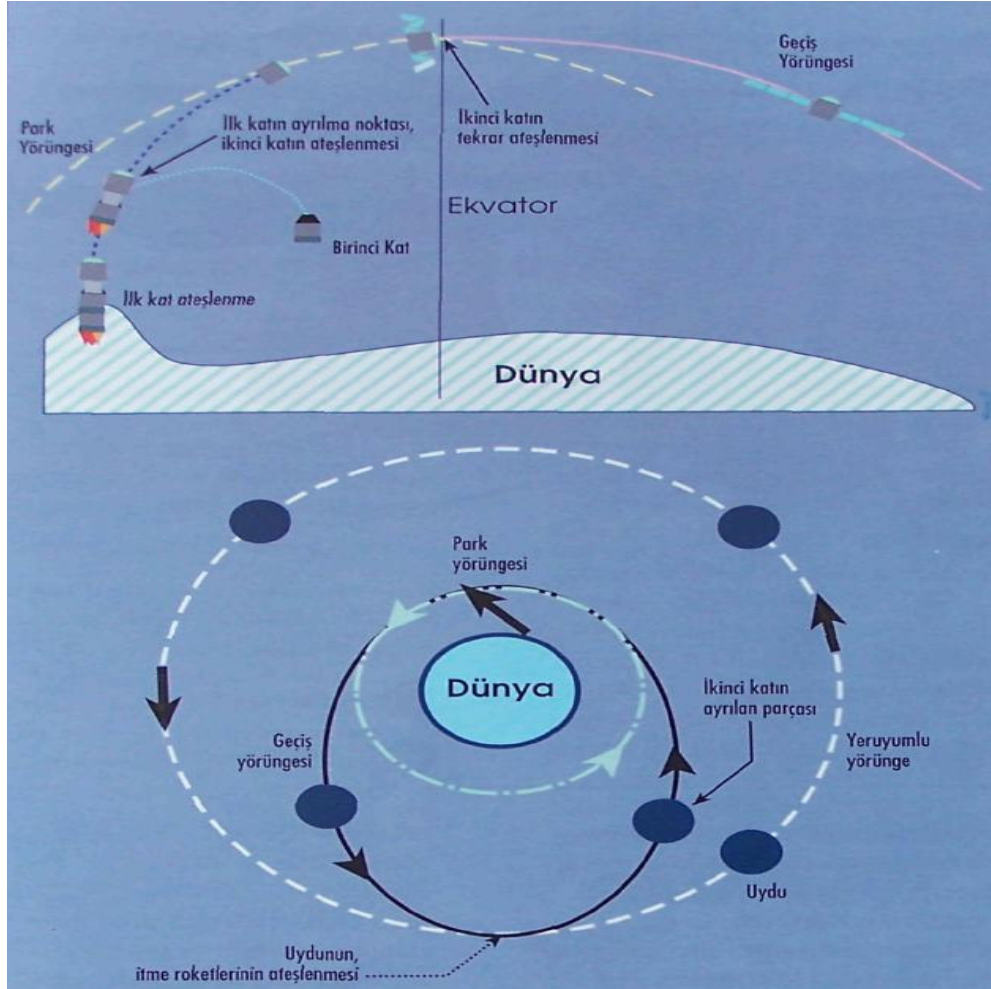
Uzayda çalışma ömürleri tükenen uydular uzayın 100.000 nci km.sinde bulunan uzay mezarlığına gönderilmektedir. Bunun dışında uzayda “Artık” (Debris) denilen, ağırlıkları miligram seviyesinin altından başlayıp 1 kilogramdan daha büyük seviyelere ulaşan yaklaşık 4 Milyon adet irili ufaklı parçacık bulunmaktadır [7].

2.7. Uydunun Yörüngeye Yerleştirilmesi

Yer uyumlu uydu uzaya fırlatılmadan önce, uyduya yörüngesi üzerinde bir bölüm tahsis edilir- Yer uyumlu yörünge ekvator düzleminde olup yeryüzüne uzaklığı 35.786 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-2.13 yer uyumlu bir uydunun yörüngeye yerleştirilmesini göstermektedir. Dünyanın 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 yörüngeye yerötesi(dünyaya 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 yörüngeyi kesişim noktasında, uydu itme roketlerini çalıştırır ve dairesel olan yer uyumlu yörüngeye geçer.

Manevralarla yörünge düzeltmeleri yapılarak uydunun çalışma süresince yerinde kalması sağlanır.



Şekil 2.13. Yer uyumlu uydunun yörüngeye oturtulması

2.8. Uzayda Mevcut Uydular ve Uydu Teknolojisine Sahip Ülkeler

1957 yılından itibaren başlayarak hızla gelişen uydu teknolojisi, Rusya ve ABD'nin diğer ülkeler tarafından takip edilmeleri ile sayısal olarak da artmış ve 1999 yılı verilerine göre uzayda mevcut uydu sayısı 2671 iken [8], Mayıs 2003 verilerine göre bu sayı 2831'e ulaşmıştır [9]. (Tablo 2.4.)

Aralarında küçük hatta fakir sayılabileceklerinde bulunduğu pek çok ülke ve uluslar arası kuruluş uzaydaki mevcut potansiyeli kullanmaya başlamıştır. Özellikle ABD ve Rusya gibi büyük ülkeler uzaydaki bu mevcudiyetlerini ağırlıklı olarak milli

güvenlikleri ve askeri amaçlarına hizmet amacıyla kullanılmaktadırlar. Bunun yanında ticari uyduları vasıtasıyla elde ettikleri gelirlerle yeni çalışmalarına kaynak yaratabilmekte ve bu döngü içerisinde diğer ülkeler ile olan güç farkını gittikçe açmaktadırlar.

Tablo 2.4. Uzayda mevcut durum

ÜLKE	UYDU	UZAY PROBU	ARTIK	TOPLAM
ABD	721	46	2971	3146
RUSYA	1335	35	2571	3036
AVRUPA UZAY AJANSI	24	2	233	259
ÇİN	27	0	324	331
JAPONYA	66	4	49	90
IRIDIUM	88	0	0	88
INTL TELECOM SAT ORG	56	0	0	56
FRANSA	31	0	17	42
GLOBALSTAR	52	0	0	52
ORBCOM	35	0	0	35
HİNDİSTAN	20	0	4	24
İNGİLTERE	17	0	1	18
KANADA	16	0	0	16
EUR TELECOM SAT ORGANİZASYON	17	0	0	17
ALMANYA	13	2	1	16
İTALYA	8	0	3	11
INTL MARITIME	9	0	0	9
AVUSTRALYA	7	0	2	9
ENDENOZYA	10	0	0	10
LUKSEMBOURG	9	0	0	9
BRAZİLYA	9	0	0	9
NATO	8	0	0	8
İSVİÇRE	8	0	0	8
ARAB SATELLITE COMM ORG	7	0	0	7
MEKSİKA	6	0	0	6
GÜNEY KORE	7	0	0	7
İSPANYA	6	0	0	6
ARJANTİN	4	0	0	4
ÇEK CUMHURİYETİ	4	0	0	4
TAYLAND	4	0	0	4
FRANSA/ALMANYA	3	0	0	3
ASIASAT CORP	3	0	0	3
NORVEÇ	3	0	0	3
İSRAİL	3	0	0	3
SEAL	1	0	2	3
MALEZYA	2	0	0	2
FİLİPİNLER	2	0	0	2
TURKİYE	2	0	0	2
FRG	2	0	0	2
PORTEKİZ	1	0	0	1
MISIR	1	0	0	1
ŞİLİ	1	0	0	1
STCT	1	0	0	1
INTL. SPACE. ST.	1	1	0	2

TAYVAN	1	0	0	1
DEN	1	0	0	1
GÜNEY AFR	1	0	0	1
TOPLAM	2671	90	4506	7267

2.9. Uydu Sistemlerinin Uygulama Alanları

Bilimsel araştırmalar ve teknoloji geliştirmeleri (mikrogravite vb.) dışında geniş kitleleri ilgilendiren uzayın ve uzay içinde ki uydu sistemlerinin kullanım alanları üç genel başlık altında toplanabilir. Bunların üçü de hem sivil ve hem de askeri amaçlı olarak güvenli boyutunun önemli bileşenleridir. Bunların dışında henüz kullanımı bulunmamakla beraber uzay silahlarından da söz edilebilir.

2.9.1. İletişim uyduları

Dünya üzerinde her hangi iki nokta arasında güvenilir ve geniş bantlı iletişim sağlamanın üç yolu vardır: Bunlar telsizler, karasal hatlar ve uydulardır. Karasal hatlar önceden planlanıp döşenmesi gerektiğinden hareketli platformlara hizmet veremez. Telsizler ise frekansa, hava koşullarına ve güce bağlı olarak bant genişliği 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, 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 uydular klasik telsiz iletişimine göre daha ucuz ve daha güvenilir seçenekler sunar. Uydu teknolojisinin en büyük faydaların başında muhabere ve bilgi aktarımı gelmektedir. Uzayda konuşlu bulunan uydular vasıtasıyla televizyon ve radyo yayınları, telefon, data haberleşmesi ve hızlı internet bağlantısı gibi her türlü bilgi ve sinyal dünyanın istenilen bölgesine zaman farklılığı olmadan aktarılmaktadır [2].

Böylelikle harekâatın icrası ve planlamaları daha seri ve hassas biçimde yapılabilmektedir. Günümüzde uzayda dolaşan uyduların yaklaşık %61'ini haberleşme uyduları oluşturmaktadır [10].

Uydu haberleşme sistemleri SATCOM (Satellite Communication) sistemi olarak isimlendirilmekte olup, uydu haberleşme sistemi alıcı ve verici yer istasyonları ile uydulardan oluşmaktadır [11].

Uzayda oluşturulmuş haberleşme ağının yeryüzüne kurulan haberleşme ağına göre bazı üstünlükleri;

- (a) Uzak ve geniş bölgeler arasında kolay bir iletişim sağlanması,
- (b) Daha az geçiş istasyonu ile tüm dünya ile iletişim kurulabilmesi,
- (c) Uzak bölgelerde olan kullanıcılarla giriş yer istasyonuna gerek duyulmadan doğrudan bağlantı sağlanabilmesidir.

2.9.2. Seyrüsefer (yön bulum, Navigasyon) uyduları

Dünyanın herhangi bir yerinde bulunulan noktanın koordinatlarını bilebilmek için insanoğlu yüzyıllardır uğraşmıştır. Son 20–25 yılda geliştirilen uydu teknolojisi ile bunu her türlü hava koşulunda, yüksek doğrulukla ve kolaylıkla sağlamak artık mümkündür.

2.9.3. Keşif ve gözetleme uyduları

Keşif ve gözetleme uyduları, üzerlerinde bulunan faydalı yüklere göre değişik görevlerde kullanılabilen, ileri teknoloji ile donatılmış hafif uydulardır. Sahip oldukları özelliklere göre siyah-beyaz ve renkli fotoğraflar çekebilmekte, Infra-Red kameralar, kızıl ötesi tarayıcılar, mikro dalga radarı ve SAR (Syntetic Aparture Radar) ile 15–30 cm. büyüklüğündeki hedefleri seçebilecek görüntüleri elde edebilmektedirler [15].

Uydu görüntülerinden, uzun vadeli stratejik istihbarat elde edilmesinin yanında, savaş zamanı ihtiyaç duyulan taktik istihbarat bilgileri de elde edilmektedir. Taktik alanda, yüksek çözünürlük kabiliyetli kameralardan elde edilen görüntüleri, kısa sürede kullanıcıya gönderebilen uydular daha verimli olmaktadır. Bu görüntülerin kıymetlendirilmesi sonucunda bilinmeyen hedefler tespit edilmekte, bilinen hedeflerdeki yeni durumlar belirlenmekte, harekât alanında ortaya çıkan ani

değişiklikler ortaya çıkarılmaktadır. Bunun yanında, hedeflerin yerleri çok hassas olarak tespit edilerek koordinatları çıkarılmakta, hedefler yer değiştirse bile buldukları koordinatlar hatasız olarak yeniden saptanabilmektedir.

Özellikle askeri amaçlı olarak geliştirilmiş uydular, istihbarat, harita yapımı, erken ikaz, yeraltı nükleer denemelerini belirleme, hava alanları inşaatlarını tespit, büyük çaplı petrol taşımacılığını izleme, uzaya gönderilen uyduların cins ve hareketlerini saptama, atom deniz altılarının hareketlerini ve büyük tankerlerin hassas bölgeye hareketlerini takip etme, füze atımlarını izleme, muhabere elektronik yayınlarını dinleme, radarların ve haberleşme çevrimlerinin frekans ve mevkilerini tespit etme, bunlara ait mobil sistemlerinin hareketlerini izleme ve gerektiğinde bu sistemlere ek uygulama konularında hizmetler vermektedir [10].

Keşif ve gözlem uyduları sistemleri, son derece yüksek ve yeni teknolojiyi gerektiren uydu sistemleri olarak çok geniş kapsam içerisinde değerlendirilebilir. Karşılaşılan değişik kaynaklara göre bu sistemler; Görüntü İstihbaratı Sistemleri, Elektronik İstihbarat Uyduları, Gözetleme Uyduları, Keşif Uyduları ve Casus Uyduları gibi gruplandırmalara tabi tutulmaktadır [12]. Aslen yapılan iş ve elde edilen fayda göz önüne alındığında bu sistemleri Keşif ve Gözlem Uyduları olarak adlandırmak daha yararlı olabilir.

Keşif ve gözetleme uyduları, çeşitli teknikler kullanarak dünya üzerindeki istenilen alanın görüntülerini almakta ve bu verileri yeryüzüne indirmektedir. Günümüzde, yeryüzünün görüntülerini almak için elektro* optik ve radar algılayıcı sistemleri kullanılmaktadır. Elektro-optik algılayıcılar genellikle gündüz, radarlı sistemler ile hem gece hem gündüz bilgi alınabilmektedir. Keşif ve gözetleme uydularında kullanılan görüntüleme sistemi görev yükü olarak adlandırılır. Görev yükünün işlevini yapabilmesi için destek aldığı uydunun diğer bölümleri (güç, sıcaklık kontrolü, yükseklik korunumu, komut alımı, uzölçüm), gövde yapısı olarak tanımlanmakta ve bütün uydularda bulunmaktadır.

Gelişmiş keşif ve gözetleme uydu sistemleri genel olarak şu maksatlar için kullanılır.

a. Askeri Faaliyet Sahalarında :

(1) Sınırdan oluşan yığınaklar,

- (2) İntikaller ve tatbikatlar,
- (3) Askeri tesislerin yerleri, kapasiteleri ve meydana gelen gelişmeler,

b. Ekonomik Sahalarda :

- (1) Önemli sanayi bölgelerinin tespiti,
- (2) Enerji santrallerin yerleri,
- (3) Limanlar ve yükleme kapasiteleri,
- (4) Rafineri ve Petro-kimya tesisleri,

c. Ulaşım Sahasında :

- (1) Karayolu ve demiryolu şebekeleri,
- (2) Petrol boru hatları,
- (3) Önemli geçit, tünel ve köprüler,
- (4) Hava meydanları ve bağlantıları ve bağlantıları,
- (5) Kritik bölge/saha giriş ve çıkışları
- (6) Enerji nakil hatlarıdır.

2.9.4. Gözlem uyduları

Uydu, ulaşılabilir en üst gözlem noktasını oluşturur. Dünya üzerinde üst gözlem noktalarına varabilmek için dost olmayan kara veya hava sahalarına girebilmek gerekir. Uzayda ise böyle bir sorun yoktur. Uzay, oraya çıkabilen herkese açıktır. Dünya üzerindeki gözlem noktalarının görüş alanı sınırlıyken uzaydan Dünyanın her yerini engelsiz gözleme mümkündür. Gözlem, uyduların ilk uygulamaları arasında yer alır ve değişik amaçlarla değişik gözlem teknolojileri geliştirilmiştir. Sivil ya da çift amaçlı gözlem uyduları yanında, keşif, istihbarat, dinleme ve erken uyarı amaçlı uydular vardır. Bu uydular, güvenlik açısından uzayın vazgeçilmez kullanımları arasında yer almaktadırlar. Bu eğilimin artan bir oranda devam etmesi beklenmektedir.

Gözlem uydularına biraz yakından bakıldığında amaç ve teknolojisine göre çok çeşitlilik gösterirler.

(a) Küresel Yer Belirleme Sistemi (GPS):

GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi) Sistemi konum ve hız bilgisini doğru, sürekli, küresel ve üç boyutlu olarak uygun almanya donanımına sahip kullanıcılara sunmaktadır [2]. GPS ayrıca bir çeşit UTC (Universal Time Coordinated) zaman bilgisini de sağlamaktadır. Askeri amaçla geliştirilmiş olan GPS sistemleri, sadece ABD tarafından imal edilip işletilmektedir. Halen hizmette olan iki servisten biri olan PPS (Precise Positioning Service) ABD ve diğer askeri müttefiklerine hizmet vermekte ve İkili anlaşmalar çerçevesinde kontrollü olarak satılan bu uydu bilgilerini NATO üyesi olarak Türkiye de kullanabilmektedir. Diğer servis SPP (Standart Positioning Service) olup sivil sektöre hizmet vermektedir.

(b) GLONASS sistemi:

Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS); Rusya Federasyonu tarafından desteklenen bir takım uydu sistemidir. Sistemin kontrol merkezleri eski Sovyetler Birliği sınırları içerisinde.

(c) GALILEO sistemi:

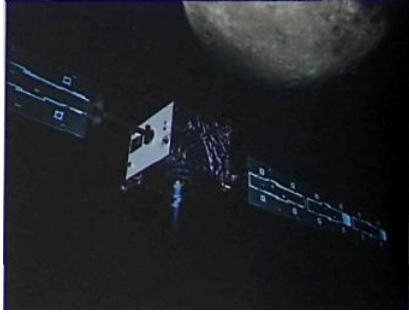
GALILEO, Amerikan GPS sistemine gerçek bir alternatif teşkil edecek şekilde tasarlanmıştır. GALILEO, askeri amaçlı olarak dizayn edilen GPS sisteminin aksine sivil amaçlı olarak kullanılmak üzere AB ve (European Space Agency (ESA) tarafından yürütülen bir proje olup, 30 adet uydu ve yer istasyonlarından oluşan bir sistemdir.

2.9.5 Araştırma uyduları

UOSAT: Surrey Üniversitesi'nin mikro uydu programıyla iki adet uydu üretilmiştir. Uydular, uzay eğitimi ve düşük maliyetli uzay aracı mühendisliği teknikleri üzerine

araştırmalar yapmak için kullanılmıştır. Uydular dünya üzerinde günde 12 kez geçiş yapmakta ve niversite kampüsü içerisindeki yer istasyonundan kontrol edilmektedir.

VEGA Programı: Fransa VEGA programı çerçevesinde, Venüs atmosferi ve Halley kuyruklu yıldızt üzerine 10 adet deney yapmıştır. Yaklaşık 100 kg ağırlığındaki görev yükü bilimsel laboratuarlar, Fransız Uzay Ajansı ve küçük ölçekli şirketlerin katılımıyla üretilmiştir.



şekil 2.14. SMART-1 uydusu

SMART-1: ESA' nın geliştirdiği stratejik bir sistem olup aya göndereceği ilk uydudur. SMART-1 'in temel amacı bilimsel derin-uzay misyonları için yenilikçi ve anahtar teknolojilerin gösterimidir. Solar elektrik itki sisteminin derin-uzay görevlerinde temel itki metodu olarak kullanılabileceğini göstermek diğer bir amacıdır.

HUBBLE: Hubble, 11,110 kg ağırlığında yaklaşık 600 km yükseklikteki yörüngede dolaşan bir uzay teleskopudur. NASA (%85) ve ESA (%15) ortak yapımı olan Hubble, yeryüzünden alnamayacak kadar yüksek çözünürlükte görüntü almak için tasarlanan en başarılı bilimsel projelerden birisidir. 1990 yılında 28,5 derece eğimli yörüngesine fırlatılmıştır. 2.4m aynası ve S bilimsel enstrmanıyla bütün optik spektrumda çalışabilmekte ve modüler yapısı sayesinde teknolojik gelişmeler oldukça bu enstrümanlar değiştirilebilmektedir.



Şekil 2.15. HUBBLE uzay teleskopu

Bilimsel operasyon çalışmaları, ABD Baltimore' da ki Uzay Teleskop Bilim Enstitüsü ve Greenbelt'te ki NASA Goddard Uzay Uçuş Merkezi'nden yürütülmektedir.

JAMES WEBB UZAY TELESKOPU: Hubble' ın yerini almak üzere tasarlanan bir kızılötesi gözlem uydusudur. 2011 yılında Ariane 5 roketiyle fırlatılması planlanmaktadır. Dünya dan 1,5 milyon km uzaklıkta olması düşünülen teleskopun maliyeti yaklaşık 825 milyon \$ olacaktır. Yıldızların ve gezegensel sistemlerin oluşumu ve birbirine etkilerini ve kara delikleri incelemek üzere tasarlanmaktadır.



Şekil 2.16. JAMES WEBB uzay teleskopu

ODIN: Atmosferik ve astronomik araştırmalar için tasarlanmış, İsveç'in küçük uydu projesidir. Temel amacının, yıldızlararası ortamda kimyasal ve fiziksel deneyler yapmak, stratosfer ve mezosferde ölçümler yapmak olması planlanmıştır.



Şekil 2.17. ODIN uydusu

AMPTE: Bu uydunun görevi Güneş rüzgârlarından Dünya'nın manyetosferine iyon geçişini izlemek olarak planlanmıştır. İyon bırakma modülü, güneş rüzgârlarıyla iyonize olması beklenen baryum ve lityum kutularım uzaya bırakmış, bunlar yük bileşim araştırmacıları tarafından tespit edilerek incelenmiştir. IRM uzay aracının ömrünün bir yıl olarak belirlenmesine karşın iki yıl boyunca Dünya ile ilgili bilimsel veriler elde edilmesini sağlamıştır,

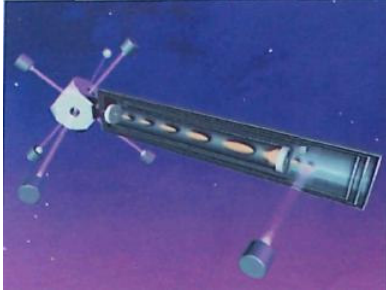
İSVEÇ VİKİNG UYDUSU: 1979 yılında İsveç hükümeti tarafından kararlaştırılan plazma fiziği araştırmaları için uydu geliştirme projesi 1986 yılında (Fransız SPOT uydusuyla birlikte fırlatılan; Viking uydusu ile hayata geçmiştir. Proje İsveç uzay ajansı tarafından yönetilmiştir. Yedeksiz olarak ve ticari ekipmanlarla üretilen uydu sayesinde 9,5 ay boyunca birçok bilimsel veri elde edilmiştir.

AMSAT: AMSAT OSCAR serisi gibi amatör radyo uyduları düşük maliyetli uzay uçuşlarının en iyi örneklerindedir. 1963'ten bu yana toplam 14 uydu üretilmiş ve ikincil fırlatma seçenekleri kullanılarak yörüngeye gönderilmiştir.

ACE (Atmospheric Climate Experiment): İklim değişikliklerini gözlemlemek ve bu konuda çalışmalar yapmak amacıyla yürütülen bir ESA projesidir, Danimarka ve İsveç firmaları bu projede görev almışlardır. ACE görevi kutupsal yörüngedeki altı küçük takım uydudan oluşmaktadır. Projenin temel amaç ve konusu küresel sıcaklık, basınç ve atmosferdeki su buharı alanlarını izlemek ve iklim değişikliği hakkındaki öngörülerini iyileştirmektir

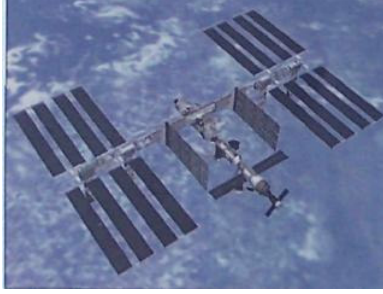
AQUA: NASA'nın en yeni Dünya gözlem sistemi uydusudur, ABD, Japonya ve Brezilya ortaklığıyla hayata geçirilmiştir. Japonların geliştirdiği AMSR-E (Advanced Microwave Scanning Radiometer) görev yükü ile deniz yüzey sıcaklığı haritası çıkarılmaktadır. Aqua'nın temel görevi Dünya'da ki su sistemleri hakkında bilgi toplamaktır. Böylece daha kesin hava tahmini yapılabilecek ve Dünya iklim sisteminin daha iyi anlaşılması mümkün olacaktır.

PARCS (Primary Atomic Reference Clock in Space): PARCS projesinin temel amacı Uluslararası Uzay istasyonu'na gelişmiş bir sezyum atomik saat yerleştirmek ve böylece izafiyet teorisinin bazı öngörülerini test etmektir. PARCS yapılan en hassas saat olacaktır ve Ulusal Standart ve Teknoloji Enstitüsü'ndeki ana saat ile kıyaslanacaklar.



Şekil 2.18. PARCS uydusu

ISS: Bu proje; dünya ve evrenin izlenmesi, uzay ortamında bazı deney ve araştırmaların yapılabilmesi amacına hizmet etmekte olup Dünya'ya 400 km mesafedeki yörüngededir. 1998 yılında ISS'in ilk iki modülü uzaya gönderilmiş ve yörüngede birleştirilmiştir, mürettebat ise Ekim 2000'de istasyona gönderilmiştir. Belçika, Brezilya, Kanada, Danimarka, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Hollanda, Norveç, Rusya, İspanya, İsveç, İsviçre, İngiltere ve ABD tarafından kurulmuş ve işletilmektedir ISS en fazla 7 astronota ev sahipliği yapabilmektedir. Birçok ülke ve araştırmacı tarafından planlanan biyoteknoloji, mühendislik ve fizik gibi alanlardaki deneyleri uzay ortamında gerçekleştirme imkânı sağlamaktadır. ISS, haberleşmek için UHF, S ve Ku bandı kullanmakta bu imkânlarla ABD, Japonya ve Rusya'daki yer istasyonlarıyla haberleşebilmektedir.



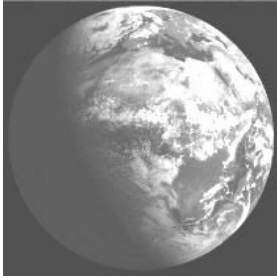
Şekil 2. 19 ISS uydusu

2.9.6. Meteorolojik gözlem uyduları

Doğru meteorolojik tahminin sivil olduğu kadar bir askeri / güvenlik harekâtındaki önemi de açıktır. Meteorolojik tahminlerde doğruluğun ve tahmin süresinin artmasını uydulara borçluyuz. Yalnız kendi bölgemizin değil Dünyanın herhangi bir yerindeki hava durumunu 40 yıla yaklaşan bir süredir meteoroloji uydularından öğrenebilmekteyiz. ABD'nin askeri meteorolojik uyduları sivil amaçlı olanlardan ayrı ise de diğer ülkelerde böyle bir ayırım yoktur. Meteoroloji uyduları herkese hizmet verir. Meteoroloji uydu sistemleri, askeri ve sivil amaçlarla, mevcut hava koşullarını hassas olarak tespit etmek ve gelecekteki hava durumunu önceden ve doğru olarak tahmin edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yeryüzünde kurulu olan meteorolojik sistemlere nazaran atmosfer ve dünyadaki iklim koşullarını detaylı olarak inceleyebilecek hassas algılayıcılara sahip bu uydular çok daha isabetli sonuçlar verebilmektedir [2].

Askeri bakımdan stratejik ve taktik hava harekâtının planlanmasında, uydu görevlerinin etkin olarak yerine getirilmesinde, üst ve alt atmosfer katmanlarına ilişkin bilgilerin elde edilmesinde ve yüksek frekans telsiz muhaberesinde İyonesferin durumuna ilişkin bilgilerin elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca meteoroloji uyduları bir füzenin rotasındaki hava durumunu bildirerek füzenin doğru olarak yönlendirilmesini de katkıda bulunmaktadır. Meteorolojik uygulamalarda daha çok düşük yersel çözünürlüğe sahip uydu verileri kullanılır. Hiç kuşkusuz pek çok farklı konuda kullanılan meteorolojik verileri elde etmede en etkili yöntem uydu teknolojisidir. Uzaktan algılamanın meteorolojideki kullanım alanları:

- Atmosferik İçerik Gözlemi
- Bulut ve Su Buharı İçeriği İzleme
- Ozon Tabakası Yoğunluk ve Dağılımı Gözlemi
- Hava Kirliliği İzleme ve Araştırmaları
- Hava Tahmini
- Fırtına, Kasırga Tahmini ve Gözlemi
- Genel Atmosfer Döngüsü ile ilgili Çalışmalar
- İklimsel Değişim Araştırmaları
- Global Isınma



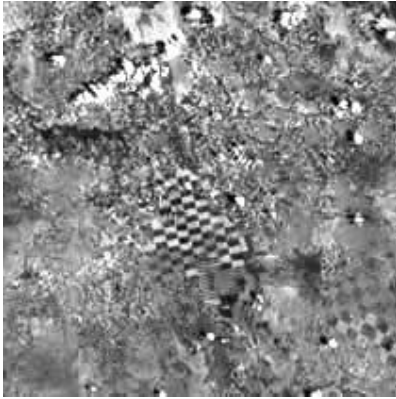
Şekil 2.20. Meteoroloji uydusundan alınan bir görüntü

2.9.7. Tarım alanında kullanılan uydular

Uydu sistemlerinden elde edilen teknolojik destek ile tarımsal ekonominin düzenlenmesi, toprağın verimli olarak kullanılması ve ürün rekoltesinin tahmin edilmesi gibi uygulamalar sonucunda, ülkenin tarım politikası oluşturulabilmekte ve üreticilerin tarım alanlarından azami şekilde yararlanması sağlanabilmektedir. Ayrıca üreticinin potansiyel kazanç ve zararının belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Türkiye'de tarım potansiyelini arttırmak için yeni teknolojilerden faydalanılması

gerekmektedir. Uzaktan Algılama teknikleri ile uydu görüntülerinden yararlanmak aşağıda belirtilen tarımsal pek çok uygulamada daha ekonomik çözümler, daha etkili ve hızlı sonuçlar sağlayacaktır:

- Ürün Tipini Ayırma
- Ürün Gelişimi İzleme
- Ürün Rekolte Tayini
- Ürün Hasar Tespiti (Hastalık, Böceklenme vb.)
- Toprak Nemi ve Türünü Belirleme ve Sınıflandırma
- Tarım Faaliyetleri Organizasyonu



Şekil 2.21. Cihanbeyli yaylasının SPOT 4 uydusu tarafından alınan görüntüsü

2.9.8. Ormancılık alanında kullanılan uydular

Orman alanlarındaki değişim; belirli periyotlarda çekilen uydu görüntülerinden izlenebilmektedir. Ayrıca korumaya alınan alanlara ilişkin olarak bir veri tabanı oluşturulabilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma için ülkedeki yenilenebilir özellikteki orman kaynakları ekosistem anlayışı dahilinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Nitekim ülkemizde de ormanların korunması, geliştirilmesi ve işletilmesiyle ilgili

çalışmalarda, sürdürülebilir orman idaresi ilke ve prensiplerinin uygulanması esas alınmıştır. Bu amaç kapsamında, ormanların korunması, sistematik olarak ağaçlandırma çalışmalarının yapılması ve orman kaynaklı ürünlerin sağlıklı ve planlı şekilde üretim ve tüketiminin sağlanması için yeni teknolojilerin kullanılması kaçınılmazdır. Uzaktan algılama ve bu bağlamda CBS teknolojileri, aşağıda belirtilen pek çok farklı ormancılık uygulama alanında kullanılmaktadır:

- Orman Bitki Örtüsünün Haritalanması ve Sınıflandırılması
- Ağaçlandırma Araştırma ve alışmaları
- Orman Kaynakları Envanterinin Belirlenmesi
- Ağaç Hastalık ve Böceklenmelerini Gözetleme ve Önleme
- Ormansızlaşma ve ölleşme İzleme ve Araştırmaları
- Kereste Üretimi Tahmini ve Planlaması
- Orman Yangını İzleme
- Orman Yönetimi



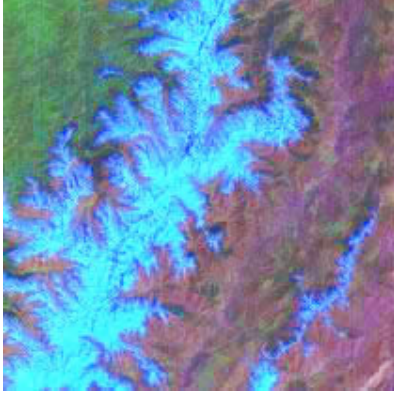
şekil 2.22. Antalya Orman Alanlarının SPOT 4 uydusu tarafından alınan görüntüsü

2.9.9. Jeoloji alanında kullanılan uydular

Kara parçalarının yüzey ve yapılan ile yer kabuğunu değiştiren fiziksel oluşumların incelenmesi, mineral ve hidrokarbon kaynaklarının araştırılması, toprak kaymasının yanı sıra, Ay ve gezegenlerin bileşimi ve yapısının incelenmesi gibi jeolojik faaliyetler için gerekli bilgiler, uzaktan algılama ile elde edilebilmektedir. Bu bilgiler birbirini tamamlayan diğer veri kaynakları ile birleştirilmektedir. Multispektral veri, spektral yansıma sayesinde taş bileşimi hakkında bilgi vermektedir. Jeolojik çalışmaların sağlıklı bir şekilde yapılması, ülkemiz maden potansiyelinin detaylı ve hassas olarak belirlenmesi ve doğal kaynaklarımızın tkenebilirliği göz önüne alınarak bu çalışmaların en ileri seviyede yapılması çok önemlidir. Doğal kaynakların aranıp bulunması, madencilik sektörünün ileri ülkeler düzeyine gelerek ekonomimizde olması gereken yere ulaşması için gelişmiş ülkelerde olduğu gibi yeni teknolojilerin kullanılması gerekliliği ortadadır.

Dünyada, jeolojik çalışmalar ve madencilik alanında uzaktan algılamadan pek çok konuda yararlanılmaktadır:

- Jeolojik Yapı Araştırmaları ve Haritalama
- Fay, çizgisellik ve Kırıkların Tanımlanması
- Yüzey şekli Analizi
- Fluvial, Delta veya Kıyı Yüzey şekillerinin Analizi
- Topografya alışmaları
- Jeotermal Araştırmalar
- Deprem Araştırmaları
- Volkanik Araştırma alışmaları ve İzleme
- Maden ve Yeryüzü Kaynaklarının Aranması



Şekil 2.23. Kaçkar Dağlarının SPOT 4 uydusunca alınan görüntüleri

2.9.10. Hidroloji alanında kullanılan uydular

Uydu verileri; petrol sızıntıları gibi deniz kirliliğine ve insan kaynaklı zararlara karşı duyarlı olan canlı organizmaların izlenmesi ve yaşatılması ile deniz dibi haritalarının çıkartılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen verilerle, değişik buzul haritaları çıkarılarak buzul hareketleri ve büyüklükleri incelenebilmektedir. Japonya tarafından okyanusu gözetlemek amacıyla ilk deniz gözlem uydusu olan MOS-1 1987 yılında fırlatılmıştır. Daha sonra 1990 yılında üzerinde dört kanallı Multispektral elektronik radyometre, iki kanallı termal radyometre ve mikrodalga tarayıcı olmak üzere üç farklı algılayıcı bulunan MOS-1 B uydusu atılmıştır. MOS uyduları; yeni gözlem uydularında temel teknolojilerin tesisine, gözetleme algılayıcılarının tesisine ve fonksiyonlarının geliştirilmesine, dolayısıyla okyanus ve buzul bölgelerinin deneysel olarak gözlemlenmesine ve elde edilen verilerle basit deneylerin yapılmasına olanak sağlamıştır. Tüm dünyada nüfusa paralel olarak su ihtiyacı hızla artmakta, ayrıca gelişen sanayi ve oluşan çevre kirliliği nedeniyle su kaynakları zarar görmekte olup su kaynaklarının kontrolü ve korunması hayati önem taşımaktadır.

Hidrolojik çalışmalarda, uzaktan algılama teknolojisi bir çok araştırma alanına önemli veri sağlamaktadır:

- Su Kaynakları Yönetimi
- Su Kalitesi Analizleri

- Deniz, Göl ve Akarsu Kirliliği İnceleme
- Sel Haritalaması ve İzleme
- Kıyı Bilimleri Araştırmaları
- Deniz Yüzeyi Rüzgar ve Dalga Araştırmaları
- Deniz Yüzeyi Sıcaklık Dağılımı Belirleme Çalışmaları
- Kar Dağılımını ve Miktarını Belirleme ve Erime Miktarı Tespiti
- Buz Erimesi ve Buz Hareketi Gözetleme
- Gemi Atıkları İzleme
- Okyanus Bilimleri Araştırmaları



Şekil 2.24. Tuz Gölünün uydu görüntüsü

2.9.11. Deprem araştırmalarında kullanılan uydular

Uydu verileri ile yapılan üç boyutlu modellemelerden fay yüzeyindeki izler hassas bir şekilde görüntülenebilmektedir. Uydu görüntülerinden; yeryüzündeki ve doğal drenaj hatlarındaki ani değişimler, fay hattındaki çöküntüler, yarık, uçurum ve değişik tabakalar teşhis edilerek raylar belirlenebilmektedir.

2.9.12. Afet yönetiminde kullanılan uydular

Uydu görüntüleri ile geniş bir alana yayılmış olan afetlerde, hangi bölgede ne tür zarar oluştuğu ve afet bölgesine ulaşılacak yolların durumu belirlenebilmektedir.

2.9.13. Uzaktan ve çevresel algılamada kullanılan uydular

Uzay sistemlerinin kullanılması ile topoğrafik, hidrografik ve jeolojik haritalar daha doğru ve güvenilir olarak çıkarılabilir, topoğrafik ölçmeler daha hassas yapılabilir [13]. Ayrıca ziraat, ormancılık, su kaynakları ve yeryüzü kaynaklarının araştırılması, deniz kirliliği, petrol atıklarının tespiti, yangınların izlenmesi, doğal afetlerin tespiti ve yaptıkları tahribatlar hakkında bilgi edinilmesi, su kirliliğinin ve buz dağlarının hareketlerini belirleme ve yerin gravitasyonel ve manyetik alanlarının incelenmesi gibi birçok kullanım alanı vardır. Özellikle depremlerin önceden tahminine yönelik çalışmalara bu uydularda sağlanacak gelişmeler büyük rol oynayacaktır. Uzaktan algılamanın son yıllardaki hızlı gelişimine paralel olarak gezegen jeolojisi ve meteorolojisi bilimlerini de içine alan uzay bilimleri araştırmalarında çok önemli gelişmeler sağlanmıştır. Uzaktan algılamanın kullanıldığı diğer alanlar:

- Çeşitli Haritalama Uygulamaları
- Şehircilik ve Arazi Kullanım Uygulamaları
- Afet Yönetimi
- Gemi İzleme ve Navigasyon
- Balıkçılık
- İnterferometri
- Arkeoloji

En genel olarak bakacak olursak uydu kullanımı:

<i>Ticari amaçlı</i>	<i>%37,1</i>
<i>Askeri amaçlı</i>	<i>%35,1</i>
<i>Hükümetler tarafından</i>	<i>%17,3</i>
<i>Üniversiteler tarafından</i>	<i>%5,4</i>
<i>Amatör amaçlı</i>	<i>%5,1</i>

şeklinde bir dağılım göstermektedir.

2.10. Uydu Algılayıcıları

Keşif ve gözeteme uydularını birbirinden ayıran nokta, kullanım amaçlarına göre değişen görev yükleridir. Bu uydularda kullanılan görev yüklerini, mikrodalga radyometreler, radar görüntüleyiciler, görünür sistemler ve kızılötesi sistemler olmak üzere dört gruba ayırmak mümkündür.

2.10.1. Mikrodalga radyometreler

Radyo frekansı aralığında (20–200 GHz) ve milimetrik dalga boyunda çalışır. Çözünürlükleri, aynı açıklık değerine sahip görünür sistem algılayıcılardan daha düşüktür. Mikrodalga radyometreler, gece ve gündüz çalışabilmekte, elektronik olarak tarama yapmak için fazlı sıra veya parabolik antenleri kullanmaktadır. Bulut ve yağmur sistemin performansını düşürmektedir.

2.10.2. Radar görüntüleyiciler

Karanlık bölgelerde resim çekemediklerinden ve bulutlardan etkilenmelerinden dolayı, kameralar yerine radarlar kullanılmaktadır. Radarlar, santimetre ve milimetre bantlarında çalışmakta olup, atmosferden daha az etkilenmesi için santimetre bandında çalışanlar tercih edilmektedir. Aktif sistem olan radarlar flaşlı fotoğraf makinelerinde olduğu gibi kendi aydınlatmalarını kendileri sağlamaktadır. Radar görüntüleyicilerin görev yükü olarak kullanıldığı uyduların dezavantajı, yerlerinin

bulunabilmesi ve elektronik olarak yanıtlanabilmesidir. Radar görüntüleyiciler SLAR (Side Looking Airborne Radar-Yanal Gözlem Radarı) ve SAR (Synthetic Aperture Radar-Yapay Açıklık Radarı) sistemler olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. SAR ve SLAR sistemleri, genellikle fazlı sıra veya fazlı sıra beslemeli parabolik antenleri kullanmaktadır.

2.10.3. Görünür sistemler

Görünür sistemlerin bant genişliği, morötesinden (-0,3 um) kızılötesine (~0.75um) kadar olan spektrumdur. Dalga boylan kısa olduğu için yüksek Çözünürlük kabiliyetine sahiptirler. Çalışma prensipleri güneş ışınlarının yansımaya dayandığı için sadece günışığında çalışabilen pasif sistemlerdir. Kameralar ve elektro-optik sistemler görünür sistemin elemanlarıdır.

2.10.4. Kızılötesi sistemler

Bu sistemler, kızılötesi spektrumdaki (0.75–100 um) bandı kullanmaktadır. Kızılötesi algılayıcılar cisimlerden yayılan enerjiyi ölçtükleri için gece ve gündüz çalışabilmektedir. Ancak yağmurlu ve bulutlu hava, görüntünün kalitesini düşürmektedir.

Birçok uzaktan algılama algılayıcısı, elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde, cisimlerden yayılan enerjiyi ölçerler. Elektro manyetik spektrumun kullanıldığı bölgeler ultraviole, görünür, kızıl ötesi ve mikrodalga bölümleridir. Algılayıcılar birçok farklı dalga boyu aralıklarında ölçümler yapabilmekte ve ölçüm yaptıkları dalga boyu aralıklarının sayıma göre isimlendirilmektedir.

Pankromatik Algılayıcılar: Tek spektral bantta çalışmakta olup, diğer algılayıcılara göre çözünürlükleri daha yüksektir.

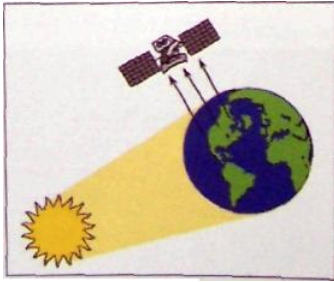
Multispektral Algılayıcılar: Birden fazla bantta çalışmaktadır. Termal algılayıcılar bu sinirin içindedir. Gece görüş kabiliyetleri vardır.

Hiperspektral Algılayıcılar: Spektral çözünürlüğü yüksektir, uzaysal çözünürlüğü düşüktür. Dar bantlarda çalışmaktadır.

Ultraspektral Algılayıcılar: Binlerce dar spektral bantta çalışır. Spektral çözünürlüğü çok yüksektir.

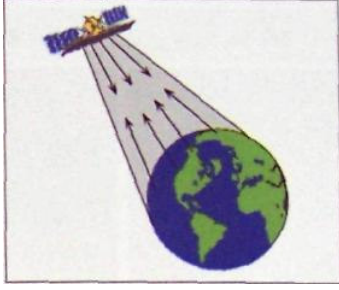
2.11. Uydudan Algılama Yöntemleri

Uzaktan görüntüleme aktif algılama ve pasif algılama yöntemleri ile yapılmaktadır. Güneş'ten gelen enerji, nesnelere üzerinden ya geri yansır ya da emilerek yeniden yayılır. Uzaktan algılama sistemlerinde, bu enerjiyi ölçen birimlere pasif algılayıcılar denir. Güneş'ten yansıyan enerji dünyayı aydınlattığı anda kullanılabilir, geceleri kullanılamamaktadır. Termal ve kızılötesi gibi doğal olarak yayılan enerji, kayıt edilebilecek büyüklükte olduğu sürece gece veya gündüz fark etmeksizin istenilen hedefi algılayabilir (Şekil-2.25.)



Şekil 2.25. Pasif algılama

Aktif algılayıcılar ise aydınlatmak için gerekli enerjiyi kendileri üretmektedir (Şekil-2.26.). Algılayıcı, incelenecek bölgeye ışın yayar ve o bölge üzerinden geri yansıyan ışınları ölçer. Ölçüm sonuçları ya uydu üzerinde değerlendirilmekte ya da değerlendirilmek üzere yeryüzüne gönderilmektedir. Aktif algılayıcıların en önemli avantajı günün saatine ve mevsime bağlı olmadan ölçüm yapabilmeleridir. Ancak bu sistemler aydınlatmak için yüksek miktarda enerji üretmek zorundadırlar.



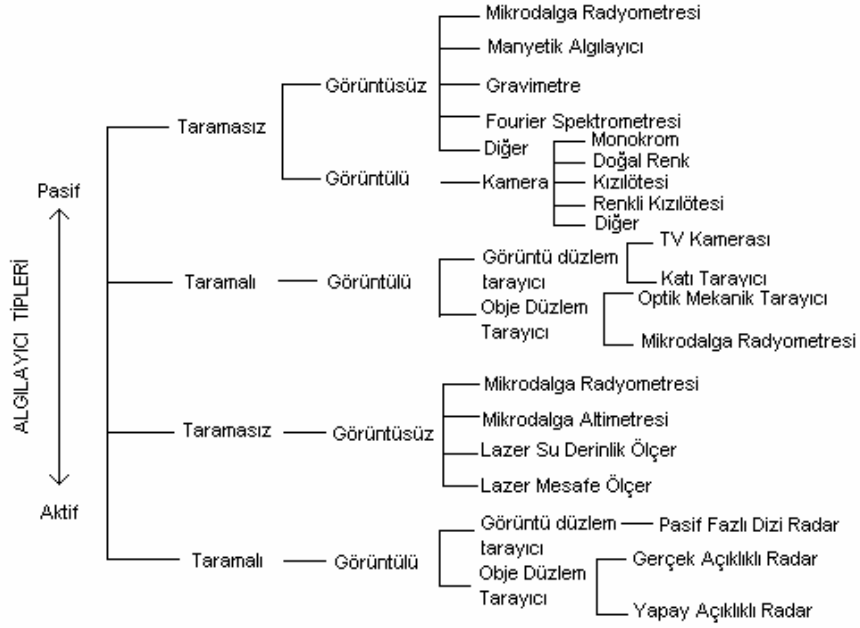
Şekil 2.26. Aktif algılama

Bir algılayıcının bir cisimden yayılan veya yansıyan enerjiyi toplayabilmesi için sabit bir platform üzerinde bulunması gerekmektedir. Algılayıcılar buldukları platformlara göre; yer tabanlı, hava tabanlı ve uzay tabanlı olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Yer tabanlı algılayıcılar: Bu tip algılayıcılar ile uçak ve uydu üzerinde bulunan algılayıcılardan daha detaylı bilgi elde etmek mümkündür.

Hava tabanlı algılayıcılar: Alçak irtifada oldukları için detaylı bilgiler elde edilebilir

Uzay tabanlı algılayıcılar: Günümüzde uzaktan algılama genellikle uydudan yapılmaktadır. Kendi özelliklerinden dolayı uydular yeryüzünü gözetlemede çok yararlıdır. Uydu tabanlı algılayıcılar değişik uygulamalarda kullanılabilir



Şekil 2.27. Uydudan algılama yöntemleri

BÖLÜM 3. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİ

3.1. Giriş

Uydu Muhabere Sistemleri, 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.

Uydu Muhabere Sistemleri; bir uydudan, uydunun yörüngesini, uzaydaki konumunu ve çalışmasını denetleyen bir yeryüzü istasyonundan ve uydu üzerindeki transponder (alma frekansını, gönderme frekansına çevirici) aracılığıyla gerçekleştirilen ve haberleşme trafiğinin gönderilmesini (çıkarma hattı, uplink) ve alınmasını (indirme hattı, downlink) sağlayan yer terminalleri ağından oluşmaktadır.

3.2. Uydu Haberleşme Sistemlerinin Tanımı ve Özellikleri

Uydu Muhabere Sistemleri; bir uydudan, uydunun yörüngesini, uzaydaki konumunu ve çalışmasını denetleyen bir yeryüzü istasyonundan ve uydu üzerindeki transponder (alma frekansını, gönderme frekansına çevirici) aracılığıyla gerçekleştirilen ve haberleşme trafiğinin gönderilmesini (çıkarma hattı, uplink) ve alınmasını (indirme hattı, downlink) sağlayan yer terminalleri ağından oluşmaktadır. Uydunun kendisi ise iki temel bölümden oluşmaktadır [14]:

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

b. Linkte (Yol) ise, durum denetimi, sıcaklık denetimi, komut ve tele metrik 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 ağlarında kullanımları yaygın durumdadır. Ancak son yıllarda, bir taraftan uydu haberleşme servisleri gelişirken diğer taraftan da takım uydular (yer uyumlu olmayan) da kullanılmaya başlanmıştır.

Uyduya, uzaya atıldıktan sonra, ekvatorun üzerinde, yeryüzüne göre değişmeyen 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 (yeryüzüne göre durağan) yörüngesinden çıkmasını engellemek amacıyla yerdeki kontrol merkezi yörünge kontrol sinyalleri ile uyduyu kendisine tahsis edilen bölgede tutar. Bunu gerçekleştirmek için de uyduda bulunan ve püskürtme maddesi olarak genelde hidrazin (N_2H_4) 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.

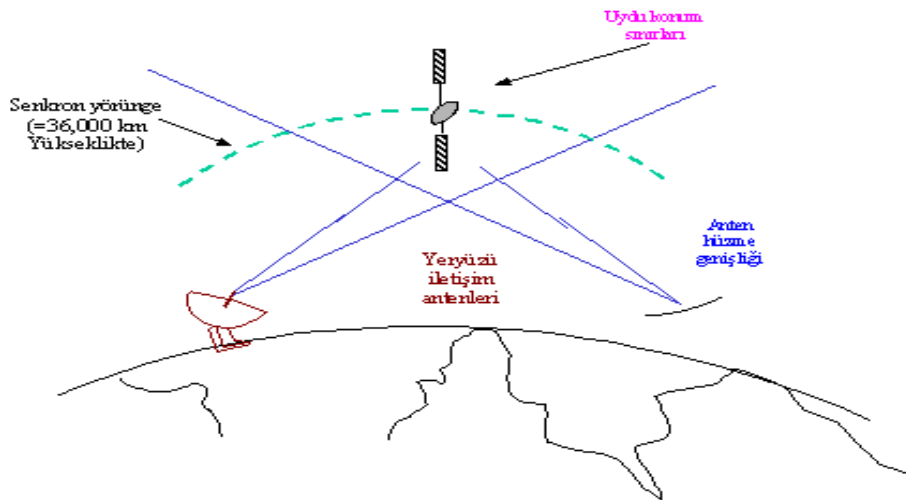
b. İkinci bölümde uydunun ana görevini yerine getiren transponderler, bilgisayarlar vb. tüm haberleşme donanımı yer almaktadır.

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 dünyaya dönük olması gerekmektedir. Aksi halde haberleşmenin sürekliliği sağlanamayacaktır.

Uydu, yörüngede iken yerçekimi farklılığı, dünyanın manyetik alanı, güneş enerjisi gibi dış etkenler yanında uydunun dengelenmemiş iç hareketleri gibi birçok değişik kuvvetin etkisindedir. Bu etkenler uydunun istenen yörüngede kalmasını önlemektedir. Bu kuvvetlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ve dolayısıyla uyduyu kararlı bir durumda tutmak için, uyduyu kendi eksenini etrafında döndürmek gerekmektedir. Böylece uydunun, yüksek açılal momentumu bulunan bir denge çarkı gibi davranması sağlanmaktadır. Antenlerin her zaman dünyaya dönük tutulması için antenler ve tüm haberleşme donanımı uydunun dönme hızıyla aynı hızda, ancak dönme yönünün tersinde dönen düşük ataletli bir platform üzerine oturtulmuştur. Uydunun bu şekilde kararlı tutulmasına "Çift Dönme" yöntemi denir. Günümüzde ise yeni kararlı tutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi "üç eksenli kararlı tutma" yöntemidir [14].

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 yönleltmek için gereklidir.



Şekil 3.1. Uydu haberleşme sistemi

Her uyduya ekvatorun üzerinde dünya yüzeyinden yaklaşık 36,000 km yukarıdaki yörüngede bir boylam tahsis edilmiştir. Yer antenlerinden çoğu izleme yapmayan tür antenler olduğu için, uydunun önemli miktarda hareket etmesi, uydunun huzme pozisyonunu değiştirir. Bu durum istenen haberleşmenin bozulmasına ve hatta kesilmesine neden olur. Bu nedenle yer uydu istasyonu, uydu yörüngesini sürekli denetler.

3.2.1 Uydu transponderleri (aktarıcısı)

Uydu transponderleri, 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

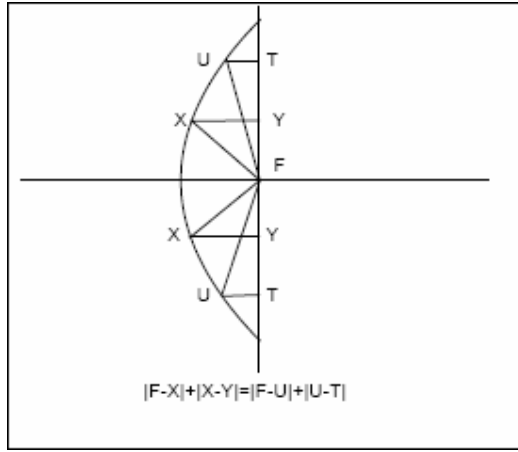
Uydu antenlerinin temel görevleri:

- İstenen frekans ve polarizasyondaki radyo frekans dalgalarını toplamak.
- İstenmeyen sinyalleri mümkün olduğunca az toplamak.
- İstenen frekans ve polarizasyondaki radyo frekans dalgalarını iletmek.

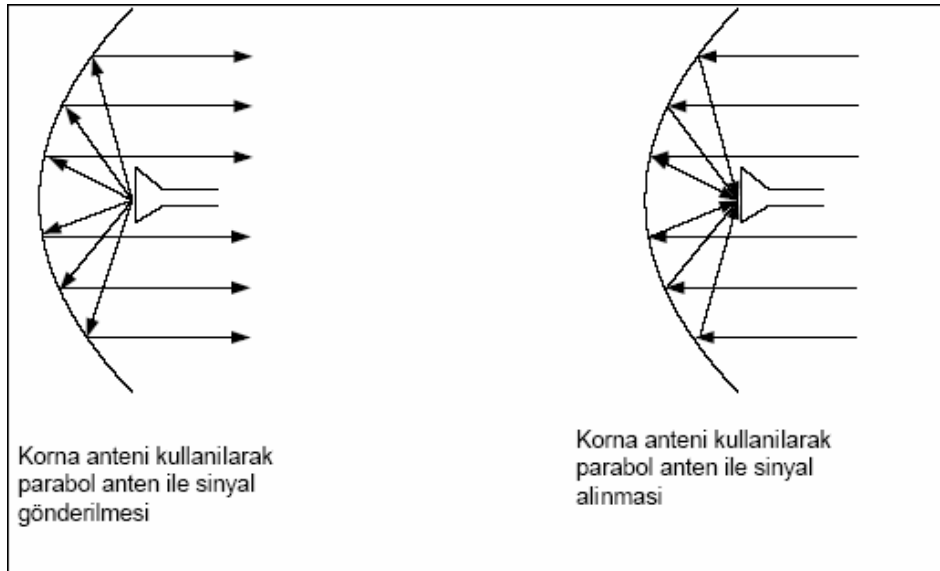
- Anten huzmesi dışındaki alanlara minimum güç yaymak olarak sıralanabilir.

3.2.3.1. Parabolik (çanak) anten

Parabolik anten gelen ışınları odak noktasında topladığı için kazancı yüksek olan bir anten çeşididir. Uydudan gelen yayını alabilmek için kullanılacak olan çanak antenin çapı, alınacak dalga boyundan 10 kat daha fazla olmalıdır.



Şekil 3.2. Parabolik anten



Şekil 3.3. Parabolik antenin gönderme ve alma işlemlerinde kullanımı

örneğin $f = 10$ ghz olan yayını alabilmek için

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{30}{10} = 3 \text{ cm}$$

$3 \cdot 10 = 30$ cm çapa sahip olan çanak anten kullanılmalıdır.

Çanak Antenin Kazancı

Çanak antenin kazancı aşağıdaki formül ile verilir.

$$G_p = 6 \cdot \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2$$

Burda;

G_p : Çanak antenin dipol antene göre izafi kazancı

D : Çanak antenin çapı (m)

λ : Çanak anten ile alınan frekansın dalga boyu (m)

Kazancı decibell olarak ifade etmek için kazancın logaritması alınır ve 10 ile çarpılır.

Çanak antenin kazancı λ dalga boyunun karesi ile tersu orantılı , çanak anten çapının karesi ile doğru orantılıdır.

Çanak anten çapı büyüdükçe parabol antenin kazancı büyür.

$$\text{dB} (G_p) = 10 \text{ Log}(G_p)$$

örneğin 10 Ghz'lik frekansı 1m çaplı antenle almak istiyoruz .Bu çanak antenin ışıma açısını bulacak olursak:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{30}{10} = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$$

$$G_p = 6 \cdot \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 = 6 \cdot \left(\frac{1}{0.03} \right)^2 = 6666,7$$

$$\text{dB} = 10 \log 6666,7$$

$$= 10 \cdot (3,82)$$

=38,2 bulunur. Antenimizin kazancı 38,2 dB dir.

Çanak Antenin Işıma (Hüzme) Açısı

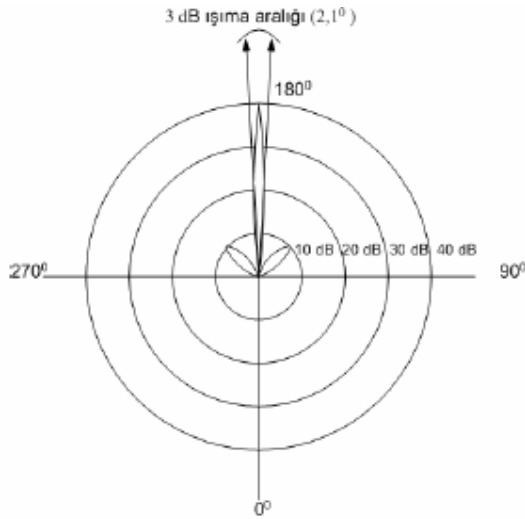
Antenlerde ışıma açısı , 3 dB açıklığının (Gücün yarıya düştüğü noktalar arasındaki açıklık) ölçüsüdür. Bu açının küçük olması verici ışımalarının dar olmasını netice verir.

$$\alpha = \frac{70}{D/\lambda} = \frac{70 * \lambda}{D}$$

Işıma açısı λ dalga boyu ile doğru orantılı , çanak anten çapı ile ters orantılıdır.Çanak anten çapı büyüdükçe ışıma açısı küçülür. Örneğin 10 Ghz'lik frekansı alan 1m çaplı antenin ışıma açısını bulacak olursak:

$$\frac{D}{\lambda} = \frac{1}{0,03} = 33,33$$

$$\alpha = \frac{70}{D/\lambda} = \frac{70}{33,33} = 2,1^{\circ} \text{ buluruz.}$$



Şekil 3.4. 3d Işıma aralığı

Azimuth Açısı

Dönme açısına azimuth açısı denir. Alıcı çanak antenin pusula kuzeyi ile yaptığı açığa azimuth açısı denir. Çanak antenin uyduyu görebilmesi için ayarlanması gereken dönme açısına azimuth açısı denir. Azimuth coğrafi kuzey doğrultusuna göre uydunun açısını vermektedir. Çanak antenin uyduyu görmesi için pusula yardımıyla uydunun doğrultusunun bulunması gereklidir. Azimuth açısı aşağıdaki formül ile bulunur.

$$A = 180 \pm \arctan \left(\frac{\tan G}{1 - 0.1512 \frac{\cos L}{\cos G}} \right)$$

Burda; G= S-N

G= Bağlı Boylam

S= uydu boylamı

N= Alıcı anten boylamı

L=Alıcı antenin enlemi

Boylam farkı (G) uydunun boylamı ile antenin boylamı arasındaki farktır , eğer uydu antenden daha doğuda ise Azimuth değeri 180° çıkarılacak daha batıda ise Azimuth değeri 180° toplanacak. Ayrıca pusula sapma açısı sonuca eklenecektir. Örnek olarak 29° doğu boylamındaki İstanbul'dan 10° doğu boylamında uydu alınacaksa boylam farkı 29-10=19 derecedir.

Coğrafi konumu L=37° kuzey enlemi ve 35° doğu boylamı olan anten için

a)Azimuth açısını Türksat uydusu için (Türksat 42° Doğu boylamındadır)

b) Azimuth açısını Hot Bird uydusu için (Hot bird 13° Doğu boylamındadır) bulacak olursak

a) Bağlı boylam farkı G=42-35=7 derece

$$A = 180 \pm \arctan \left(\frac{\tan G}{1 - 0.1512 \frac{\cos L}{\cos G}} \right)$$

$$A = 180 - \arctan \left(\frac{\tan 7}{1 - 0,1512 \frac{\cos 37}{\cos 7}} \right) = 180 - 8 = 172^{\circ}$$

b) Bağlı boylam farkı $G=35-13=22$ derece

$$A = 180 + \arctan \left(\frac{\tan 22}{1 - 0,1512 \frac{\cos 37}{\cos 22}} \right) = 180 + 24,91 = 204,91 = 205^{\circ} \text{ olarak bulunur.}$$

Yükselme Açısı

Alıcı antenin bulunduğu yerle uydunun arasındaki açıya denir.

$$a = \arctan \left[\frac{\cos G \cdot \cos L - 0,1512}{\sqrt{1 - \cos^2 G \cdot \cos^2 L}} \right]$$

Burda;

L= Antenin enlemi

G= Bağlı boylam

α = Yükselme açısı olarak verilmiştir.

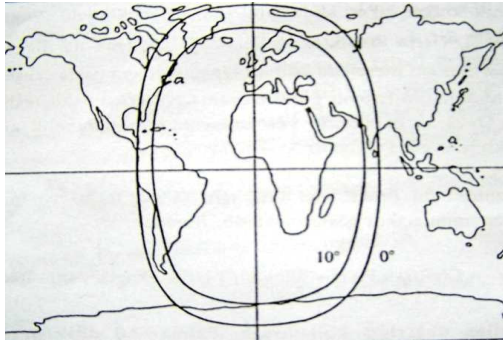
Uydu vericileri güneş enerjisi ve akülerle çalıştığı için verebilecekleri toplam güç birkaç 10 Watt veya 100 Watt ile sınırlıdır. Bu güçle 36000 km.den daha uzaktaki yeryüzünde işe yarar bir alan şiddeti meydana getirebilmeleri için mutlaka yüksek kazançlı antenler kullanmaları gerekir. Bu antenler gücü yeryüzünün küçük bir bölgesine yoğunlaştırarak yeterli bir alan şiddeti oluştururlar.

Antenin yöneltildiği noktada en yüksek güç yoğunluğu elde edilir. Bu noktadaki etkin güç yoğunluğu anten kazancı ile verici gücünün çarpımına eşittir. Güç yoğunluğu bu noktadan uzaklaştıkça azalır. Güç yoğunluğunun yarıya düştüğü nokta (-3 dB zayıflama noktası) antenin hüzmeye genişliğini belirler. (Şekil-3.2.)

Güç yoğunluğunun belli bir değere düştüğü noktalar birleştirilirse kapalı bir eğri elde edilecektir. Bu kapalı eğriye antenin ayak izi (*footprint*) adı verilir. Ayak izi eğrileri her 3 dB'de çizilebileceği gibi her 1 dB veya 10 dB'de bir de çizilebilir.

Normal parabolik bir anten kullanıldığında ayak izi genel olarak bir elips şeklindedir. Elipsin yaygınlığı huzmenin açısına veya uydunun enlemi ile izin yönettildiği merkezin enlemi arasındaki farkla orantılı olarak artar.

Uydu yayınları genellikle belli bir ülke veya bölge için yapılır. Bu durumda istenen ideal durum ülke veya bölgenin sınırları içinde her tarafa eşit bir alan şiddeti dağılımıdır. Bu sağlanamıyorsa bölge içindeki değişimin mümkün olduğu kadar az olması istenir. Her ülke ve bölgenin sınırları bir elips şeklinde olmadığına göre düşey elips şeklindeki standart ayak izi her zaman uygun olmaz. Bu durumda antene özel konum verilerek istenen biçimde değişik ayak izleri elde edilir



Şekil 3. 5. Enlem ve boylamı 0^0 olan uydudan yaklaşık yayın alanı veya ayak izleri

Her uydunun ayak izleri bellidir ve bunlar uydu yayın dergilerinde yayınlanırlar. Bunlardan yararlanarak antenin kurulacağı noktadaki etkin yayın gücü hemen bulunabilir.

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. Şekil-3.3. de gösterilen alt yol (d) ve üst yol (u) için, bu denklemleri logaritmik veya ondalıklı olarak yazabiliriz.

$$P(r) = P(T) + G(T) + G(R) - L(su) \quad (3.1)$$

ve

$$P(R) = P(t) + G(r) + C(R) - L(sd) \quad (3.2)$$

Bu denklemlerde $L(su)$ ve $L(sd)$, boşluktan dolayı zayıflama olup denklem ile verilmiştir. Aşağıdaki ilişkileri de kullanabiliriz.

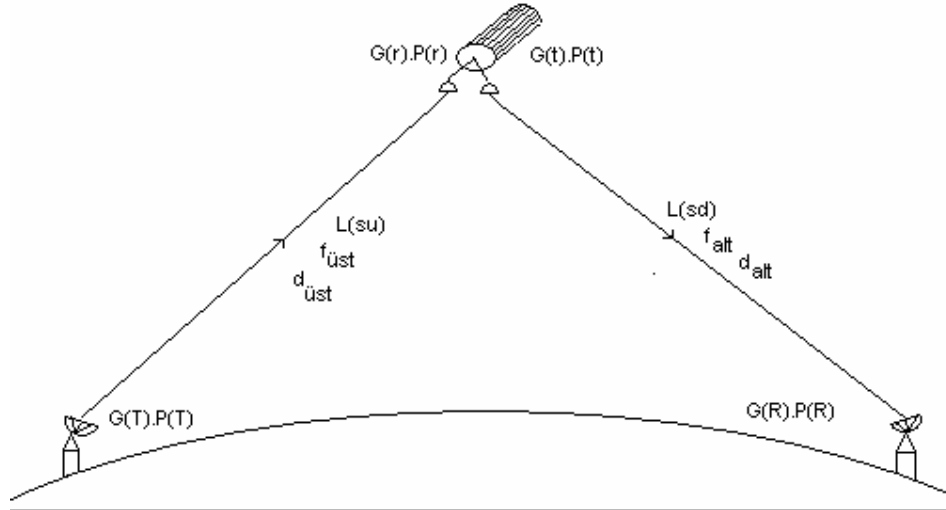
$$P_a(r) = EIR P_T / 4 \pi d_u^2 = P_r / Gr (\lambda^2 / 4 \pi)$$

Burada $EIR P_T$ isotropik antenden yayılan etkin güçtür. Bunlardan yararlı iki logaritmik fonksiyon elde ederiz.

$$P_a(r) = EIRP(T) - 20 \log d_u (km) - 71 \quad (3.3)$$

$$P(r) = P_a(r) + 10 \log(G(r)) + 10 \log(\lambda^2 / 4 \pi) \quad (3.4)$$

Uydu tarafından sistem çalışmadan önce kabul edilen en fazla $P_a(r)$ güç akı değeri mevcuttur. P_a 'nın çalışma değeri en fazla değerinin 1–2 dB altındadır. Bu fark giriş toleransı $L(ibo)$ (input back off) denklem (3.4) özellikle verilen bir d mesafesinde uydu sistemi için ver istasyonunun en fazla $EIRP(T)$ sini belirlemede çok yararlıdır.



Şekil 3.6. iki yer istasyonu ve bir uydu arasındaki yol denkleminde kullanılan denklemler

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

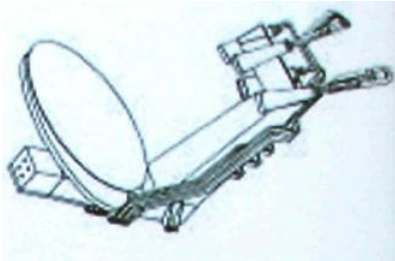
Yönlü bir anten tipidir (Şekil-3.4). Küresel kapsama amaçlı olarak kullanılabilir. Noktasal kapsamanın kullanılması gerektiği durumlarda horn tipi antenler boyutlarının büyümesi nedeni ile pratik çözümlerden uzaklaşmaktadırlar.



Şekil 3.7. Horn anten

3.3.2. Yansıtıcı antenler

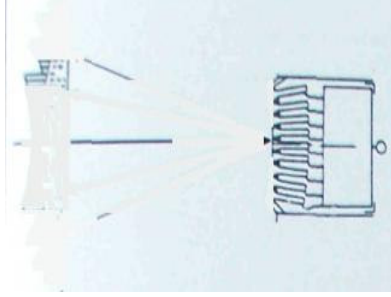
Bu tip antenler noktasal ve/veya şekillendirilmiş kapsama alanı sağlamaları yüzünden uydu haberleşmesinde sıklıkla kullanılmaktadırlar. Anten, yapısal olarak parabolik bir yansıtıcı ve bir veya birden fazla besleme biriminden oluşmaktadır. Şekil-3.5.'de tipik bir yansıtıcı anten gösterilmektedir. Yansıtıcı 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 3.8. Yansıtıcı anten

3.3.3. Lens antenler

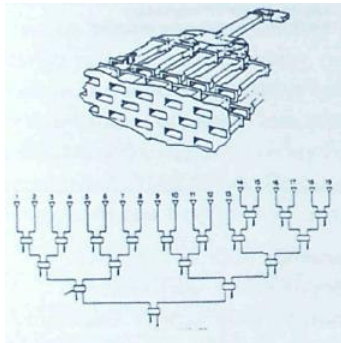
Bir veya birden fazla besleme birimi, kullandıkları lens sayesinde yayının odaklanarak yolanmasını sağlar. Besleme birimlerinin lensin arka tarafında bulunması yayının bloklanma olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Lens antenler birden fazla çoklu yayılım alan yaratmak için kullanılır. Şekil-3.6.'da lens tipi anten yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Lens anten

3.3.4. Dizi antenler

Dizi antenler istenilen yayılım şeklini sağlamak amacı ile belirli bir şekilde yerleştirilmiş olan besleme birimlerinden ve 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-3.7.'de Fazlı dizi anten yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Fazlı Dizi Anten

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.

Yukarı hat bütçesi, uydu iletişimi için kritik bir etken olmayıp güçlü yer istasyonları gerekli tüm gücü sağlayabilmektedir. Aşağı hatta ise durum farklıdır; uydunun verici gücü sınırlıdır ayrıca yer iletişim sistemlerinde diğer haberleşme uydularından gelen işaretlerin girişim olasılığı vardır. Bu nedenlerden dolayı ITU (International Telecommunications Union -Uluslar arası Telekomünikasyon Birliği) 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.

<u>Harf Kodlaması</u>	<u>Frekans Bandı</u>
<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>

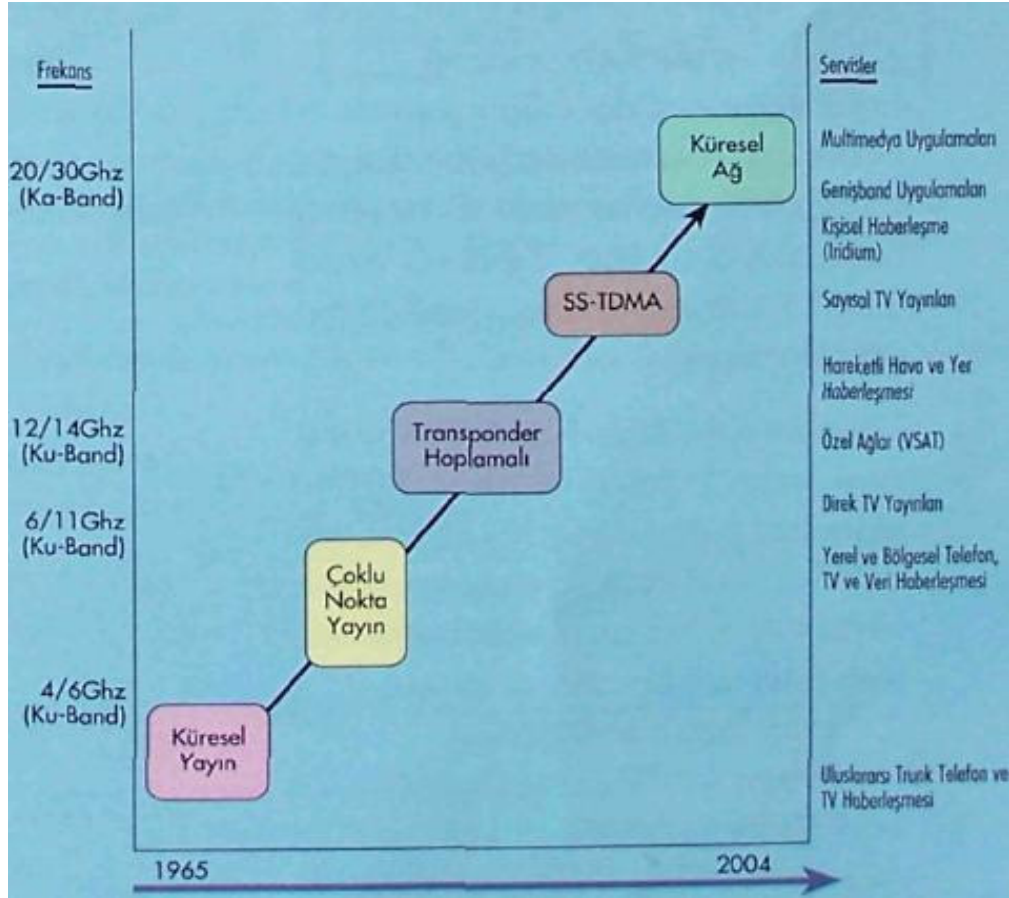
Tablo 3.1. UHF, SHF ve EHF frekansları genel bilgileri

Frekans	Kısaltma	Anlamı
0.3–3 Ghz	UHF	Ultra Yüksek Frekans (Ultra High Freq.)
3–30 Ghz	SHF	Süper Yüksek Frekans (Super High Freq.)
30–300 Ghz	EHF	Son Derece Yüksek Frekans (Extremely High Freq.)

Frekanslar yükseldikçe hem teknolojik girdiler ve güvenlik artmakta; hem de frekans bandı genişlemektedir. Örneğin S bandında frekans bandı genişliği 700 Mhz iken, K bandında frekans bandı genişliği 13 Ghz'dir (yaklaşık 20 katı). Dolayısıyla, gerçekte yüksek frekanslar gürültü ve bozulmalara karşı daha hassas olmalarına karşın, geniş bant ihtiyaçları endüstriyi daha yüksek frekans ve frekans bantlarını kullanan teknolojileri geliştirme ve gerçekleştirme yönünde zorlamaktadır.

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 3.11. Uydu haberleşmesinin gelişimi

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.

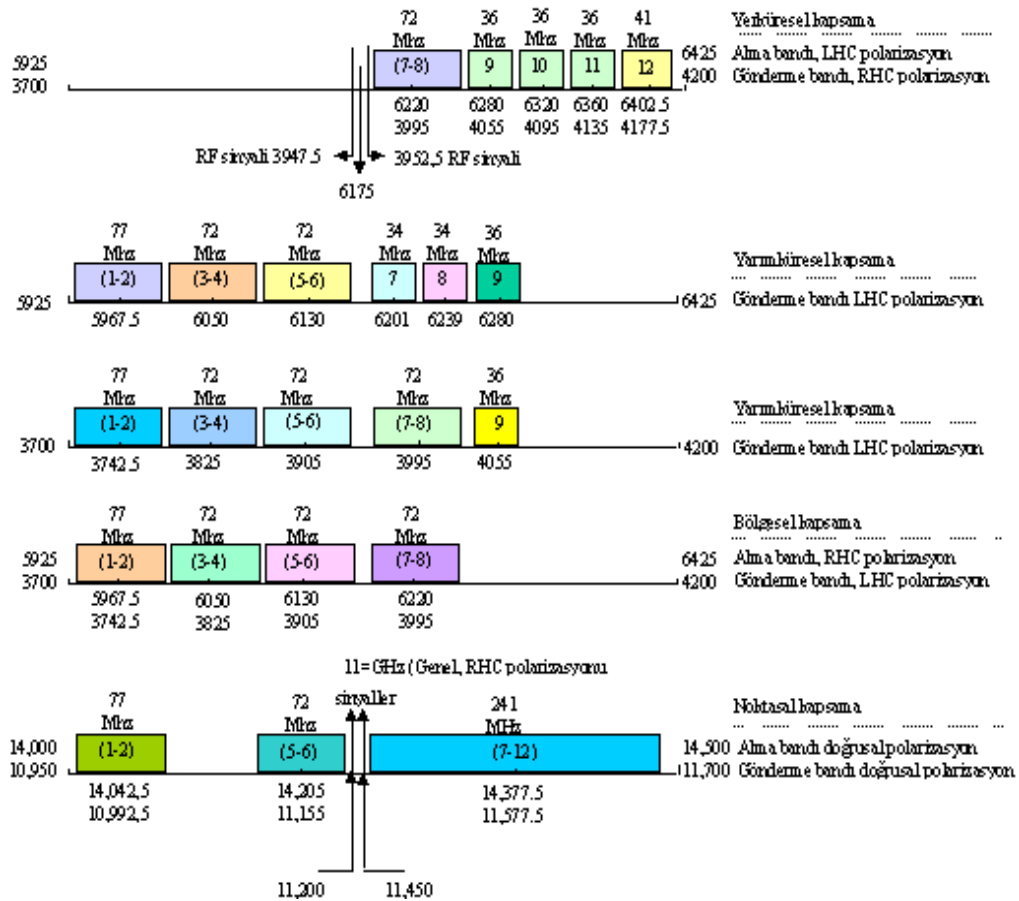
3.5.1.1. Frekans paylaşımlı çoklu erişim

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

1. FDM/FM/FDMA: Bu teknikte, gönderme konumunda yer istasyonu, birçok tek yan bant taşıyıcı telefon kanalını, tek bir taşıyıcı temel banda frekans paylaşımlı

çoğullar Bu temel bant daha sonra bir taşıyıcıyı bir frekans modülasyonuna tabi tutar ve bu taşıyıcı bir FDMA uydı ağına uygulanır.

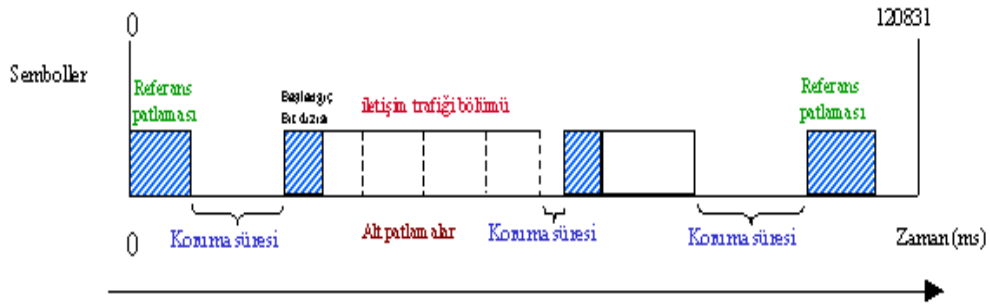
2. Taşıyıcı başına tek kanal: Bu teknikle, her iletişim kanalı ayrı bir radyo frekansı taşıyıcıyı modüle eder. Örnek olarak C-bandında çalışan Intelsat V transponderi için tipik bir frekans planı Şekil-3.9'da gösterilmiştir. Uydü aracılığıyla sinyalin yönlendirilmesi, yerden verilen komutla anahtarlanabilir. Bu özellik, daha fazla sayıda link olasılığı gerçekleştirerek, çeşitli alma ve gönderme antenlerinin birçok transpondere bağlanmasına olanak sağlar. FDMA tekniğinde kullanılan polarizasyon yöntemi ile aynı frekans bandından iki sinyal birbirine dik polarizasyonla yollanabilir. Böylece frekans bandının daha verimli kullanılması sağlanmaktadır.



Şekil 3.12. C-bandında çalışan Intelsat V transponderi için tipik bir frekans planı

3.5.1.2. Zaman paylaşımlı çoklu erişim

Kısaca TDMA olarak tanımlanan zaman paylaşımlı 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. Bu zaman çerçevesinin uzunluğu 2 ms, ya da 120832 Semboldür. Her ağ kullanıcıasına tahsis edilen zaman bölmeleri, çerçevede (frame) ne kadar iletişim trafiği iletileceğine ya da alınacağına bağlı olarak değişir. Tipik bir uydu TDMA çalışma sistemi, Şekil-3.10' da gösterilmiştir.

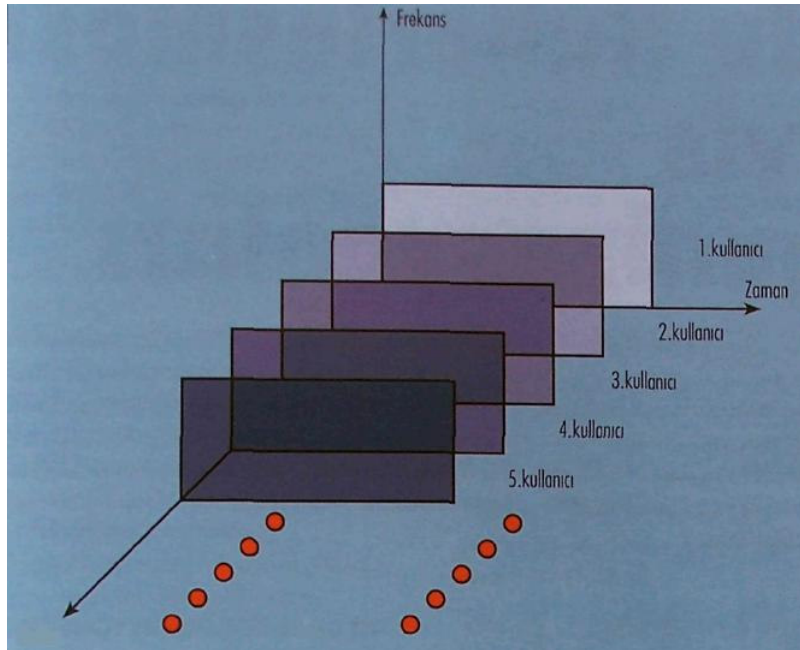


Şekil 3.13. TDMA zaman planlaması

İki ya da daha fazla FDM/FM sinyal aynı anda doğrusal olmayan bir yükseltec 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 yükseltici, doyum modunda çalıştırılabilmektedir.

3.5.1.3. Kod paylaşımı çoklu erişim

Kısaca CDMA olarak adlandırılan Kod Paylaşımı 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 rasgele yaratılmış bir kod 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-3.11.'de CDMA modunun basit çalışma sistemi gösterilmektedir.



Şekil 3.14. CDMA kodlama tekniği

3.6. Uydu Muhabere Sistemlerinin Genel Özellikleri

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

3.6.1. Birlikte çalışabilirlik (interoperability) :

Gelecekte bütün sistemlerin birbiriyle uyumlu ve birlikte çalışabilir olması gerekecektir. Cihazların birlikte çalışma yanında, birbirini kötü yönde etkilememesi de 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.

3.6.2. Entegrasyon:

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

3.6.3. Standardizasyon:

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

3.6.4. 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.

3.6. 5. 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.

3.6.6. Küreselleşme:

Gelecekte haberleşme sistemlerinden beklenen vazgeçilmez özellik, dünyanın her yerinde ve her koşul altında kullanım olacaktır.

3.6.7 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
- Beka 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:

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

b. Kablo hatlarının fiziksel olarak erişemeyecekleri yerlere uydularla servis sağlanabilmektedir.

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

d. Gemi, uçak gibi araçlara uydu mobil terminaleriyle diğer kullanıcıların sahip olduğu seviyede servis verilebilmektedir.

e. Uydular her bir transponderde geniş kanal kapasiteleri sunabilmektedir.

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

g. 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.

h. 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.

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

i. Her iki sistem birbirlerine alternatif muhabere olanağı sağlar.

j. 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.

k. Yapılan karşılaştırma sonunda ortaya çıkan değerlendirmeler aşağıda belirtilmiştir.

(1) Uydu muhabere sistemi HF muhabere sistemine nazaran özellikle yer tespitinin nispeten güç olması, elektronik harbe dayanıklılığı yönleriyle emniyet açısından, buna ilâveten 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 kiralanmasının maliyeti 1 adet 36 Mhz transponder için 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, önerilen 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 önerilen 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 [10].

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 ihbar 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 alan ve çalışabilirlik oram 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 (International Telecommunications Union-Uluslararası Telekomünikasyon birliği) 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 ağı 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 küresel enformasyon altyapısının 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, her biri 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

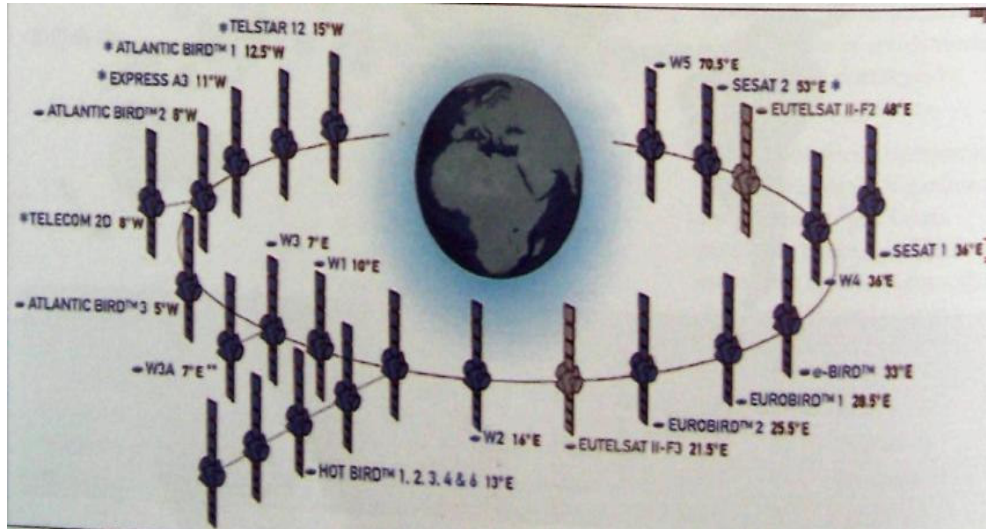
INTELSAT: Küresel uydu servisi verilmesi amacıyla 1969 yılında 19 ülkenin bir araya gelerek kurduğu en büyük ve kapsamlı uluslararası ilk uydu organizasyonudur. Türkiye'nin de üyesi olduğu INTELSAT, 42 üye ülkeyi ve 40 yatırımcı kuruluşu bünyesinde bulundurmaktadır. Şu anda sahip olduğu 23 adet yer uyumlu yörünge uydusu, 2 adet kiralık uydu kapasitesi, kritik noktalardaki yer istasyonları, karasal haberleşme ağı ve en geniş kapsama alan 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 uydular 3e 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-3.12'de, belirtilmiştir. EUTELSAT 15° Batı ve 70,5° Doğu pozisyonları arasında. Ku (K-under, 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 3.15. EUTELSAT-I ve II serisi uyduların pozisyonları

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

Tablo 3.2. EUTELSAT uydularının özellikleri

Serisi/Adı	Fırlatma Yılı	Band Genişliği	Kapasitesi
EUTELSAT-II	1990-1995	36 ve 72 MHz	16 Transponder
EUTELSAT-III (HOTBIRD 2, 3, 4)	1996-	33, 36, 47 ve 50 MHz	20 Transponder
HOTBIRD 4 ve 5 (skyplex) uyduları üzerinde sayısal çoklama yapılabilmektedir. Değişik yerlerden düşük maliyetli yer istasyonlarından uyduya gönderilen TV sinyalleri çoğaltılarak tek bir sinyal olarak dünyaya gönderilmelidir.			

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.

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, faks 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 tik 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 Dünyanın herhangi bir yeri en az bir uydu kapsama alanına sürekli olarak alınabilmektedir.

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 bağlamadır. 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 yanı sıra internet ve özel veri ağı bağlantısı, pozisyon bilgisi, kısa mesai 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.

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 hile görüşme kesilmeden devam edebilmektedir. (Tablo-3.3) 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 her birinde 6 adet uydu bulunmaktadır.

Tablo 3.3. 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

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, (aks ve GPS servisi verebilmektedir. Thuraya, yer uyumlu yörüngede yüksek güçlü uydu kullanarak, tek bir geçiş noktası yer istasyonuyla, bölgesel olarak tüm servis alınma hizmet verebilmektedir.

ACeS: Sistem bir adet yer uyumlu uydu kullanmaktadır. Kullanıcı terminali normal bir cep telefonu büyüklüğündedir. ACeS uydusu 140 spot hüzmeye 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, âğ 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 kapsamadan çıktıklarında uydu sistemini kullanabilmektedir.

3.9. Türk Uydu Haberleşme Sistemleri

Radyo/TV yayınlarının iletimi ve PSTN bağlantılara 1989 yılına kadar INTELSAT uydu sisteminden transponder (aktarıcı) kiralanan yapılmaktaydı. Kaliteli ve güvenilir bir haberleşme sisteminin verilmesi amacıyla hazırlanan "Ulusal Haberleşme Uydu Sistemi" projesine ilişkin sözleşme 1990 yılında Türk Telekom A.Ş. ile Fransız Aerospatiale firması arasında imzalanmıştır. Bu proje; iki uydunun üretimini ve yörüngeye yerleştirilmesini, yer ve kontrol istasyonlarının tesis ve montajını, sistem ve eleman entegrasyonunu, personel eğitimini ve tüm dokümantasyonu kapsamaktadır. Projenin birinci uydusu olan TÜRK SAT-1A'nın uzaya taşınması, roketteki bir arıza nedeniyle başarısızlıkla sonuçlanmıştır. İkinci ve üçüncü (TÜRK SAT 1B ve 1C) uydular ise 1994 ve 1996 yıllarında Fransız Guyanası'nın Kourou Uzay Üssü'nden fırlatılmış ve yörüngelerindeki yerlerini alması sağlanmıştır.

TÜBİTAK BİLTEN ile İngiliz SSTL firmasının ortak çalışmaları sonucunda, Türkiye'nin ilk gözlem uydusu olan BİLSAT, 2003 yılıyla Rusya'dan fırlatılmış olup, halen başarı ile çalışmaktadır.

3.9.1. TÜRK SAT 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 TÜRK SAT 1B, 1C ve 2A uyduları tasarlanmış ve fırlatılmıştır.

TURKSAT uyduları; yönlendirilmiş yüksek güçlü transponderleri ile ülkemizin en ücra köşesine 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.

TÜRK SAT 1B,Türkiye - Orta Avrupa bölgesinde dört, Türkiye - Orta Asya bölgesinde ise üç transponder birbirleri arasında anahtarlama özelliğine sahiptir. TÜRK SAT-1B uydusu 2003 yılı sonu itibari ile yörünge düzeltmede kullanılan yakıtı azaldığından eğimli yörüngeye çekilmiş bulunmaktadır. Uydu halen internet sağlayıcılarına düşük ücretle hizmet vermektedir. TÜRK SAT- 1C uydusu üzerinde Ku bandda çalışan, analog ve sayısal TV ve radyo yayınları, Orta Asya IBS telefon kanalları ve VSAT veri haberleşme şebekesi bulunmaktadır. TÜRK SAT -2A uydusunun hareketli kapsamaları üzerinden ise 1 Hindistan, Güney Afrika Cumhuriyeti gibi uydunun görüş alanı içerisindeki bölgelere ulaşmak mümkündür. TÜRK SAT uydularının diğer özellikleri Tablo-3.4' de belirtilmiştir.

Tablo 3.4. TÜRK SAT uydularının özellikleri

	TÜRK SAT-1B	TÜRK SAT-1C	TÜRK SAT-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 Yüklü	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)

3.9.2. BİLSAT uydusu

Türkiye'de küçük uyduların üretilme sürecinin başlatılmasına ve bu alandaki teknolojinin kazanılmasına, tasarımından fırlatma aşamasına kadar gerekli tüm bilgi ve beceriye sahip bir konuma gelinmesine yönelik çalışmalar yapan TÜBİTAK-BİLTEN tarafından teknoloji transferi ile gerçekleştirilen ve ülkenin ilk araştırma uydusu olan BİLSAT, 2003 Eylül ayında başarı ile fırlatılmıştır.

Güneşe eş zamanlı, 650 km. yüksekliğe sahip yörüngeye atılan BİLSAT uydusu üzerinde;

- Biri 12 m çözünürlüklü Pankromatik, diğerleri 26 metre çözünürlüklü dört adet optik tip (üçü kırmızı, yeşil, mavi olmak üzere görünür dördüncüsü yakın kızıl ötesi frekans bandında) kamera,
- S ve VHF/UHF bantlarında çalışan ve VHF/UHF terminalleri tarafından desteklenen sayısal depola gönder iletişim sistemi,
- BİLTEN tarafından yeni teknolojilerin geliştirilmesi amacı ile üretilen görev yüklerinden; yörüngede alınan görüntüleri JPEG2000 formatında sıkıştırılan sayısal işlem kartı GEZGİN ile bilimsel amaçlarla kullanılan düşük çözünürlüklü (100m) dokuz bantlı ÇOBAN olarak adlandırılan kamera,
- BİLTEN mühendislerinin de katkısıyla alt yüklenici İngiliz SSTL firması tarafından üretilen; yörünge düzeltmekte kullanılan bütan gazlı itki sistemi ile jiroskop temelli yön bulum sistemi bulunmaktadır.
- BİLSAT Uydusu, Afet izleme Takım uyduları (Disaster Monitoring Constellation) ile beraber işletilerek bir yerin her gün görüntülenmesi mümkün olacak ve afet durumlarında, afet alam görüntüleri ücretsiz olarak kurtarma ekiplerine ulaştıracaktır.

BÖLÜM 4. UYDULARIN SAVUNMA MAKSATLI KULLANIMI

4.1. Giriş

1958 yılında ABD'nin uzaya ilk askeri uyduyu fırlatması ve Sovyetler Birliği'nin de bunu izleyen çalışmaları uzayın sivil amaçların yanında savunma amaçlı da etkinlikle kullanılmasına başlangıç teşkil etmiştir. Kısa zaman içerisinde elde edilen nükleer gelişmelere paralel olarak uzay ve uydu çalışmaları, sivil sektörden ziyade savunma amaçları gerçekleştirmek için yapılır olmuş ve karşılıklı rekabet sebebiyle hızlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Bugün uzayda mevcut uyduların yaklaşık %70'i askeri amaçlara yönelik uydulardır [15].

4.2. Uyduların Savunma Amaçlı Kullanımı

Uydularının askeri maksatlı kullanımının ilk uygulamaları, Amerika'nın öncülüğünde, çekilen fotoğrafların bir kapsül içerisinde uydudan yeryüzüne fırlatılmasıyla başlamıştır. Günümüzde ABD'nin Keyhole (KH) programına ait uydularla elde edilen görüntülerin çözünürlükleri, 10 cm' ye kadar düşürülmüştür. Keşif ve gözlem uydularında yeryüzünden detaylı bilgi elde edebilmek için optik ve kızılötesi algılayıcılar ile mikrodalga radarları kullanılmaktadır. Şekil-4.1'de havaalanındaki uçakların değişik çözünürlükte elde edilmiş görüntüleri gösterilmektedir.



1 metreden

5 metreden

25 metreden

Şekil 4.1. Uydudan alınmış çözünürlük örnekleri

4.3. Askeri Amaçlı Uyduların Önemi

Askeri amaçlı uyduların detay ayırma güçleri, bilimsel araştırma uydularından çok daha güçlüdür (yaklaşık 50 cm.). Şu anda araştırma uydularının detay ayırma gücünün yaklaşık 10 m. olduğu göz önüne alınacak olursa, askeri amaçlı uydulardan elde edilen bilgilerin önemi açıkça ortaya çıkmaktadır. 1987 yılında imzalanan Uluslararası Uzay Antlaşması gereği, tüm ülkelerin yapacakları uzay atışlarını Birleşmiş Milletlere bildirmek zorunda olmalarından dolayı uydu fırlatma çalışmaları hakkında bilgi sahibi olunabilmekte ise de çalışmaların sonuçları ve verileri hakkında ayrıntılı açıklamaların çoğu kez yapılmaması nedeniyle, son yıllarda dünya çapında esen barış havası, yinede dünyanın geleceği ile ilgili kuşkuları arttırıcı birtakım düşüncelerin doğmasına yol açmayı önleyememektedir.

Artık bugün için yeryüzünde devam eden ya da doğabilecek savaşların, gelecekte bir uydu savaşı niteliğine dönüştüğünü söylemek yanlış bir şey olmayacaktır. Yakın geçmişte yaşadığımız ve İngiltere ile Arjantin arasında cereyan eden Falkland savaşı ile Körfez savaşı veya Bosna-Hersek'te halen uygulanmakta olan Barışı Destekleme Harekâtı bunun en canlı örnekleridir. Böylece artık uydular silahlı kuvvetler için bir ileri gözetleyici görevi üstlenmişlerdir. Gerçekte de savaş komuta merkezlerinin yakın bir gelecekte uzayda görev yapacağına kesinleşmiş bir gözle bakılmaktadır.

Uzaktan algılamanın askeri alandaki gelişmeleri incelendiğinde ise konuya yüksek düzeyde bir iyimserlikle bakılamayacağı açıkça görülmektedir. Sonuçta iyimserliği

sınırlayıcı bu etkenler; gizlilik, güçlü ülkelerin tekeli, pahalı olmaları şeklinde sıralanabilir.

Askeri sistemlerin haberleşmedeki öncelikleri sivil sistemlerin önceliklerinden farklıdır. Hiyerarşi yapısı farklıdır. Dolayısıyla, genel yapıları aynı olsa ve belirgin bir değişiklik göstermeseler dahi, farklı bir grup oluştururlar. İhtiyaçların farklılığı nedeniyle sivil sistemlerde güvenlik her kullanıcı için aynı olmasına rağmen, askeri sistemlerde güvenlik ana ve esas unsur olarak ortaya çıkar. Bunun yanında, değişik hizmetlere ihtiyaç duyulur. Maliyet-etkinlik açısından sivil (ticari) sistemler ile ortak noktalar arzu edilmektedir.

Askeri sistemler genellikle karasal sistemlerdir. Kabul edilen askeri ihtiyaçlar gerekli ve aynı zamanda maliyeti yüksektir. Bu yöntemde, askeri gerekçe ve nedenler genellikle harekât ihtiyaçları olarak özetlenir. İhtiyaçlar genellikle güvenlik ve beka üzerinde odaklanmıştır. Karasal sistemler devlet sektöründeki stratejik sistemlerden en üst seviyede yararlanırlar ve bunlara entegre olurlar. Askeri sistemlerin hareket halinde olması amaçlandığı için, askeri sistemlerin en önemli özelliği mobil veya en azından taşınabilir olmasıdır. Askeri sistemler yeryüzü şekilleri ile birlikte, uzaydan da en üst seviyede yararlanırlar. Bu kapsamda, telsiz sistemleri, radyo-link, troposferik ve uydu sistemleri sayılabilir [1].

Kendine özgü bilinen yöntemleri kullanan sabit sistemler, askeri haberleşme altyapısında yer bulurlar. Varolan altyapıyı en üst seviyede kullanarak, her ülke kendisi için bir “haberleşme otoyolu” oluşturmaya çalışmaktadır.

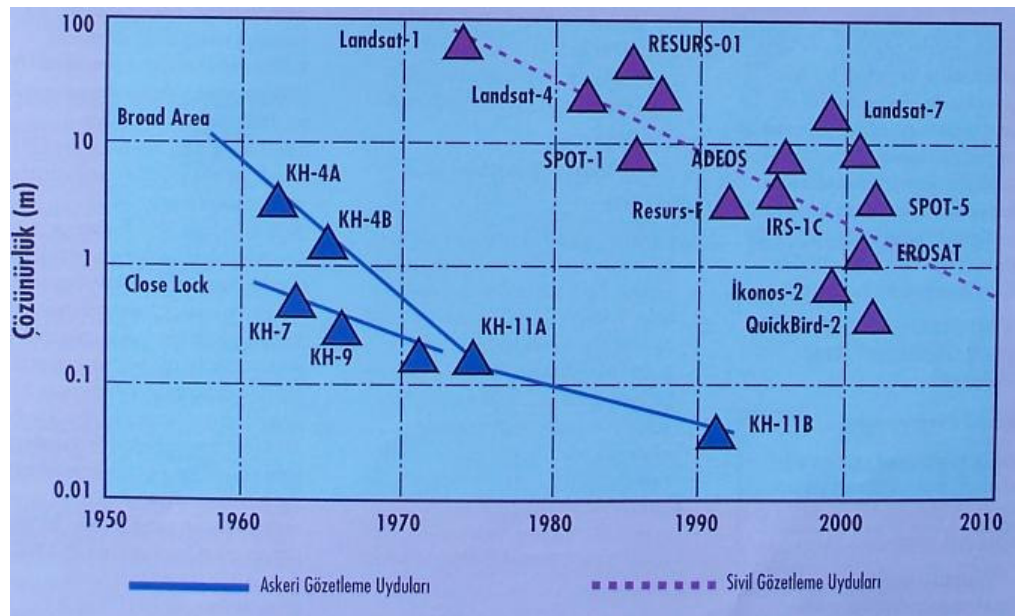
Dünyada haberleşmenin en sadık müşterisi ve itici gücü genelde askeri karasal sistemler olmuştur. Güvenlik ve devamlılık açısından askeri sistemlerin ülke içinden temini esas alınmaktadır. Dolayısıyla, milli üretim teşvik edilmiştir. İthal edildiğinde ise en azından ülke sınırları içerisinde milli firmalar aracılığıyla bakım ve onarımı özellikle aranmaktadır.

Harekât ihtiyaçlarında ortaya çıkan değişiklikler, askeri haberleşmeyi sabit sistemlerden uzaklaştırarak, küçük, yetenekli, esnek ve mümkün olduğunca mobil

sistemlere doğru itmiştir. Böylece, harekât planlanan bölgeye, haberleşme altyapısı götürme zorunluluğundan da kaçınma hedeflenmektedir. Bu sistemler aynı zamanda teknolojiye de köklü değişiklik ihtiyaçlarını beraberinde getirmiştir. Sabit sistemlerden mobil sistemlere geçiş ihtiyacı bir ara çözüm olarak ortaya çıkarmıştır. Gelecekte, taşınabilir sistemlere olan ihtiyacın daha az olacağı değerlendirilmektedir. Hareket halinde kullanılabilmenin ana harekât ihtiyacı olarak ortaya çıkmasından beri, mobil sistemler hizmete girmiştir. Mobil haberleşmenin esas amacı intikal edilen bölgede altyapıdan bağımsız olarak haberleşme sağlamasıdır. Bu amaç, ihtiyaç duyulan hizmetlerin teknolojik olarak “bağımsız” olmasını sağlamıştır.

Uydu muhabere sistemleri, karasal sistemlerle karşılaştırılmayacak kadar büyük alanları kapsar. Karasal sistemler genel olarak yeryüzü şekillerini kullanırken, çok az oranda da atmosferi kullanırlar. Karasal sistemlerin dışındaki sistemler bu nedenle uzay sistemleri olarak adlandırılabilir.

Şekil 4.2'de ki grafikte keşif ve gözetleme uydularının gelişimi gösterilerek askeri ve sivil uygulamalar karşılaştırılmaktadır. Çözünürlük olarak askeri uygulamalar taktik amaçlı nedeniyile sivil uygulamaların oldukça ilerisindedir.



Şekil 4.2. Askeri ve sivil gözetleme uydularının çözünürlüklerinin karşılaştırılması

4.4. Askeri Maksatlı Uyduların Kullanım Sahaları

Dünyada haberleşmenin en sadık müşterisi ve itici gücü genelde askeri sistemlerdir. Artık bugün için yeryüzünde devam eden ya da doğabilecek savaşların, gelecekte bir uydu savaşı niteliğine dönüştüğünü söylemek yanlış bir şey olmayacaktır. Genel olarak uyduların savunma maksatlı kullanıldığı sahalar şunlardır:

4.4.1. Muhabere

Uzay teknolojisinin askeri sahada sağladığı en büyük faydaların başında muhabere ve bilgi aktarımı gelmektedir. Uzayda konuşlu bulunan uydular vasıtasıyla televizyon ve radyo yayınları, telefon, data haberleşmesi ve hızlı internet bağlantısı gibi her türlü bilgi ve sinyal dünyanın istenilen bölgesine zaman farklılığı olmadan aktarılmaktadır [2]. Böylelikle harekâtın icrası ve planlamaları daha seri ve hassas biçimde yapılabilmektedir. Günümüzde uzayda dolaşan uyduların yaklaşık %61'ini haberleşme uyduları oluşturmaktadır [10].

Uydu haberleşme sistemleri SATCOM (Satellite Communication) sistemi olarak isimlendirilmekte olup, uydu haberleşme sistemi alıcı ve verici yer istasyonları ile uydulardan oluşmaktadır [11].

Uzayda oluşturulmuş haberleşme ağının yeryüzüne kurulan haberleşme ağına göre bazı üstünlükleri;

- (a) Uzak ve geniş bölgeler arasında kolay bir iletişim sağlanması,
- (b) Daha az geçiş istasyonu ile tüm dünya ile iletişim kurulabilmesi,
- (c) Uzak bölgelerde olan kullanıcılarla giriş yer istasyonuna gerek duyulmadan doğrudan bağlantı sağlanabilmesidir.

4.4.2. Uzaktan ve çevresel algılama

Uzay sistemlerinin kullanılması ile topoğrafik, hidrografik ve jeolojik haritalar daha doğru ve güvenilir olarak çıkarılabilir, topoğrafik ölçmeler daha hassas yapılabilir [13]. Ayrıca ziraat, ormancılık, su kaynakları ve yeryüzü kaynaklarının araştırılması, deniz kirliliği, petrol atıklarının tespiti, yangınların izlenmesi, doğal afetlerin tespiti ve yaptıkları tahribatlar hakkında bilgi edinilmesi, su kirliliğinin ve buz dağlarının hareketlerini belirleme ve yerin gravitasyonel ve manyetik alanlarının incelenmesi gibi birçok kullanım alanı vardır. Özellikle depremlerin önceden tahminine yönelik çalışmalara bu uydularda sağlanacak gelişmeler büyük rol oynayacaktır.

4.4.3. Uzay ortamından meteorolojik destek

Meteoroloji uydu sistemleri, askeri ve sivil amaçlarla, mevcut hava koşullarını hassas olarak tespit etmek ve gelecekteki hava durumunu önceden ve doğru olarak tahmin edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yeryüzünde kurulu olan meteorolojik sistemlere nazaran atmosfer ve dünyadaki iklim koşullarını detaylı olarak inceleyebilecek hassas algılayıcılara sahip bu uydular çok daha isabetli sonuçlar verebilmektedir [22].

Savunma bakımından stratejik ve taktik hava harekâtının planlanmasında, uydu görevlerinin etkin olarak yerine getirilmesinde, üst ve alt atmosfer katmanlarına ilişkin bilgilerin elde edilmesinde ve yüksek frekans telsiz muhaberesinde İyonesferin durumuna ilişkin bilgilerin elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca meteoroloji uyduları bir füzenin rotasındaki hava durumunu bildirerek füzenin doğru olarak yönlendirilmesini de katkıda bulunmaktadır.

4.4.4. Seyrüsefer yardımı

Tarih öncesi zamanlardan beri insanlar nerede olduklarını ve hangi yöne gittiklerini belirlemeye çalışmışlardır. Günümüzde ise yer tespiti ve yön tayini için takım uydu sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, ABD ordusunun kullanıma sunduğu GPS, Rusya'nın geliştirdiği GLONASS ve Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) geliştirmeye

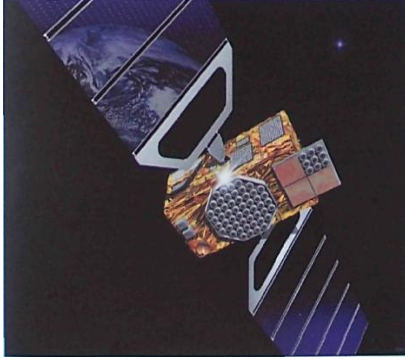
başladığı GALILEO sistemleridir. GPS sivil amaçlı olarak kullanılan yegâne sistem olarak kendisini kabul ettirmiş, GLONASS ise hiçbir zaman GPS sistemine rakip olacak şekilde sivil amaçlı olarak kullanılmamıştır.

a. Küresel Yer Belirleme Sistemi (GPS)

GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi) Sistemi konum ve hız bilgisini doğru, sürekli, küresel ve üç boyutlu olarak uygun almanya donanımına sahip kullanıcılara sunmaktadır [2]. GPS ayrıca bir çeşit UTC (Universal Time Coordinated) zaman bilgisini de sağlamaktadır. GPS Sistemi uzay bölümü, denetim bölümü ve kullanıcı bölümü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Uzay bölümü dünya yüzeyinden yaklaşık 20.000 Km. yükseklikte 6 yörüngede, her birinde 4 adet olmak üzere 24 adet uydudan oluşmaktadır. Her uydu 24 saatte dünya etrafında 2 tur atmaktadır [19].

GPS sınırsız sayıda kullanıcıya hizmet verebilir. Bu sistem ile seyrüsefer yapan hava ve sath vasıtaları 130 m ye kadar hata ile rotalarını takip edebilmektedirler [2]. Askeri amaçlı kullanımlarda ise alıcılar ek olarak kriptu devreleri kullanabilmektedirler ve hata payı üç boyutta 10 m civarındadır.

Askeri amaçla geliştirilmiş olan GPS sistemleri, sadece ABD tarafından imal edilip işletilmektedir. Halen hizmette olan iki servisten biri olan PPS (Precise Positioning Service) ABD ve diğer askeri müttefiklerine hizmet vermekte ve ikili anlaşmalar çerçevesinde kontrollü olarak satılan bu uydu bilgilerini NATO üyesi olarak Türkiye de kullanabilmektedir. Diğer servis SPP (Standart Positioning Service) olup sivil sektöre hizmet vermektedir.



Şekil 4.3. GPS Uydusu



Şekil 4.4. GPS Uyduları

Askeri amaçlı GPS uyduları; hava araçlarının seyrüseferi, hedef bulma, füze güdümü, kurtarma, uzaktan kumandalı araç ve nükleer kirlenme tespiti gibi alanlarda hizmet vermektedir [10]. Irak savaşında Kara Kuvvetlerinin 100.000 in üzerinde Hassas Hafif Ağırlıklı GPS Alıcısı mevcut olup, dokuz kişilik bir manga başına en az bir alıcı kullanılmıştır.

b. GLONASS sistemi

Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS); Rusya Federasyonu tarafından desteklenen bir takım uydu sistemidir. Bu sistem, üç yörünge düzlemindeki toplam 24 uydudan oluşmaktadır. Her bir uydunun ömrü 3 ile 5 yıl arasında değişmektedir. GLONASS sistemi, temel prensip ve metotlar olarak GPS sistemi ile çok benzer bir yapıda ve konum hassasiyetine çok yakın değerdedir. Sistemin kontrol merkezleri eski Sovyetler Birliği sınırları içerisinde yer almaktadır.

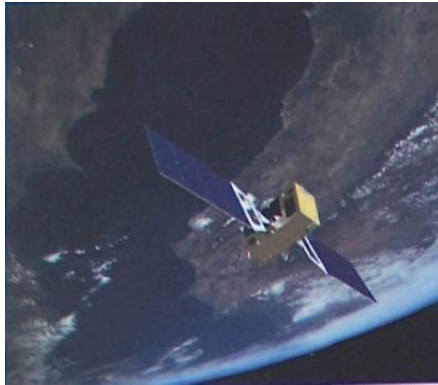
c. GALILEO sistemi

GALILEO, Amerikan GPS sistemine gerçek bir alternatif teşkil edecek şekilde tasarlanmıştır. GALILEO, askeri amaçlı olarak dizayn edilen GPS sisteminin aksine sivil amaçlı olarak kullanılmak üzere AB ve (European Space Agency (ESA) tarafından yürütülen bir proje olup, 30 adet uydu ve yer istasyonlarından oluşan bir sistemdir (Şekil-4.5 ve Şekil-4.6).

GALILEO, GPS sisteminin aksine daha geniş ve farklı alanlarda ve daha geniş bir sahada kullanım imkânı sağlayacaktır. Her iki sisteme ait altyapının koordineli bir şekilde kullanımı, aynı alıcı ile her iki sistemden faydalanılacak olması nedeniyle doğruluk ve emniyet bakımından gerçek bir avantaj sağlayacak, kullanıcılar birbirinden bağımsız iki sistemden birisinin gayri faal olması durumunda diğer sistemin faal olması nedeniyle önemli bir avantaj sağlayacaktır. GPS ve GLONASS sistemleriyle birlikte çalışabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Bir kullanıcı bu uydu sistemlerinin uydularının herhangi birisinden, herhangi bir kombinasyonda pozisyon bilgisi alabilecektir. GALILEO sisteminin pozisyon bilgisi metre seviyesinde bir hassasiyete sahip olacaktır. Bu özelliğiyle güvenliğin önemli olduğu alanlarda özellikle kullanılması beklenmektedir. GALILEO, GPS sistemi tarafından tam kapsama mayan 75^Q kuzey enlemlerine kadar servis verebilecektir.

Deneme amaçlı ilk uydu, ESA' nın yaptığı sözleşmeler kapsamında geliştirilen kritik teknolojileri denemek amacıyla 2005 yılının ikinci yansında fırlatılmıştır. Bu aşamadan sonra 2006 yılı sonuna kadar tamamen 4 adet operasyonel uydunun fırlatılması planlanmakta, 2008 yılında ise sistemin tamamlanacağı düşünülmektedir.

Kurulacak GALILEO uydu sisteminde, 23616 km yükseklikte 56° eğimli yörünge düzlemlerinde 27 operasyonel ve 3 yedek olmak üzere toplam 30 uydu bulunacaktır.



Şekil 4.5. GALİLEO Uydusu



Şekil 4.6. GALİLEO Uydular

4.4.5. Keşif ve gözetleme

Keşif ve gözetleme uyduları, üzerlerinde bulunan faydalı yüklere göre değişik görevlerde kullanılabilen, ileri teknoloji ile donatılmış hafif uydulardır. Sahip

oldukları özelliklere göre siyah-beyaz ve renkli fotoğraflar çekebilmekte, Infra-Red kameralar, kızıl ötesi tarayıcılar, mikro dalga radarı ve SAR (Syntetic Aperture Radar) ile 15–30 cm. büyüklüğündeki hedefleri seçebilecek görüntüleri elde edebilmektedirler [15].

Uydu görüntülerinden, uzun vadeli stratejik istihbarat elde edilmesinin yanında, savaş zamanı ihtiyaç duyulan taktik istihbarat bilgileri de elde edilmektedir. Taktik alanda, yüksek çözünürlük kabiliyetli kameralardan elde edilen görüntüleri, kısa sürede kullanıcıya gönderebilen uydular daha verimli olmaktadır. Bu görüntülerin kıymetlendirilmesi sonucunda bilinmeyen hedefler tespit edilmekte, bilinen hedeflerdeki yeni durumlar belirlenmekte, harekât alanında ortaya çıkan ani değişiklikler ortaya çıkarılmaktadır. Bunun yanında, hedeflerin yerleri çok hassas olarak tespit edilerek koordinatları çıkarılmakta, hedefler yer değiştirse bile buldukları koordinatlar hatasız olarak yeniden saptanabilmektedir.

Özellikle askeri amaçlı olarak geliştirilmiş uydular, istihbarat, harita yapımı, erken ikaz, yeraltı nükleer denemelerini belirleme, hava alanları inşaatlarını tespit, büyük çaplı petrol taşımacılığını izleme, uzaya gönderilen uyduların cins ve hareketlerini saptama, atom deniz altılarının hareketlerini ve büyük tankerlerin hassas bölgeye hareketlerini takip etme, füze atımlarını izleme, muhabere elektronik yayınlarını dinleme, radarların ve haberleşme çevrimlerinin frekans ve mevkilerini tespit etme, bunlara ait mobil sistemlerinin hareketlerini izleme ve gerektiğinde bu sistemlere ek uygulama konularında hizmetler vermektedir [10].

Keşif ve gözlem uyduları sistemleri, son derece yüksek ve yeni teknolojiyi gerektiren uydu sistemleri olarak çok geniş kapsam içerisinde değerlendirilebilir. Karşılaşılan değişik kaynaklara göre bu sistemler; Görüntü İstihbaratı Sistemleri, Elektronik İstihbarat Uyduları, Gözetleme Uyduları, Keşif Uyduları ve Casus Uyduları gibi gruplandırmalara tabi tutulmaktadır [12].

Keşif ve gözetleme uyduları, çeşitli teknikler kullanarak dünya üzerindeki istenilen alanın görüntülerini almakta ve bu verileri yeryüzüne indirmektedir. Günümüzde, yeryüzünün görüntülerini almak için elektro* optik ve radar algılayıcı sistemleri kullanılmaktadır.

Elektro-optik algılayıcılar genellikle gündüz, radarlı sistemler ile hem gece hem gündüz bilgi alınabilmektedir. Keşif ve gözetleme uydularında kullanılan görüntüleme sistemi görev yükü olarak adlandırılır. Görev yükünün işlevini yapabilmesi için destek aldığı uydunun diğer bölümleri (güç, sıcaklık kontrolü, yükseklik korunumu, komut alımı, uzölçüm), gövde yapısı olarak tanımlanmakta ve bütün uydularda bulunmaktadır.

Şekil-4.7’de alçak yörüngede dolaşan yüksek çözünürlüklü bir keşif, ihbar ve ikaz uydusu görülmektedir.



Şekil 4.7. Keşif, ihbar ve ikaz uydusu genel görünümü

4.4.6. Balistik füze savunması kapsamında ihbar ikaz uyduları

Gerek atmosfer içinden gerekse atmosfer dışından gelebilecek balistik füze tehdidi, çok kısa bir reaksiyon süresi gerektirmesi nedeniyle, söz konusu tehdidin yeteri kadar önceden tespit edilmesi ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle, ihbar-ikaz uyduları, balistik füze ikazını fırlatılış anından itibaren elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Mutlak sıfırın (-273 0C) üzerinde sıcaklığa sahip her türlü nesne bir IR radyasyon kaynağı olarak ele alınabilir. Bu prensibe dayanarak geliştirilen ihbar-ikaz uydularının balistik füzelere karşı erken ikaz sistemi olarak kullanımı, bugün itibarıyla en etkin olarak ABD ve Rusya tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bu amaçla uzayda bulundurulan uydular, liderlere, ihtimal dahilinde bulunan kıtalararası balistik füzeler dahil olmak üzere muhtemel stratejik faaliyetler hakkında erken ihbar vermektedirler.

Karşı tarafın nükleer saldırıya geçip geçmediğini belirlemek amacıyla da kullanılan bu uydular, balistik füzelerin bıraktıkları alev sütununu kızılötesi algılayıcılarla saptamakta ve 30 dakikalık Erken uyarı sağlayabilmektedir. Ayrıca füzelerin fırlatıldığı ve düşeceği bölgeler bu sistemler sayesinde önceden tespit edilebilmektedirler [15].

Bunun yanında yerde konuşlu PAVE PAWS Radar Sistemleri, fırlatılan Kıtalar Arası Balistik Füzelerin rotasını ve çalıştığı frekansları tespit ederek bu bilgiler üzerinde değişiklikler yapabilmekte ve füzenin hesaplanan yerden çok daha farklı mekanlara düşürülerek imha edilmesi sağlanabilmektedir [21].

4.4.7. Taktik ikaz/taarruz tespiti

Hassas algılayıcı uzay sistemleri ile yer sistemlerinin müşterek kullanılması ile ülke sınırlarına yapılacak taktik taarruzları önceden tespit ederek reaksiyon süresini artırma ve gerekli önlemleri alma faaliyetlerini kapsamaktadır. Geleceğin etkin hava gücü temel olarak erken teşhis ve etkili silah sistemlerine bağlı olacaktır. Bu bağlamda tespit ve teşhisin mümkün olan en uzak mesafelerden yapılması zorunluluğu savunma unsurlarının uzaya taşınmasına neden olmaktadır. Hassas ve güvenilir tespit ve teşhis sağlamak maksadıyla uydulardan erken ihbar uçaklarından ve yerde konuşlandırılmış ihbar sistemlerinden elde edilen bilgiler anında uçak kokpitine ve komuta merkezlerine aktarılarak reaksiyon için gerekli zaman uzatılabilmektedir.

4.4.8. Kombine uydu sistemleri

Bu uydular muhtelif uydu sistemlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Örneğin, bir seyir uydu sisteminde çok sayıda seyir uydusu kullanılır. Ayrıca, farklı maksatlı uydular birbirine entegre edilerek aynı sistem içerisinde de kullanılabilir. Buna bir

örnek; bir istihbarat uydu sistemi içerisinde, bir veya daha çok foto keşif, elektronik hareket ve meteoroloji uydusu bulunabilmesi, aynı sistemin link görevi yapan muhabere uydu sistemleri ile de desteklenebilmesidir. Günümüzde, muhtelif uydu/uydu sistemlerinin birleşiminden oluşan Kombine Uydu sistemlerine en güzel ve canlı örneği oluşturan, kamuoyunda “STAR WARS” (Yıldız Savaşları) olarak bilinen projenin kullandığı uydu sistemleridir. ABD’nin eski SSCB’nin elinde bulunan Kıtalararası Balistik Nükleer Füzelelerinin, fırlatıldığı rampaları terk ettikten kısa bir süre sonra havada imha edilmesini öngören bu proje, 1980’lerin askeri alandaki en önemli çalışmalarından birini oluşturmakta ve büyük ölçüde kombine uydu sistemlerinden faydalanmaktadır. ABD ile eski SSCB arasında zaman zaman sorunlara neden olan bu proje, netice olarak bloklar arası yumuşamanın nedenini de oluşturmuştur. Bazı askeri ve siyasi çevrelerde bu projenin SSCB’nin dağılmasında da etkin bir rol oynadığı iddia edilmektedir. “YILDIZ SAVAŞLARI” olarak adlandırılan projenin en ağırlıklı kısmını ise uydular oluşturmaktadır. Projede haberleşme, izleme/ gözetleme, ihbar/ikaz uyduları ile kinetik enerji silahlarını kullanabilecek uydular yer almaktadır.

a. Elektronik harp uydu sistemleri

Düşmanın tüm muhabere-elektronik yayınlarını dinlemek, radarlarının ve haberleşme çevrimlerinin frekans ve mevkilerini tespit etmek, Seyyar araç/sistemlerinin hareketlerini izlemek ve gerektiğinde bu sistemlere ET (Elektronik Taarruz) uygulamak maksatlarına yönelik olarak kullanılan uydulardır.

Muhabere İstihbaratı (COMINT) ve Elektronik İstihbarat (ELINT) maksatlarıyla kullanılan Elektronik Harp Uyduları, Temel ve Cari İstihbaratın temininde çok önemli rol oynamaktadır. Bu uydularla radar ve telsiz istasyonlarının mevkileri belirlenebilmekte ve aynı zamanda parametreleri (Pals Tekrarlama Frekansı, Pals Genişliği, Tarama Tipi ve Sürati, Modülasyon Tipi vb.) tespit ve kayıt edilerek parmak izleri çıkarılmaktadır. Yerden 500–1500 Km. istifadaki yörüngelerine oturtulan bu uydularla yapılan muhabere dinlemeleri ve tespit edilen silah test komuta sinyalleri sayesinde barıştan savaşa geçiş faaliyetleri kolaylıkla belirlenebilmektedir. ABD, bu uydular vasıtasıyla uyguladığı etkin COMINT

faaliyetleri sayesinde başta eski SSCB ve ÇİN olmak üzere birçok ülkenin müstakbel niyet ve planlarını kolaylıkla izleyebilmiş, askeri teşkilatını ve mevcut güç potansiyelini belirlemiştir. Bu husus, Elektronik Harp Uyduları'nın "Baskından Korunma" konusunda oynadıkları role ilişkin iyi bir örnektir. Uydularla yapılan elektronik keşif konusunda halen tam olarak çözümlenememiş bir çok taktik sorun mevcuttur. Uyduların çok hassas kayıt ve analiz cihazlarına ihtiyaç duymaları, tespit edilen kriptolu sinyallerin deşifre edilebilmesi için bilgisayarların kullanımının ve geniş hacimdeki bilgilerin işleme tutulmasının gerekliliği başlıca sorunlar olarak ortaya çıkmıştır. Bilgisayarlar teknolojisi ve yazılımın son yıllarda elde ettiği hızlı gelişme sayesinde bu sorunların çözümünde önemli aşama kaydedilmiştir.

Elektronik Harp Uyduları, müstakil olarak Elektronik Harp maksatları için kullandıkları gibi, keşif uydu sistemlerinin ve çok maksatlı kombine uydu sistemlerinin bir unsuru olarak da kullanılmaktadır.

b. Meteoroloji ve Yer Bilimi Uydu Sistemleri

Yeryüzünün üzerindeki bulut örtüsü sürekli ve düzenli olarak meteoroloji uyduları tarafından gözetlenmekte ve fotoğrafları çekilmektedir. Hava tahminlerinin yapılmasında faydalanılan bu fotoğraflar, meteoroloji alanındaki pek çok sorunun (Örneğin, Tayfun ve Kasırgaların önceden haber alınması gibi) çözümüne önemli katkılar sağlamaktadır.

Meteoroloji Uydularının klasik meteoroloji istasyonlarına nazaran üstünlükleri; dünyamızın istenen herhangi bir bölgesini gözetleyebilmesi ve oradaki meteorolojik verileri tespit edebilmesidir. Bu hizmet özellikle Okyanuslar üzerindeki kara parçaları üzerinde yaşayan insanlar için önemli bir değer taşımaktadır. Çünkü, atmosferik olayların tespiti veya tahmini için sık sık doğal afetlere sahne olan bu bölgelerin de izlenmesi gerekmektedir. Meteoroloji Uyduları ile ilgili olarak bilim adamlarının yaptıkları çalışmaların hedefi; meteoroloji haritalarını otomatik olarak uzayda kurulacak büyük istasyonlardan, dünyadaki bilgisayarlı meteoroloji merkezlerine aktarabilecek bir sistem kurmak idi. Bilim adamları günümüzde bu hedeflerine çok büyük ölçüde ulaşabilme ve isabetli tahminler ve tehlike uyarıları

yapabilme olanağına kavuşmuşlardır. Meteoroloji ve Yerbilim uydularına yerleştirilen Sismograflar sayesinde deprem, buz dağları ve kopmuş büyük buz parçalarının hareketlerini izlemek mümkündür. Özellikle depremlerin önceden tahminine yönelik olarak bu uydulardaki gelişmelere bel bağlanmıştır.

Taktik çalışmalar içinde bile, Komutanın kararında etkisi olacak hava durumunun doğru olarak tahminini sağlayacak meteoroloji uydularının önemi açıkça ortadadır. Elektronik sistemlere dayanan bu uydular da normal olarak Elektronik Harbin hedefleri arasındadır.

Sivil ve askeri amaçlar açısından meteorolojik bilgi ihtiyacının bazı farklılıkları dikte etmesi, ABD'ni askeri amaçlarla farklı uydu sistemi kullanmaya sevk etmiştir. Çünkü sivil ihtiyaçlar genellikle gelecekteki hava durumu ile, askeri ihtiyaçlar ise yakın zamandaki hava şartları ile ilgilenmektedir. ABD, meteoroloji maksatlı iki adet BLOCK-5025 uydusunu yaklaşık 850 Km. yükseklikteki yörüngeye yerleştirmiştir. Bu uydular dünya etrafında 101 dakikada bir devir yapmakta ve her turda farklı bir yörünge izlemektedir. Böylece günde iki kez tüm dünya taranmakta ve elde edilen bilgiler talep üzerine kara ve denizdeki, küçük mobil alıcılara sahip kullanıcılara aktarılmaktadır. Uydulardan sağlanan optik ve İnfrared görüntüler hemen hemen gerçek zamanlı ve detaylı olarak yere nakledilmekte ve atmosferdeki nem ve sıcaklık infrared radyometreler ile ölçülmektedir.

Askeri bakımdan stratejik ve taktik hava harekâtının planlanmasında, uydu görevlerinin etkin olarak yerine getirilmesinde, üst ve alt atmosfer katmanlarına ilişkin bilgilerin elde edilmesinde ve yüksek frekans telsiz muhaberesinde İyonesferin durumuna ilişkin bilgilerin elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yer Bilimi uyduları yukarıda bahis konusu edilen fonksiyonlarına ilaveten, sivil maksatlı olarak yerin gravitasyonel ve manyetik alanlarının incelenmesinde kullanılmaktadır. Bu bilgiler askeri maksatlara yönelik olarak da, örneğin, CRUISE Füzelerinin kumanda sistemlerine güncel bilgiler sağlanmasında kullanılmaktadır.

Meteoroloji uyduları, KORFEZ Harbinde çok önemli bir rol oynamışlardır. ABD ve Koalisyon Kuvvetleri, savunma meteoroloji uydu programının uzay araçlarından ve sivil meteoroloji uydularından, çabuk değişen meteorolojik şartların

saptanmasında ve yanmakta olan petrol kuyularının durumlarının izlenmesinde faydalanmışlardır. Elde edilen bu bilgiler geniş kapsamlı olarak, taarruz maksatlı görevlerin planlanmasında ve icrasında, rüzgar istikametinin tespitinde, dolayısıyla kullanılması muhtemel kimyasal ajanların potansiyel yayılma yönünün tespitinde, koalisyon kuvvetlerinin kum fırtınaları ve diğer kötü hava koşulları hakkında uyarılmasında yoğun şekilde kullanılmışlardır.

4.4.9. Optik gözlem

En yaygın askeri amaçlı kullanım alanı olan belki de optik gözlem uydularıdır. Dünyanın herhangi bir bölgesinin çekilen görüntüleri anında bir yer istasyonuna ve oradan istenilen merkeze aktarılır. Bu uydular bilinen fotoğraf makinesi gibi ancak ondan çok daha yetenekli optik algılayıcılar taşırlar. Algılayıcıların kızıl ötesi ve mor ötesi dalga boylarında aldıkları görüntüler insan gözünün görmediği bilgileri de içerir. Ancak görüntülerden gerçek istenen anlamlı bilgilerin çıkartılması, bilgisayarlı analiz yanında uzman foto yorumculara da ihtiyaç gösterir. Bu uyduların performansını ölçme için en çok kullanılan parametre geometrik çözünürlük veya ayırım gücüdür (resolution). Ancak değişik tür bilgilerin elde edilmesi için değişik çözünürlük ve dalga boylarına ihtiyaç vardır. Örneğin gemi trafiği ve liman değişikliği için 10-30 metre, gemi türleri ve yüklerinin analizi için 1-5 metre, uçak varlığı ve hava alanı aktivitelerini izlemek için 3-6 metre, uçak türü ve durumunu analiz için 0.25-0.5 metre gibi çözünürlük yeterli iken, kara araçlarının varlığını görmek için 1-2 metre, aracın türünü ve modelini görebilmek içinse 10-20 cm çözünürlük gerekli görülmektedir.

Optik uydularını keşif ve istihbarat açısından kullanımı 1960'lı yıllarda başlamıştır. 1972'den itibaren sivil amaca da açılan optik gözlem uydularında çözünürlük soğuk savaş döneminde 10 metre ile sınırlanırken, bugün ABD'nin ticari uydularında yarım metreye yaklaşmaktadır. Teknolojinin olanak verdiği gizli ABD uydularındaki ise çözünürlük 8-10 cm dolayındadır. Geometrik çözünürlük yanında dalga boyunda ayırım (hyperspectral resolution), yeni geliştirilmekte olan bir teknoloji olup, ilerde uzaydan tanıma yeteneklerini önemli ölçüde geliştirecektir. Bugün değişik

yeteneklerde optik gözlem uyduları üretip fırlatan ülke sayısı ortaklıklarla beraber 20'ye yaklaşmaktadır.

4.4.10. Radar gözlemi

Optik gözlem uyduları yalnız gündüzleri ve yalnız açık havada çalışabilirler. Sentetik açıklıklı radar (SAR) ile donatılmış uydular ise gece ve her türlü hava koşulunda görüntü alabilirler. SAR teknolojisi, optik algılayıcı teknolojisinden daha sonra gelişmiş olmakla çözünürlük açısından henüz aynı düzeye gelmiş sayılmaz. Ülkeler arasında bakıldığında ABD'nin kesin üstünlüğü ve Kanada'nın oldukça gelişmişliği yanında Avrupa'nın bu konuya yeni yeni girmekte olduğu görülür. Optik gözlem konusunda olduğu gibi burada da sivil (açık) ve askeri amaçlı SAR gözlem uydularından söz edilebilir.

4.4.11. Erken uyarı

Bu uyduların amacı bir füze saldırısına karşı erken uyarı vermektir. Özel kızıl ötesi algılayıcılar ve tanıma teknikleriyle, Dünyanın her hangi bir yerinde ateşlenen bir füze saniyeler mertebesinde algılanır, türü tanınır ve rotası hesaplandıktan sonra muhtemel hedefleri saptanır. Böylece aradaki mesafeye göre uçuş süresi boyunca karşı önlemler alınabilir. ABD'nin bu amaçla yürütmekte olduğu SBIRS projesi oldukça ileri aşamada iken Batı Avrupa Silahlanma Grubu WEAG çerçevesinde bir Avrupa sistemi için hazırlık çalışmaları yapılmaktadır.

4.4.12. SIGINT gözlemi (dinleme)

SIGINT (signal intelligence) veya sinyal istihbaratı, iki alt başlık altında ele alınabilir. ELINT (electronic intelligence) veya elektronik istihbarat, düşman radarları ile ilgili bilgi toplarken, COMINT veya iletişim istihbaratı ses ve veri içeren radyo dalgaları trafiğini hedef alır. Uydudan sinyal istihbaratının mümkün olduğu bilinmekle birlikte bu konuda sadece ABD'nin uyduları vardır ve bunlar da çok gizli bir program içinde yürütülmektedir. Avrupa'da konu ancak son 2-3 yıldır gündeme getirilmiştir. Fransa'nın bu amaçla deneysel uydu fırlattığı bilinmekle

birlikte bir Avrupa SIGINT uydusunun işletmeye alınmasının yıllar alacağı tahmin edilebilir.

4.4.13. Uzay silahları

Bunlara çok kısaca değinmek gerekirse, öncelikle yakın gelecekte söz konusu olan, karşıt kuvvetlerin uzay yeteneğini yerden yapılacak işlemlerle bertaraf etme girişimleridir. Örneğin gözlem uydularındaki algılayıcıları belirli şiddet ve süre ile kritik dalga boylarındaki lazerlerle aydınlatmak onları kör etmeye yeterli olur. Haberleşme uyduları için de benzeri teknikler kullanmak veya “jamming” ile etkisizleştirme mümkündür. Bunların bir adım ötesinde ASAT (antisatellite) çalışmaları gelir. Geliştirilecek ASAT uyduları ile bir hedef uyduyu fiziki olarak yerinde imha etmek veya yeterli zararla etkisizleştirmek amaçlanır. ASAT çalışmaları henüz başlamış değildir. Ancak ABD’de ve İsrail’de konuşulmaktadır. Bu arada adı ASAT olmamakla birlikte, arızalı bir uydunun yerinde onarılabilmesi gibi tamamen sivil amaçlarla geliştirilecek bir uzay robotunun ASAT amacıyla kullanılması mümkün ve muhtemeldir. Gerçek uzay silahları denince, uzaya yerleştirilecek, istendiği anda oradan ateşlenebilecek silahlar söz konusudur. Bunlar, değişik başlık taşıyan füzeler, kinetik enerji silahları veya yüksek elektromanyetik enerjili (mikrodalga veya lazer) ışın silahları olabilir ve yer veya uzay hedeflerine tevcih edilebilirler.

4.4.14. İstihbarat sistemleri

İstihbarat sistemleri, genel haberleşme yapı ve çözümleri içerisinde yer almakla birlikte, hem askeri, hem de sivil amaçlı bilgi toplama alanında kullanıldığından ayrı özellikler ve yapılar göstermektedir.

İstihbarat sistemleri, ilk kaynak olarak insanı kullanmıştır. Bilahare, karasal ve uzay sistemleri olarak ihtisaslaşmış ve entegre hale getirilmiştir. Bu kapsamda, istihbarat sistemlerinin bilgi toplama yanında, başkalarının bilgi toplamasını engelleme gibi ayrı bir dalı daha ortaya çıkmıştır.

Karasal sistemler ana unsur olarak insanı kullanan, ancak, bir şebeke içerisinde geliştirilmiş uzaktan dinleme, kestirme gibi sistemleri de entegre eden sistemlerdir. çoğu kez toplanan bilginin mümkünse en az bir kaynaktan daha tespiti amaçlanır. Karasal istihbarat sistemleri günümüzde "saklı teknolojileri" içeren, ülkeler arasında ancak yönetiminin, dinlenilmesinin ve/veya bozulmasının mümkün olduğuna kanaat getirildikten sonra ülke dışına transferine izin verilen sistemlerdir.

Bu kapsamda, eğitilmiş ve istihbarat toplanılacak coğrafi bölgenin özelliklerine göre yetiştirilmiş uzman personel, *DIF* sistemleri, erken ikaz ve uyarı uçakları, insansız hava araçları sayılabilir.

Uydu istihbarat sistemleri, tek başına çalışabildiği gibi, karasal sistemleri de kendi içerisine entegre eden sistemlerdir. Günümüzde insansız hava aracı, erken ikaz ve uyarı uçakları gibi sistemler, uydu istihbarat sistemlerine entegre edilmektedir.

Düşük yörüngede çalışan istihbarat uyduları özel olarak tasarlanmaktadır. Üzerlerinde çalışan sistemler, ilk başlangıçta ilkel optik sistemler iken, günümüzde kullanılan ve gelecekte de kullanılacak olan istihbarat uyduları, her türlü hava koşulunda kullanılabilecek sistemler olacaktır. Bu nedenle Sentetik Açınımli Radar (Synthetic Aperture Radar) teknolojisi planlanmaktadır.

Uydu istihbarat sistemlerinin genel kullanım alanları aşağıda arz edilmiştir:

- Çevre sorunlarının çözümü,
- Arazi kullanma planlaması,
- Haritacılık ve coğrafi bilgi sistemleri,
- İstihbarat,
- Kriz önleme ve yönetme,
- Silahsızlanma kontrolü,
- Verimlilik izleme,

- Askeri sistemler için üç boyutlu data ve hedef yönetimi,
- Tarım,
- Jeoloji,
- Doğal Kaynakların rezerv tespiti,
- Meteoroloji.

4.5. Askeri Uydu Muhabere Sisteminde Beklenen Gelişmeler

1. Birlikte-çalışabilirlik

Gelecekteki uydu sistemleri birbirleriyle gerek doğrudan, gerekse dolaylı olarak birlikte-çalışabilir olacaktır. Muharebe sahasında en önemli sorun birlikte-çalışabilirliktir. Bu nedenle, ya sistemler birbirleriyle temel bant seviyesinde; ya da uç cihazları bazında fiziksel veya elektriksel standart ara yüzler kullanarak birbirleri ile karşılıklı olarak çalışmak durumundadırlar. Bunun yanında, uç cihazları aynı ortamda ve yan yana çalıştıkları zaman da birlikte-çalışabilir olmak zorundadırlar.

2. Entegrasyon

Gelecekteki uydu sistemleri, Açık Sistem Mimarisi (ASM) içerisinde modüler ve bağımsız olarak çalışabilmelidir. Her bir sistem, bir üst sistemin bağımsız modülü olarak davranabilmelidir.

3. Standardizasyon

Gelecekteki uydu sistemleri, aynı uç cihazlarını kullanmasalar bile, gerek uç cihazı bazında, gerekse sistem bazında standart arayüzleri destekleyebilmelidir.

4. Maliyet-Etkinlik

Gelecekteki uydu sistemleri diğer haberleşme sistemleri ile karşılaştırıldığı zaman maliyet-etkin çözümler sunabilmelidir. Kullanıcılar sistemleri en yüksek kapasitede en ucuza kullanabilmelidir. Uç cihazlarından başlayarak servis maliyetlerine kadar haberleşme sistemleri zinciri en ucuz ve en verimli çözümleri sunabilmelidir.

5. Kolay kullanım

a. Haberleşme sistemlerinden insanların beklentileri arttıkça, sistemler de o denli karmaşık olmaya ve kullanım prosedürleri uzamaya başlayacaktır. Diğer bir deyişle, haberleşme servisleri ve kullanım adımları belirli oranda bilgi birikimi ve uzmanlık gerektirmeye başlayacağından, özellikle uç cihazları için (örneğin cep telefonları gibi) herkesin hakim olamayacağı ve belirli uzmanlıklar gerektiren durumlar söz konusu olmaya başlayacaktır.

b. Bu karmaşıklık sonuçta ya kullanıcıların sahip oldukları uç cihazlarının özelliklerinin ancak çok azını kullanabilmesi, ya da kullanmak için özel bir eğitim gerekmesi sonucunu doğuracaktır.

c. Bu karmaşıklığın bir diğer yansıması da uç cihazlarının gittikçe daha pahalı olmasıdır. Bundan ötürü, kullanıcılar çoğu zaman hiçbir zaman ihtiyaç duymayacağı veya kullanmayacağı özellikler için de para ödemek zorunda kalmaktadır.

ç. Bu nedenlerle, haberleşme servis ve cihazlarının kullanımı kolay olmalı ve esas olarak hareket ihtiyacına cevap verecek şekilde tasarlanmalıdır.

d. Karmaşıklık sorununu çözüm için teknolojinin son günlerdeki eğilimi, ses kontrollü sistemlerin kullanılması yönündedir. Diğer bir deyişle, uç cihazları ve sistemler, kullanıcının bir dizi tuşa basması ile değil; kullanıcının vereceği sesli komutlarla fonksiyonlarını yerine getirecektir.

6. Küreselleşme

a. Haberleşme sistemlerinden beklenen en büyük özelliklerden biri de, dünyanın her yerinde herhangi bir kısıtlamaya, engellemeye veya izine bağlı olmaksızın kullanılabilmesidir.

b. Bu kapsamda, dünyanın son on yılına damgasını vuran en büyük gelişmenin küreselleşme olduğu kolaylıkla söylenebilir.

c. Askeri kullanıcılar küreselleşme olgusuna (esas olarak güvenlik nedeniyle) biraz soğuk yaklaşırsa da, küreselleşmeden kaçmanın mümkün olmadığı değerlendirilmektedir. Askeri sistemler, ait olduğu ülkeye özgü olarak tasarlanmaktadır. Bundan ötürü, bu tür sistemler diğer ülkelerin (özellikle hasım ülkelerin) sistemleri tarafından bilinmemeli ve tanınmamalıdır.

ç. Diğer yandan, belki de ilk kez ticari sistemler ileri teknoloji açısından önder olma konumuna geçmektedirler. Bu nedenle;

- Kaynakların paylaşılması ve ortak kullanımı,
- En üst seviyede maliyet-etkinlik,
- Sorunlara dünya çapında çözümler

gibi unsurlar göz önüne alındığında, askeri sistemler dünyadaki gelişmelere paralel olarak küresel sistemlerle birlikte-çalışabilirlik koşullarını oluşturmaya ve bu sistemlerden izole olmamaya çalışmaktadırlar.

d. Küresel haberleşme sistemlerinin ana esasları aşağıda verilmiştir :

- Her bir ülkenin yasalarına, kurallarına ve kendilerine özgü uygulamalarına bağımlılık ortadan kalkmaktadır. Turlayan ve jeostasyonel yörüngedeki uydular

uzaydadır ve ülkelerin bu konuda herhangi bir hükümlerlik hakkı bulunmamaktadır. Bu anlamda, tesisler ve servisler her ülke tarafından kontrol edilemez.

- Kullanıcı potansiyeli açısından (özellikle kişisel kullanıcılar), kullanıcıların çoğu uluslar arası işletmecilerin servislerini kullanmaya başlamışlardır. Bundan ötürü, küreselleşmeye karşı olan ülkelerin seçimi çok basittir : Ya ülkeler küresel sistemlerin bir parçası olacak ve nimetlerinden yararlanmaya çalışacak; ya da küresel sistemleri reddedecek ve vatandaşlarını bu sistemleri kullanmamak konusunda zorlamaya başlayacaktır ki, artık bu çağda hemen hemen imkansız bir iş olacaktır.

- Ülkeler anılan küresel sistemler için kaynaklarından çok büyük harcamalar yapmak zorunda da değildirler. Öyleyse, sorunların büyük bir bölümünü çözen ve zaten varolan altyapıya kolaylıkla sahip veya en önemlisi dahil olabilirler.

- Gerçekte, küresel sistemler varolan sistemlere entegre olarak onları kullandıklarından, bu sistemlere dahil olan ülkeler ayrıca bir “artı değer karı” da elde etmektedirler.

- Varolan sistemleri kullanmak kişisel kullanıcı için aslında vazgeçilmez bir husustur. Böylelikle, ellerinde bulunan uç cihazlarını kullanabilme, her yeni sistem için yeni cihaz alma külfetinden de kurtulurlar. Böylelikle, kaynaklar daha yeni teknolojiler için harcanabilir duruma gelecektir.

- Askeri kullanıcılar küresel sistemler konusunda oldukça tereddütlüdür ve bekle gör politikasını uygulamaktadır. Güvenlik sorunu çözüldüğünde, küresel sistemlerin en büyük kullanıcılarının askeri kullanıcılar olacağı değerlendirilmektedir.

7. Uç cihazları:

Uç cihazları, “interaktif multimedya” özelliklerinin tümünü karşılayacak şekilde ve mobil kullanıma uygun olarak mümkün olduğunca küçük boyutlarda olmalıdır.

8. Küresel kaplama :

Askeri kullanıcılar, dünyanın herhangi bir yerinden haberleşme desteği almayı arzu etmektedir. Yakın geçmişten edinilen deneyimler ışığında, örneğin ABD'nin dünyanın herhangi bir yerindeki yeni başlayan, devam eden, birden fazla tarafın katıldığı ve çoğunlukla bölgesel çatışmalara müdahale edeceği açıktır. Özellikle merkezden veya ana karadan uzakta bulunan savaşçıların güvenebileceği tek haberleşme aracı, bu durumda uydu haberleşmesi olmaktadır. Bu durum, daha çatışma aşamasına bile gelinmeden, eğitimden savaşa kadar uzanan, coğrafya olarak çok geniş kapsamlı, askeri güç olarak da çok fazla birimin dahil olduğu çok geniş bir yelpazenin ayrıntılı bir resmidir.

9. Garantili erişim :

Askeri kullanıcılar komuta ve kontrolün istendiği seviyede gerçekleşmesi ve hareket anında gerekli istihbaratın sağlanması için uydu haberleşmesi servislerine mutlaka (garantili) erişmek isterler. Bu nedenle, kullanıcılar ihtiyaç duydukları anda, hareketin veya görevin süresi boyunca bu servislerin her an hazır olması gerekir. Uydu haberleşme servislerine garantili ve gerçek zamanlı erişim, hasımın harekete geçmesinden önce, askeri kullanıcıların kendilerine verilen emirleri yerine getirebilmek için gerekli hazırlık zamanını bulabilme ve istihbarat toplayarak harekete geçebilmesi için önemlidir.

10. Esneklik

a. Askeri kullanıcılar, hareket ortamının değişken ve dinamik yapısına uygun olarak, uydu ve karasal haberleşme sistemlerinin sağladığı bütün imkanlara uyum sağlamak ve onlardan mümkün olan en üst seviyede yararlanmak isterler. Bu nedenle, uydu sistemlerinin her biriminin ve kesiminin esnek bir yapıda olması gereklidir. Uydunun yörünge pozisyonunun değişmesi, uydu yer terminallerinin mobil olması, frekans seçimi ve uzay kesimi kaynaklarının tahsisi, uydu işletmecisinin hızlı değişen hareket ortamı, tehdit ve coğrafyadan kaynaklanan ihtiyaçlara hızla uyum sağlamak ve buradan doğan ihtiyaçlara cevap vermek zorunluluğunu da beraberinde getirir.

b. İhtiyaçların sürekli olarak değişmeye ve artmaya devam edeceği, bundan ötürü sistem mimarisinin anılan ihtiyaçlara cevap verebilmek için ilave kapasite ve değişken servis sağlamaya müsait olması gerektiği unutulmamalıdır.

11. Haberleşme uydularından beklenen askeri ihtiyaçlar

a. Basit ve çok bantlı (multiband-UHF, SHF, EHF) uydularla olabilecek bütün haberleşme servislerinin sağlanması,

b. Bütün bantlarda yüksek kapasite, en azından küresel kaplama için (bir veya birkaç uydu ile) 10 Gbps'lik trunk seviyesi uydu otoyolu,

c. En azından uydular arasında (birden fazla uydu söz konusu ise) ve uyduların üzerinde ATM anahtarlama,

ç. Sinyalleşmenin azalması (kapasitenin trafiğe ayrılması, senkronizasyon v.b. sinyalleşme için kullanılmaması),

d. Düzlemsel ve aşamalı dizi gibi, elektriksel olarak optimize edilmiş her bant için yüksek kazançlı anten,

e. Denizaltı terminali gibi “fakir (disadvantaged)” terminaller için “sanal” kaplama sağlayarak 24 saat haberleşme desteği,

f. Uzaydaki yörüngelerinde birbirini görebilen uydular için, uydudan uyduya geçiş imkanı,

g. Kişisel haberleşme sistemleri (PCS) ile birlikte-çalışabilirlik,

h. Karıştırmaya karşı dayanıklılık, anten köreltme, LPI, LPD ve güneş veya nükleer saçınım tehlikesini azaltıcı önlemler gibi bir dizi “askeri” özellikler.

12. Uydu yer terminallerinden beklenen askeri ihtiyaçlar :

- a. Stratejik seviyede, değişken senaryolara göre uyum sağlayabilecek, en azından 10 gbps trafik kapasitesi,
- b. Taktik seviyede, interaktif video ve muharebe alanı simülasyonu gibi yeni ihtiyaçlara cevap verebilecek trafik kapasitesi,
- c. ATM teknolojisini kullanabilen değişken sayısal trafik hızları,
- ç. Kapasitenin haberleşme trafiğine ayrılması, sinyalleşme trafiğinin kapasiteyi azaltmaması,
- d. Muharebe sahasındaki her fonksiyonel alana ve birime kablosuz (telsiz) bağlantı,
- e. Yazılım kontrollü alıcı/vericiler,
- f. Küresel birlikte-çalışabilirlik koşulunu sağlamak amacıyla bütün uluslar arası protokollerin desteklenmesi ve kullanılabilmesi,
- g. Hafif, mobil kullanım,
- h. Çok seviyeli güvenlik,
 - 1. LPI/LPD desteleyen dalga/darbe şekli,
- i. Çok fonksiyonlu, çok bantlı ve kullanılan frekans bandına göre üzerindeki düzlemsel dizi antenlerle elektronik ve otomatik olarak optimizasyon yeteneğine sahip alıcı/vericiler,
- j. Kriptolu hücrel el setleri,
- k. Ses haberleşmesinde sesin tanınması kalitesi.

Yukarıda sıralanan askeri ihtiyaçların karşılanmasında en büyük zorluk uyduya çıkış ve inişten kaynaklanan gecikmedir. Bu sorun, özellikle ses haberleşmesinde olumsuz anlamda baskın ve çok etkilidir. Bundan ötürü, gelişen teknoloji, özellikle ses devrelerinde yankı giderici elemanları kullanmaktadır.

13. Gelecekteki Askeri Uydu Muhabere Sistemi

a. Kontrol kesimi:

Uydu haberleşmesi uplink ve downlink sinyallerini kontrol edecek kontrol kesimi, ATM bazlı olarak, her türlü manipülasyonu yapabilecek yetenekte olmalıdır. Özellikle taktik uydu haberleşmesi için uydu üzerinde anahtarlama kavramı muhtemelen iki ayrı merkez tarafından yerine getirilecektir : Küresel Kontrol Merkezi ve Taktik Kontrol Merkezi.

(1) Küresel kontrol merkezi :

Küresel bir kontrol merkezi uydunun sistem yönetimi, izlenmesi, bakımı ve üst seviyeli şebeke tahsis işlemlerini yürütmekten sorumlu olacaktır. Uydu yüklerinin tahsisi işlemi, uzay kesiminin ihtiyaca göre yeniden tahsisi ve şebekelerin erişim kontrolü, ancak daha önceden belirlenmiş planlara ve yürütülecek harekate göre, uydunun yönetim ve kontrol özellikleri de göz önünde tutularak ve her şebeke ayrı göz önüne alınarak uydu üzerindeki anahtarlama fonksiyonu ile yerine getirilebilir.

(2) Taktik kontrol merkezleri :

Uydu haberleşmesinde taktik kontrol, hâlihazırda kullanılan taktik sabit terminaller aracılığıyla yapılacaktır.

b. Uzay kesimi:

Bilgi teknolojilerindeki inanılmaz gelişmeler, uydu sistemlerinin yapılandırılmasında köklü değişiklikler yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Artık kullanıcılar sadece kendilerine tahsisli bir tek kanal, çok sayıda kanal veya özel amaçlı devrelerden söz edemeyeceklerdir. Bunun yerine, haberleşme servisleri ortak bir havuzda ve istendiği

anda kendilerine (belki önceliklerle) tahsis edilebilecek bant genişlikleri sunacaktır. Kişisel Haberleşme Servisleri (PCS) tek ere kadar inen ve bir dizi tele servislerden oluşan sistemler ortaya çıkarmaktadır. Lojistikçiler en uzaktaki destek ve bakım birimlerine kadar gerçek zamana yakın olarak ulaşabilecek ve muharebe alanının herhangi bir yerinde envanter kontrolü yapabileceklerdir. Müşterek görev kuvvetleri veya birimler arasındaki koordinasyon gerçek zamana yakın olarak yapılabilecektir. İstihbarat istediği alana yoğunlaşabilecek ve birkaç dakika içinde kullanıma hazır hale gelecektir. Tek er, kendisinin çok kolayca anlayabileceği formatta ve açık olarak PCS'ler aracılığıyla ilgili bütün bilgiye ulaşabilecektir.

Gelişmeler uydu sistemlerinde olduğu kadar karasal sistemlerde de olmalıdır. Askeri dünyanın gelecekteki uydu sistemleri hakkındaki vizyonu, kolay kullanılabilir, ancak yetenekli sistemler olması olarak özetlenebilir.

BÖLÜM 5. UYDU HABERLEŞME SİSTEMLERİNİN GELECEĞİ

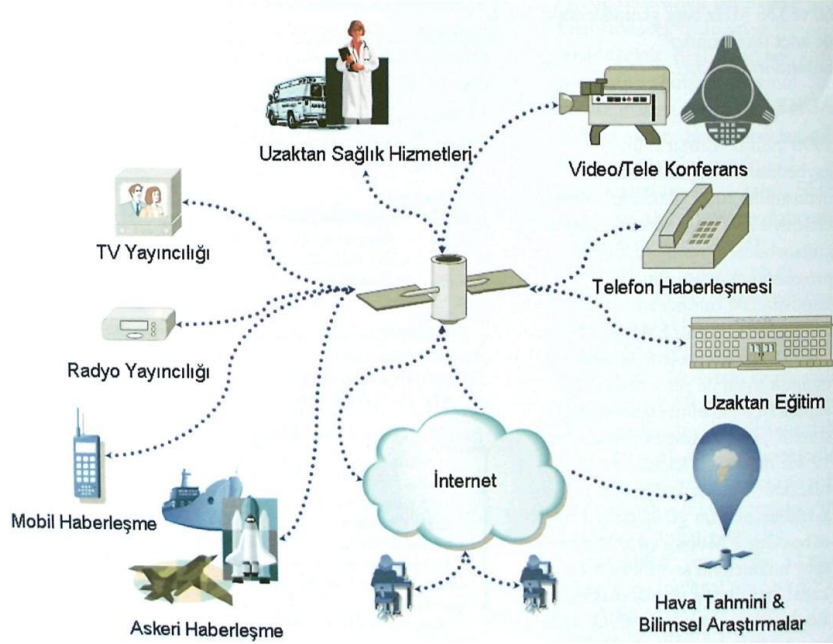
5.1. Giriş

2007 yılı sonuna kadar haberleşme amaçlı olarak yaklaşık 1200 uydunun servis vermesinin beklendiği uydu haberleşme sistemleri, yarattığı 58 milyar dolarlık pazar ile geleceğin haberleşme sistemlerinde önemli bir yere sahiptir.

Özellikle telefon servisleri ile kullanımı yaygınlaşan uydu haberleşme sistemleri, telefon teknolojisinin öncülüğünde artık yeni teknolojilere kucak açmaktadır. Bu teknolojilerin en yeni ve umut veren örneği IP tabanlı çoklu ortam uygulamalarının, yüksek hızlı ağ bağlantıları yapısına sahip, yüksek hızlı sayısal sinyal işlemeli uydular üzerinden kullanıma sunumudur. Bu tip yeni nesil uydular sayesinde bireysel ve kurumsal kullanıcılar, 60–80 cm çapındaki küçük uydu antenleri ve sistemlerini kullanarak bireysel ve kurumsal kullanıcılar, 60–80 cm çapındaki küçük uydu antenleri ve sistemlerini kullanarak yüksek hızlı internet bağlantıları kurabileceklerdir. Bütün bunlar yüksek frekans bandı, çoklu spot huzme kapsamı ve uydu üzerinde yüksek hızlı sayısal sinyal işleme sayesinde gerçekleştirilebilir. 2007 yılı sonuna kadar haberleşme amaçlı olarak yaklaşık 1200 uydunun servis vermesinin beklendiği uydu haberleşme sistemleri, yarattığı 58 milyar dolarlık pazar ile geleceğin haberleşme sistemlerinde önemli bir yere sahiptir.

5.2. Uydu Sistemlerinin Geleceği

Bu tip yeni nesil uydular sayesinde bireysel ve kurumsal kullanıcılar, 60–80 cm çapındaki küçük uydu antenleri ve sistemlerini kullanarak yüksek hızlı internet bağlantıları kurabileceklerdir. Bütün bunlar yüksek frekans bandı, çoklu spot huzme kapsamı ve uydu üzerinde yüksek hızlı sayısal sinyal işleme sayesinde gerçekleştirilebilir.

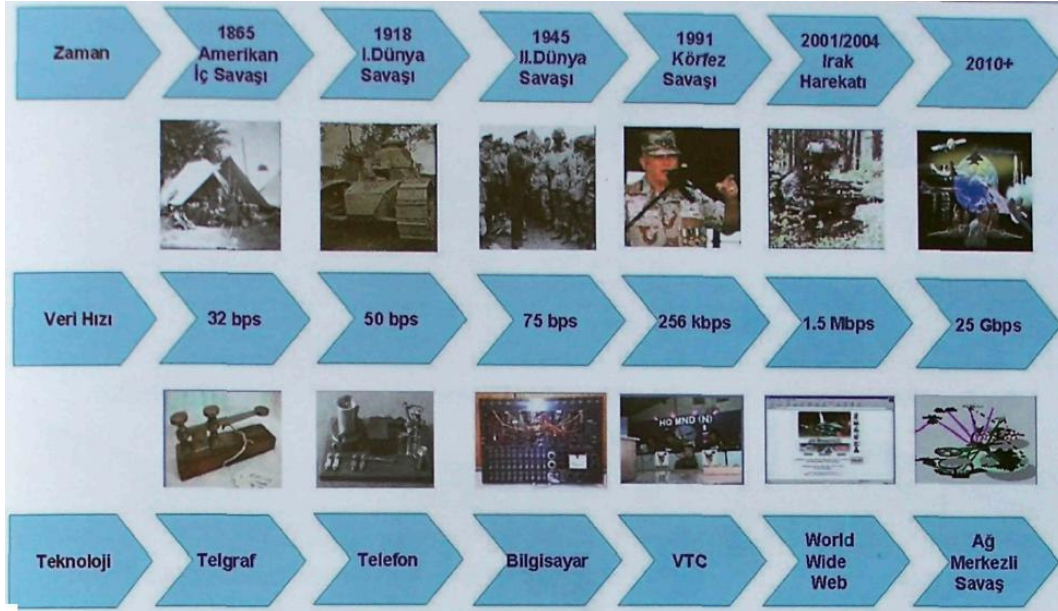


Şekil 5.1. Uydu üzerinden gerçekleştirilebilen uygulamam alanları

Günümüzde, bilgi toplama amaçlı yüksek kaliteli görüntü aktarımı, kullanılan band genişlikleri ve bu bandlarının maliyetlerinin yüksekliği yüzünden oldukça sınırlı kalmaktadır. Yakın zamanda ise band genişliklerinin artması ve yeni teknolojilerin devreye girmesi ile bu sıkıntılar ortadan kalkacaktır. Maliyeti düşük, küçük ve hafif uyduları kullanan takım uydu haberleşme sistemlerinin dünyayı kapsamı sayesinde uydu üzerinden gerçekleştirilebilecek servislerde büyük artışlar olacaktır. Örneğin çölde veya dağlık alanda topladığımız bilginin, uydu telefonunuz üzerinden gerçek zamanlı ve/veya yüksek kalitede gerekli yerlere aktarımı gerçekleştirilebilecektir.

Uydu teknolojilerinin kullanıldığı alanlar Şekil-5.1'de gösterilmiştir. Bu alanların bir kısmı, Telefon Haberleşmesi, Hava Tahmini ve Atmosferik Araştırmalar, TV ve Radyo yayıncılığı, Askeri Haberleşme gibi uzun zamandır kullanılan hizmetler olup diğerleri ise yakın zamanda uygulamaya geçmiş veya geçecek hizmetler olarak resimde yerlerini almaktadır. 1991 yılında Irak'ta gerçekleştirilen Körfez Savaşı, büyük çaptaki taktik bilgilerin ön saflara ulaştırılmasında hızın ve bilgi güvenliğinin ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Yetersiz band genişlikleri yüzünden büyük yer kaplayan hava taktik bilgilerinin dağıtımında sorunlar yaşanmıştır. Bu sıkıntıların aşılması amacıyla

90'ların ortalarında başlayan geniş bantlı uydu sistem programları ile bugün yüksek kapasiteli bilgi aktarımı uydu üzerinden kolaylıkla gerçekleştirilmektedir (Şekil-5.2).



Şekil 5.2. Artan band genişliği ihtiyacı

5.3. Uydu Haberleşme Sistemlerinin Geleceği

Uydu haberleşme sistemleri kullanım ihtiyacı açısından geniş bant, dar bant ve korumalı sistemler olmak üzere 3 alt kategoride tanımlanabilir.

Geniş Band Sistemler: Geniş bant sistemler yüksek kapasiteye önem verirken, istenilen kapasitenin kullanıcıya temin edilmesi temel amaçtır.

Korumak Sistemler: Korumalı sistemlerde, haberleşmenin düşman veya istenmeyen kaynaklar tarafından izinsiz kullanılmasına, performansının düşürülmesine ve kesilmesine karşı koruma, engelleme ve reddetme yetenekleri bulunmaktadır.

Dar Bant Sistemler: Dar bantlı sistemlerin amacı, özellikle mobil kullanıcıların ses ve düşük hızda veri aktarım ihtiyaçlarını sağlamaktır.

Bu üç kategori altında tanımlanan uydu haberleşme sistemlerinin planlı ve dengeli dağılımı sayesinde taktik ihtiyaçları açısından kullanıcıya çok geniş uygulama alanları

sağlanabilir. Bir adım ötesi olarak, uydu haberleşme mimarisinin karasal sistemler ile koordinasyonu ve bağlantısı durumunda, her türlü misyon, hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebilir. Şekil-5.3 ve Şekil-5.4'te günümüz ile gelecekte olması beklenen uydu haberleşme sistemlerinin özellikleri verilmiştir.



Şekil 5.3. Günümüz askeri uydu haberleşme sistem özellikleri



Şekil 5.4. Geleceğin askeri uydu haberleşme sistem özellikleri

5.4. Uydu Üzerinde İşleme

Gelecekte uydu haberleşmesi alanındaki teknolojik gelişmelerin ihtiyaçları karşılayabilmek amacı ile, veri işleme yeteneğine sahip ve yüksek hızlı veri transferleri gerçekleştirebilecek, geniş bantlı faydalı yüklerin tasannu ve üretimi konularında yoğunlaşacağı düşünülmektedir.

Uydu üzerinde işleme tanım olarak, alınan bilginin misyon dahilinde değerlendirilerek gerekli ihtiyacı karşılamak amacı ile işlenmesi ve/veya

yönlendirilmesini kapsar. Bu tanıma uygun olarak uydu üzerinde gerçekleştirilebilen yöntemler sırası ile

- IF ve RF işaret anahtarlamalı haberleşme,
- Destek amaçlı işleme,
- Fazlı dizi anten kontrolü ve huzme şekillendirme,
- Temel bant işleme ve anahtarlamadır.

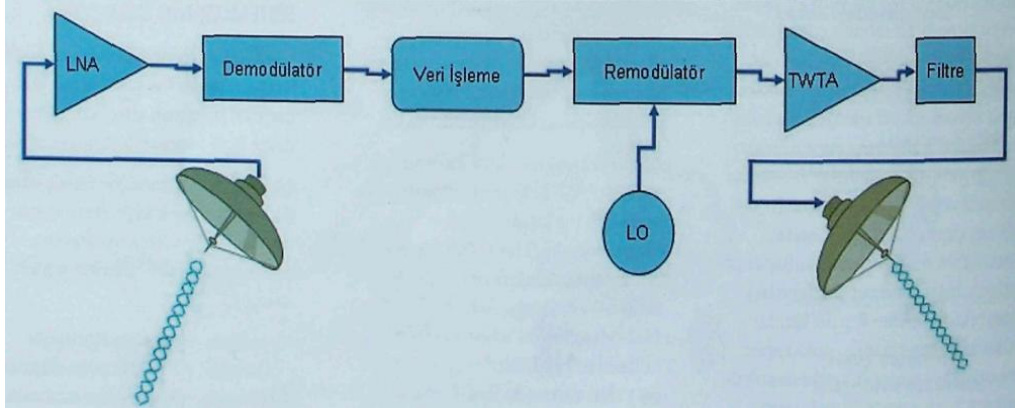
IF ve RF işaret anahtarlamalı haberleşme, en basit ve en az işleme gücü ile gerçekleştirilen tekniktir. Dinamik veya statik olarak kontrol edilebilen elektronik kontrollü bir IF/RF anahtar biriminden oluşmakta ve gelen işaretin IF veya RF kadarında yönlendirilmesini kapsamaktadır.

Destek amaçlı işleme uçuş bilgisayarı üzerinde bulunan uydu veri kanallarının (satellite bus) kontrolünü ve uydunun kontrol, güç yönetimi, uzölçüm ve uzkomuta fonksiyonlarının gerçekleştirilmesi ile ilgilidir.

Bağımsız yönlendirilebilir huzme yapışma sahip fazlı dizi antenlerin misyon planına göre doğru şekilde huzme yönlendirilmesinin kontrolünde işleme tekniği kullanılır. Huzme yönlendirmesi ile her bir yayın elemanının fazının birbirine göre değiştirilerek ayarlanması ile yapılmaktadır.

Son olarak verilen temel bantda işleme ve anahtarlama ise günümüz haberleşme teknolojisinde önemli kriterler olan uydu üzerinde veri işleme ve zenginleştirme yeteneğine sahip, yüksek hızlı veri transferleri gerçekleştirebilecek, geniş bantlı faydalı yükleri kapsamaktadır. Demodülasyon, hata bulma ve düzeltme, anahtarlama, bilgi akış kontrolü ve uyarısı, remodülasyon ve şebeke senkronizasyonu bu tekniğin kullanıldığı durumlarda uydu üzerinde bulunan görev yüklerinde bulunması gereken

birimlerdir. Şekil-5.5' te temel bantda işleme özelliğine sahip bir uydu yapısı gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Uydu üzerinde işlemeli görev yükü blok şeması

Uydu üzerinde temel bant işleme ve anahtarlama yeteneğine sahip uyduların geleneksel tip uydulara göre olan avantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Toplam hata oranı toplam sinyal/gürültü oranıyla

$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T^{-1} = \left(\frac{C}{N_0}\right)_Y^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_A^{-1}$$

belirlenmek yerine yukarı ve aşağı hatların hata oranlarının toplamıyla belirlenir ($BER_T = BER_Y + BER_A$). Böylece yer istasyonu ve uydudaki gerekli EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) değerleri düşürülebilir.

$\left(\frac{C}{N_0}\right)_T$: Toplam Kazanç/Gürültü oranı

$\left(\frac{C}{N_0}\right)_Y$: Yukarı Hat Kazancı/Gürültü oranı

$\left(\frac{C}{N_0}\right)_A$: Aşağı Hat Kazanç/Gürültü Oranı

- Aynı bit hata oranını sağlamak için gerekli Eb/No (Bit Gücü/ Gürültü Oranı) değerleri, uydu üzerinde işleme yeteneğine sahip uydu sistemlerinde daha azdır.

Dolayısı ile daha az güce sahip yer terminalleri ile geleneksel sistemlerle aynı düzeyde performans elde edilebilir.

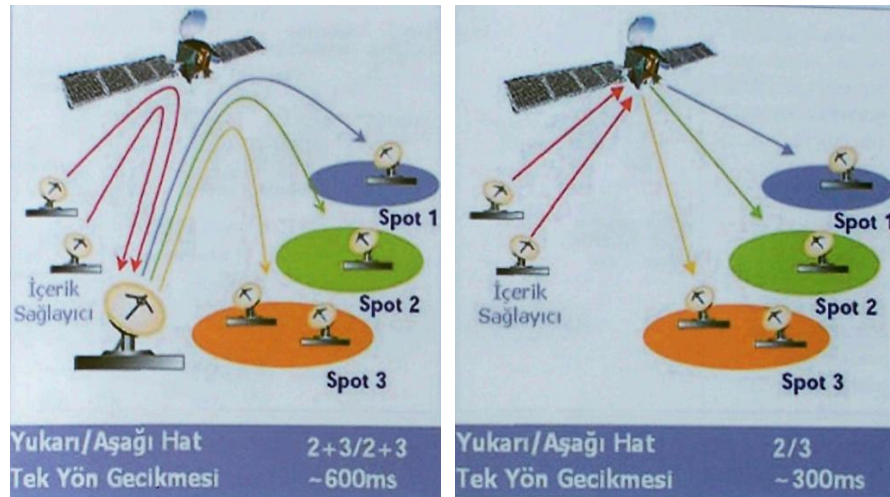
- Uydu üzerindeki işleme yöntemi nedeni ile sistem, iniş ve çıkış hatlarındaki doğrusal olmayan bozulmalardan geleneksel uydulara göre daha az etkilenir.

- Farklı kanallar arasındaki RF etkilenmelerden kaynaklanan uydu üzerindeki çok yönlü girişim engellenmiş olur.

- Alınan veri, temel bant seviyesinde işlendiğinden, okunabilen adres bilgileri sayesinde yönlendirme uyduda gerçekleştirilmiş olur.

- Arada herhangi bir yönlendirici yer istasyonu olmadığından gecikme süreleri geleneksel uydu ağı yapışma göre yarı yarıya azdır.

- Kullanılan bant genişliği geleneksel ağı yapışma göre daha azdır. (Şekil-5.6)



Şekil 5.6. Geleneksel ve uydu üzerinde işlemeli uydu sistemlerinde yönlendirme

5.5. DVB-RCS Teknolojisi

DVB-RCS (Digital Video Broadcasting-Return Channel Via Satellite), herhangi bir karasal altyapıya ihtiyaç duymaksızın uydu üzerinden geniş bantlı ve interaktif servislerin verilebilmesini sağlayan, uydu ağının fiziksel ve erişim kontrol protokollerini

tanımlayan açık bir standarttır. DVB standardı çalışmaları 1993 yılında başlamış ve 2001 yılında DVB2.0 standardı ETSI tarafından onaylanarak yayınlanmıştır. DVB-S standardı ile geniş bantlı yukarı hat, DVB-RCS standardı ile de küçük terminallerin uydu üzerinden dönüş kanalı tanımlanmıştır.

Tekrarlayıcı haberleşme görev yükü üzerinden sayısal etkileşimli televizyon yayıncılığı standardı olarak geliştirilmeye başlanan DVB-RCS standardı, uydu üzerinden İP tabanlı veri ve ses iletimi amacıyla da kullanılmaya başlanmıştır. Tekrarlayıcı ve/veya OBP (On Board Processing) haberleşme görev yükleri ile kullanılabilen bu sistemler, spot huzmeler OBP görev yükü içeren uydular ile kullanıldıklarında, geniş bantlı ağların frekans bandım daha verimli olarak kullanmasını sağlamaktadırlar.

2001 yılında EUTELSAT, bazı uydu işletmecileriyle birlikte SatLabs grubunu kurmuştur. Bu grubun amacı farklı DVB-RCS terminal üreticileri arasında birlikte çalışabilirlik ve uygunluğu sağlamaktır. Gruba üye birçok firma bulunmaktadır ve İP tabanlı geniş bant uydu haberleşmesi için DVB-RCS teknolojisinin kullanılmasını planlamaktadırlar.

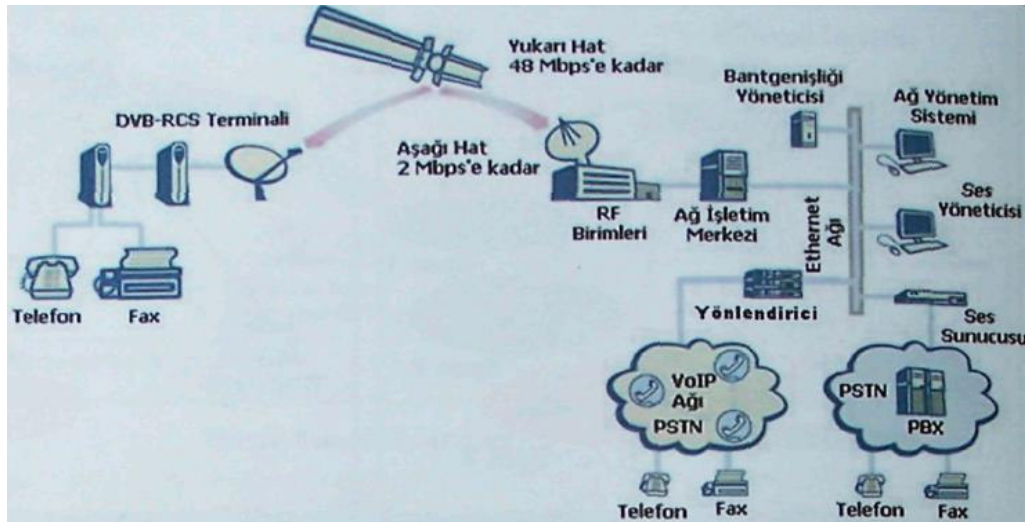
Standartlar sayesinde farklı üreticilerin sistemlerinin tek bir ağ üzerinde çoklu ortam verilerini (ses, görüntü ve İP verisi) iletilebilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır. DVB-RCS standardının oluşturulması, önceden özel sistemler olarak kalan uygulamalardan farklı olarak birçok firmanın rekabet halinde olacağı, uydu endüstrisi ve kullanıcılarına büyük faydalar sağlayacak bir ortam yaratmıştır.

Günümüzde geniş bantlı servisler, fiber optik altyapısı sayesinde gigabayt/terabayt hızlarında verilebilmekte, ancak sadece başkent veya büyük şehirlerde mevcut olan altyapı nedeni ile, bu servislere ulusal veya kıtasal erişim mümkün olmamaktadır. Veri alış yönünde uyduyu, gönderme yönünde ise karasal (PSTN veya ISDN) bağlantıları kullanan sistemler halihazırda kullanılıyor olsa da, sınırlı gönderim hızı ve kompleks yapılan, anılan sistemlerin kullanımlarım zorlaştırmaktadır. Karasal altyapıya ihtiyaç duymadan geniş bantlı, İP tabanlı veri/ses/görüntü servisleri sağlayabilen iki yönlü uydu sistemleri ise ticari olarak her yerde bulunabilmesi ve sistemlerin birbirlerine uyumlulukları sayesinde avantaj sağlamaktadır. DVB-RCS terminalleri (RCST) 10

Mbps'e kadar çıkabilen yukarı hat ve 2 Mbps'e kadar çıkabilen uydudan dönüş kanalı ile geniş bantlı, asimetrik ve 2 yönlü ağlar için en iyi seçim olmaktadır.

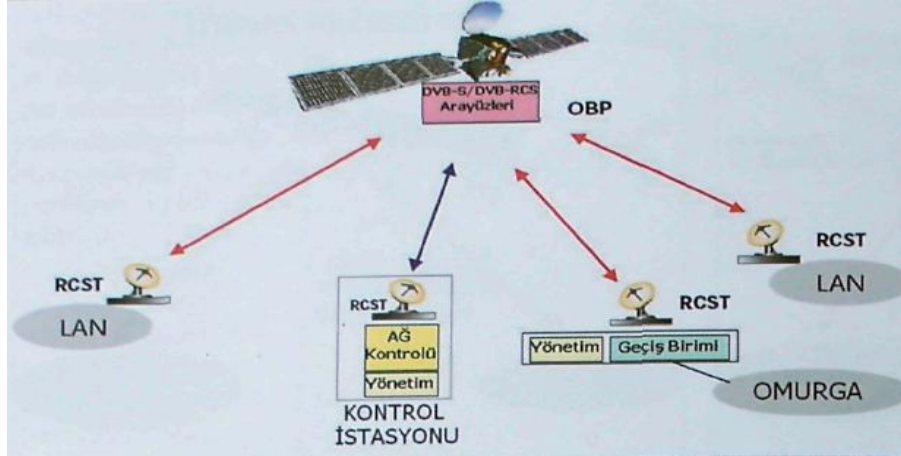
5.5.1. DVB-RCS Terminalleri

Şekil-5.7'de gösterildiği gibi DVB-RCS sistemi ile farklı amaçlara yönelik olarak servis sunan ağlar birbirlerine bağlanarak uzak bir terminalin bu servislerden yararlanması sağlanabilmektedir. Uzak terminali diğer ağlara bağlayan erişim noktasına kullanılan uydu yer terminali (Hub terminali) uyduya 48 Mbps hızında veri gönderebilmekte ve uzak terminalin gönderdiği 2 Mbps hızına kadar çıkabilen veriyi almaktadır. Hub terminalleri 3-5 metreye kadar çaptaki antenleri ve yüksek güçlü yükselteçleri kullanarak yüksek hızdaki veriyi uyduya gönderebilmektedir. Uzak terminaller ise düşük maliyetli ve 0.75-1.2m arasında değişen boyutlarda antenler kullanan uydu yer terminalleri ile ana terminalin gönderdiği yüksek hızdaki veriyi alabilmekte fakat kısıtlı kapasitedeki güçleri nedeniyle uyduya gönderebilecekleri veri miktarı sınırlı olmaktadır.



Şekil 5.7. DVB-RCS terminalleri

Şekil-5.8' deki bütün terminaller aynı özelliktedir, fakat ağla ilgili olarak erişim kontrolü, kaynak yönetimi, sinyal yönlendirme, servis kalitesi gibi hizmetler, kontrol istasyonu tarafından sağlanmaktadır. Uydu üzerinde sinyal işleme yapılmasıyla, özellikle çoklu spot huzmeli uydularda bant genişliği ve sistem kaynakları daha verimli olarak kullanılmaktadır.

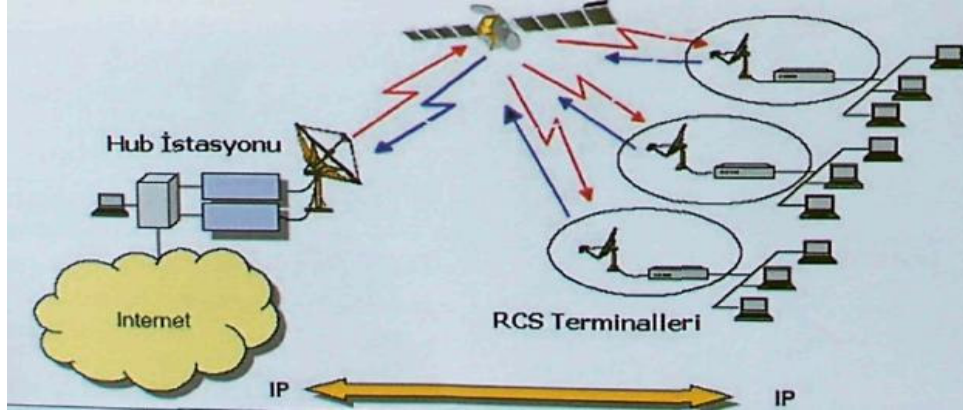


Şekil 5.8. Uydu üzerinde işlemeli uydu ile ağ yapısı

Temel olarak DVB-RCS üzerinden İP veya MPEG ara yüzü olan her türlü servis verilebilir. Bu servislere örnek olarak şunları sıralayabiliriz

- Web sunuculuğu
- IP üzerinden video iletimi (Video Stream over IP)
- Uzaktan eğitim
- Uzaktan sağlık hizmetleri

Şekil-5.9' da RCS terminallerinin internet erişimi gösterilmiştir. Çift yönlü uydu haberleşmesi yapabilen DVB-RCS terminalleri ile uzak noktalardaki bilgisayar ağları ana merkezde kurulu bulunan bir yer istasyonu aracılığı ile hızlı bir internet bağlantısı sağlayabildikleri gibi interaktif TV, VoIP, VTC ve ses haberleşmesi imkânına da sahip olmaktadır.

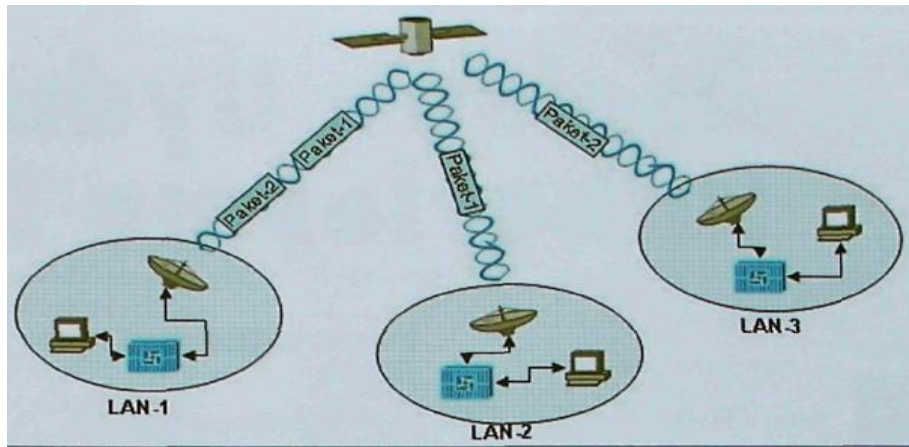


Şekil 5.9. W. DVB-RCS terminalleri ile internet erişimi

5.6. IP İşlemeli Uydu

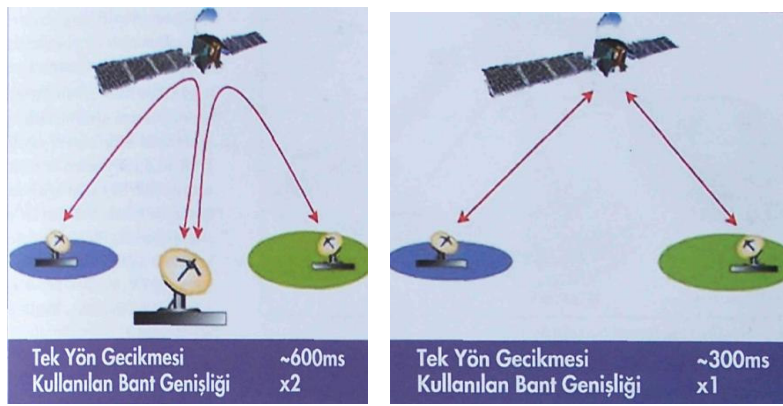
Paket anahtarlamalı haberleşme teknolojisinin doğal bir uzanımı olarak, TCP/IP protokol yapısında uyduya yollanan IP bilgi paketlerinin uydu üzerinde işlenerek (adres bilgilerinin kontrolü ve son kullanıcı adresine göre ilgili anten veya anten dizisine yollanması) yere iletiminin sağlanması, bugün uydu haberleşme teknolojileri üzerine yapılan çalışmaların en uç noktalarında yer almaktadır. Bu teknoloji sayesinde,

- Yukarı hat sinyalleri uydu üzerinde demodüle edilebilecek,
- İP paketleri son kullanıcı adresi hangi yerel ağ veya ağlan içinde ise yönlendirme ilgili ağlara uydu üzerinde yapılabilecek (Şekil-5.10)



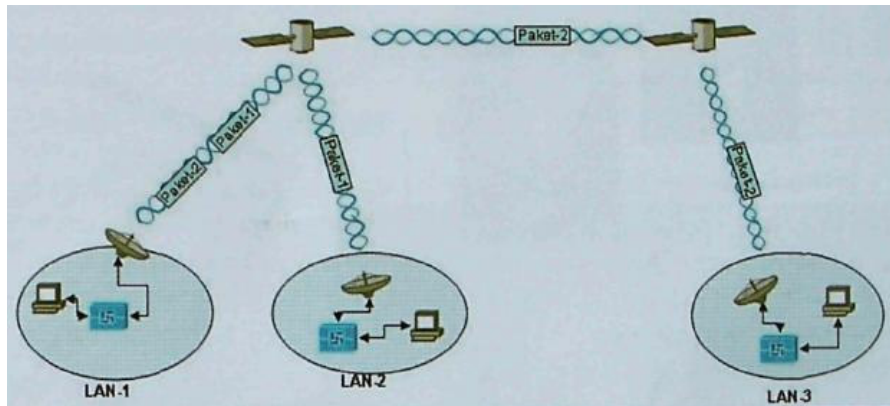
Şekil 5.10. IP işlemeli uydu haberleşme şebeke yapısı

- IP paketleri yeniden modüle edilip, yer terminallerine iletilebilecek,
- Şebekenin ve bilginin güvenliği açısından uydu üzerinde TCP protokol kontrolü yapılabilecek,
- İki yer istasyonu arasındaki haberleşme linkinde oluşan gecikme zamanı düşürülebilecek (Şekil-5.11)



Şekil 5.11. Geleneksel ve uydu üzerinde işlemeli terminal bağlantıları

Uydular arası iletim ile IP paketi çok uzak mesafeler arasında taşınacaktır (Şekil-5.12)



Şekil 5.12. IP işlemeli uydular arası haberleşme şebeke yapısı

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1950 sonrası yıllarda ABD ve SSCB'nin birbiri ile yarıştığı ve askeri amaçlarla kullandığı uzay ortamı; artık tüm insanlığın yararlandığı ve çeşitli sahalardaki hizmetlerin sunulduğu önemli bir faaliyet alanı haline gelmiştir. Bugün siivil ve askeri alanlarda çağın gereklerini ve gelişen teknolojisini yakından izleyen birçok ülke, uzayın sağladığı avantajlardan azami şekilde yararlanmaya çalışmaktadır. Uzay teknolojileri kapsamında uzaktan algılama, haberleşme, komuta kontrol, GPS gibi konularda sağlanan gelişmeler ve edinilen bilgiler ışığında geliştirilen ile sağlık, güvenlik, savunma, doğal kaynak yönetimi, afet yönetimi imalat gibi alanla insanlığa faydalı hizmetler götürülmektedir. Bu kapsamda gelişmiş ülkeler tarafından uzaydan optimum seviyede faydalanmak üzere kaynakların daha verimli kullanılması amacı ile çeşitli milli ve uluslar arası yapılanmalar kurmak sureti ile ortak çalışmalar yapılmaktadır.

Uzaya atılan ve yönetilen uydular sayesinde küresel iletişim artırılmasıyla dünya kaynakları daha verimli kullanılmaya başlanmış olup bilgiye ulaşım kolaylaştırılmış ve bilginin değerlendirilmesi kabiliyetleri arttırılmıştır. Jeopolitik konumu nedeniyle güvenlik açısından dünyanın en hareketli ve kontrolü zor bölgelerinden birinde yer alan ülkemizin son yıllarda giderek artan bir şekilde özellikle sınır ötesi görevler üstlendiği hepimizin dikkatini çekmektedir. Bosna, Kosova, Afganistan bunun en son örneklerini teşkil etmektedir. Türkiye'nin NATO içersindeki aktif konumu nedeniyle ileride de değişen sıklıklarda ve mekanlarda bu tür görevler üstlenmesi olasılık olarak yüksek olacağı öngörülmektedir.

Bu durum çerçevesinde Türk Silahlı Kuvvetlerinin sınır ötesi ve deniz aşırı faaliyetlerinde ses, veri ve görüntü haberleşmesini milli gizlilik içerisinde kendi uydumuz üzerinden sağlaması ülkemiz açısından önem taşımaktadır. Böylece

gerektiğinde diğ er NATO Kuvvetleri ile ortak tatbikat ve harekatlarda mü şterek Haberleş me zemini yaratma olanağı da sağ lanabilecektir.

Teknolojik geliş meler ile kü reselleş me neticesinde, d ünyanın herhangi bir yerinde meydana gelen kriz, o bölgeye coğ rafi olarak irtibatlı olmayan ö lkeleri dahi ilgilendirir ve ö lkelerin milli çıkarlarını etkiler hale getirmiştir. Kriz ve olayların birden fazla ö lkeyi ilgilendirmesi nedeniyle bunlara mü dahale için çok uluslu güvenlik sistemleri ve askeri oluş umlar artmaya başlamıştır.

Bu teknolojik geliş meler aynı zamanda gelecekteki muharebelerin ş eklini de değ iştirerek, ö lkelerin silahlı kuvvetlerinin yapısını da ş ekillendirmiştir. Silahlı Kuvvetler ve onun etkinliğini artıracak komuta kontrol teş kilatı, erken ihbar ve ikaz, EH, geliş miş mühimmat, her türlü hava ş artında hareket imkan ve kabiliyeti gibi sistem ve yeteneklere bir bütün olarak sahip olan birlik ve ü nitelere ihtiyaç göstermiştir. Hedef tespit vasıtaları uzak mesafelerden, hedefi tespit ederek hareket merkezlerine gerçek zamanlı olarak iletecektir. Mü teakiben karar makamları, kısa sürede doğ ru karar vererek, hedefi etkisiz hale getirecek vasıtalara hedefin özelliğini kaybetmeden, bildirebilmeyi ve sonucunu almayı amaçlamıştır.

Muharebe sahasının, uzay ve bilgi sistemlerindeki geliş meler ile birlikte boyutları genişleyerek artmış, etki ve ilgi sahaları buna bağı lı olarak büyümüş tür. Bu durum, icra edilecek muhtemel harekatta komuta ve kontrolün önemini daha da arttırmıştır. Komuta, Kontrol, Muhabere, Bilgisayar, İ stihbarat, Keş if ve Gözetleme (C⁴ISR) faaliyetlerini elde ederek, karar verip s üratle uygun birimlere iletimi sağ layan bir muhabere elektronik ve bilgi sistemlerinin tesis ve idamesi muharebenin kazanılmasında anahtar rol oynamaya başlamıştır.

Muharebe ortamında, elektronik harbe karşı dayanıklı, beka kabiliyeti yüksek, esnek, emniyetli muhabere sistemlerine sahip olmak komuta ve kontrolün devamlılığı açısından önemini devam ettirmektedir.

Modern silah sistemlerinin etkin olarak kullanılması, bu sistemlerin komuta ve kontrol sistemine entegre olması ile mümkün olacaktır. Bu da birbirinin tamamlayan

esnek, devamlılık arz eden, karşılıklı çalışabilir ,uyumlu muhabere sistemleri ile sağlanacaktır.

Silahlı Kuvvetler değişik coğrafya alanlarında farklı görevler icra edecektir. Silahlı Kuvvetlerin farklı görevleri icra edebilecek, kısa sürede kullanılabilir, mobil yapıda olması hedeflenmiştir. Bu birliklerin hem kendi içindeki haberleşmesi hem de komuta hareket merkezi ile uzak mesafeli haberleşmesi ön plandadır. Kısa sürede kurulan, karasal sistemlerden bağımsız ve coğrafyanın olumsuzluklarından etkilenmeyen muhabere sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Muharebe sahasının sayısal hale getirilmesi, halen birçok NATO ülkesinde araştırılan bir girişimdir. Sayısal hale getirme, özel sensör ve silahlarda bilgileri toplayan, depolayan, işleyen, ileten veya kullanan muharebe sahası sistemlerini uygun muhabere ve komuta kontrol sistemleri vasıtaları ile irtibatlamak için tasarlanmıştır.

Muharebe sahasında etkin bir komuta kontrol faaliyeti için; uydular, dalga ve optik iletişim bağlantıları, geniş yelpaze ve düşük dalga formu girişim olasılığı, kriptolama ve yüksek düzeyde emniyet protokollerinin de dahil olduğu bir takım teknolojiler gerekmektedir. Bunun etkisi, muharebe alanının bütün sektörlerinde güvenli yüksek band bilgisi sağlama, sensörden silaha eksiksiz yapıda bağlantı ve ihtiyacı olan tüm birimlere hatta tek bir asker ve silah düzeyinde taktik veri ve istihbarat sağlama kabiliyetini sağlamakla mümkündür.

Komuta kontrol muhabere sistemlerinin, teknolojik gelişmelere açık ve NATO muhabere sistemleri ile uyumlu olması öngörülmüştür. Karasal muhabere sistemleri ile uydu muhabere sistemleri iletim ortamında gerekli altyapıyı oluşturarak birbirine entegre olacak şekilde planlanmaktadır. Muhabere sistemlerinin birbirleri ile uyumlu olabilen hibrid yapıda olması düşünülmektedir. Bu yapıyı gerçekleştirmek için muharebe sahası fonksiyonları, sayısal teknolojiyi kullanmaya başlamıştır. Geleneksel bakır kablo ile birlikte fiber optik kablo ortamı, radyo frekans ortamı ve sonuçta uydu sistemleri ile sağlanan muhabere ortamı, geleceğin sayısal muharebe sahası için, iç içe birlikte kullanılacak şekilde tasarlanmıştır.

Uydu muhabere sistemleri düşük hata oranları ile daha fazla veri depolama imkanı kazanacaktır. İletişim gecikmeleri gibi mahzurları ortadan kalkacaktır. Karıştırmaya karşı akıllı sistemler kullanılarak istenmeyen etkiler asgari düzeye indirilecektir. İlave olarak ileri seviyede band genişliği sağlayan modülasyon ve kodlama teknikleri ile data hızlarının artırılması çalışmaları devam etmektedir.

Gelişmiş ülkeler uydu muhabere sistemlerini diğer uzay sistemleri ile bağlantılı olarak kullanmaktadır. Görüntü seyrüsefer gibi bilgileri kısa sürede kullanarak iletebilmektedirler. Bu esnek kullanım kolaylığı ülkeleri uzay sistemlerine bağımlı kılmaya başlamıştır. Uzay ülkeler için milli hayati öneme sahip olacaktır. Ülkeler bu ortamı korumak, savunmak durumunda kalacaklardır.

Uydu muhabere sistemleri, gerçek zamanlı mevki ve seyrüsefer bilgilerini gerçeğe yakın zamanlı olarak keşif-gözetleme ve düşman mevkiilerinin hareketlerinin ve gücünün bildirilmesini, meteorolojik ve hidrografik bilgilerin aktarılmasını sağlayacaktır.

Askeri maksatlı uydu muhabere sistemleri, yeryüzünde menzili ufuk ötesi ile sınırlı olan geniş bantlı muhabereyi çok daha uzak mesafelere ulaştırabilmekte ve menzil avantajı sağlamıştır. Çok yüksek kapasite ile fazla miktarda kullanıcıya muhabere imkanı sağlamış ve olumsuz doğa koşullarında satıh muhaberesine nazaran çok daha az etkilenmektedir.

Tüm bu avantajlara ilaveten teknolojinin ilerlemesi ile uydu muhaberesinin emniyeti de artmıştır. Kriptolu yayının kullanılması, anti-jamming devrelerinin ilavesi, zaman içerisinde karıştırmaya olan hassasiyetinin azaltılmış olması ve "BURST" transmisyon gibi tekniklerin kullanılması günümüzde uydu muhaberesinin kullanımını askeri açıdan çok cazip hale getirmiştir.

Türk Silahlı Kuvvetleri halen sahip olduğu gücünü geliştirerek uzaya taşımak mecburiyetindedir. Bu maksatla ihtiyacı olan uydu ve uzay sistemlerini belirli bir öncelik sırasına göre temin ve tesis ederek faaliyete geçirmeli ve bu sistemlerin milli

imkan ve kabiliyetlerle imal ve idamesi için gerekli olan teknolojik transferi gerçekleştirmelidir.

Türkiye uzaydan faydalanmayı sadece muhabere uydusu kabiliyeti ile sınırlı tutmayıp, daha geniş bir yaklaşımla uydu kabiliyetleri konusunda hak ettiği yere ulaşmalı, kendi uydusunu ve milli savunma açısından stratejik öneme sahip malzeme ve teknolojiyi kendi üretebilir duruma gelmelidir. Bu kapsamda, TSK ülke savunma görevinin icrasında kara deniz ve hava kuvvetlerinin görevlerini etkinlikle icra edebilmesi için uydulardan yararlanmak maksadıyla gerekli kabiliyeti kazanmak üzere gerekli planlamayı yaparak kuvvet yapısını şekillendirmelidir.

Bu nedenle, tüm uzay faaliyetlerini merkezi olarak icra edecek TSK Uzay Grup Komutanlığı teşkiline yönelik çalışmalar bir an önce başlatılmalı, uydulardan yararlanırken etkin ve ekonomik kullanım imkanı yaratacak şekilde merkezi olarak koordine esasları belirlenerek, kazanılacak uydu kabiliyeti müşterek hareket ihtiyaçlarına yönelik olarak tek elden sevk ve idare edilmelidir. Bu istikamette, atılması gerektiği değerlendirilen adımlarla ilgili teklifler aşağıda sunulmuştur.

Kısa Dönemde

Harekat alanının tamamında her türlü hava şartında keşif, gözetleme, hedef tespit ve teşhisi yapabilecek ve gerçek zamanlı veya gerçek zamana yakın olarak elde edilecek düşmana ait müşterek hareket resminin ihtiyaç makamlarına, kullanıcılara dağıtılması amacıyla birbirini destekleyen uygun yörüngelerde konuşlandırılmış farklı niteliklerde yeterli sayıda keşif uydu sistemine, Müşterek hareketin icrasında; tüm Kuvvetlerle gerekli komuta kontrolü sağlayacak ve taktik seviyede komuta kontrol haberleşme ihtiyacına cevap verecek, İhbar ikaz bilgilerinin, keşif amaçlı görüntülerin, meteoroloji bilgilerinin gerçek zamanlı veya gerçek zamana yakın olarak aktarılmasını sağlayacak, ses, görüntü, veri ve her türlü bilgiyi yüksek hızda ve güvenlikte iletebilecek, mevcut muhabere ve komuta kontrol sistemleri ile entegreli olarak çalışabilecek komuta kontrol amaçlı haberleşme uydu sistemine, Tehdidin kaynağında tespit ve teşhis edilerek, muhtemel etkilerine maruz kalmadan tesirsiz hale getirilmesi maksadıyla, hava vasıtaları ve balistik füzeleri ikaz ve yer

sistemlerine bilgi aktaracak ihbar ikaz uydusuna ve ihbar ikaz ve komuta kontrol merkezi ile gerekli irtibatları sağlayan entegrasyon birimlerine sahip olunmalıdır. Kazanılacak uydu sistemleri kabiliyeti, satıh sitemleri ve mevcut hareket merkezleri ile entegre edilmelidir.

Yakın gelecekte uzaya gönderilmesi planlanan uyduların seçiminde ve üretiminde titiz ve çok yönlü araştırmalar yapılarak, bu uyduların o günün askeri ve sivil koşullarına cevap verecek özelliklere sahip, işletme ve idamesinde ekonomik ve sürekliliği olan, diğer ülkelerin uydularına entegre olabilecek sistemler olması göz önünde bulundurulmalıdır.

Geleceğe yönelik uydu yatırımı planlamalarında, askeri amaçların yanında üniversite, bilim ve sanayi kuruluşlarının da ihtiyaçlarını karşılayacak bilgiler üretebilecek genel amaçlı uydu sistemlerinin oluşturulmasına önem verilmesi suretiyle teknolojik gelişmeler sağlanmasına katkıda bulunulmalı ve bu teknoloji daha gelişmiş milli askeri uydular imalinde kullanılmalıdır.

Uydu sistemlerinin milli imkanlarla işletilmesi, dışa bağımlılığın olabildiğince azaltılması ve böylece elektronik müdahaleler ile kısıtlamaların asgariye indirilmesi amaçlanmalıdır.

Tedarik edilecek sistemlerin kabulünde sürekli geliştirme şartı aranmalıdır.

Özel amaçlı casus uydularının son derece pahalı oluşları ve ömürlerinin kısalığı göz önünde bulundurularak, genel amaçlı uzaktan algılama uydularından askeri amaçlarla da yararlanma yoluna gidilmelidir.

Tüm uzay sistemleri ile ilgili olarak yer istasyonlarının, destekleyici ünite ve terminallerin yapılıp işletilmesi gereklidir.

Uzun Dönemde:

Araştırma-geliştirme faaliyetlerinin sürdürüldüğü yönlendirilmiş enerji ve plazma silahları ile diğer sistemlerinin milli imkanlarla imal edilebilmesi için araştırma/geliştirme safhalarında da gayret sarf edilmelidir.

Stratejik erken ihbar ve füze savunması maksadıyla, erken ihbar ve gözetleme uyduları geliştirilmeli, kısa menzilli lazer sistemleri ile entegre edilerek hava savunması güçlendirilmelidir.

Tüm uzay sistemleri ile ilgili olarak yer istasyonlarının, destekleyici ünite ve terminallerin yapılıp işletilmesi gereklidir.

Meteoroloji uydusunun imali ve kullanıma başlaması sağlanmalıdır. Tüm uydu sistemlerinin imal ve idamesinde yerli teknolojinin yeterliliği hedeflenmeli, her geçen gün yerli katkı artırılmalıdır. Teknoloji ağırlıklı hava-uzay savunma sistem ve silahlarının kendi ihtiyaçlarımız doğrultusunda en verimli kullanımını sağlayacak yazılım kabiliyetine sahip ve hakim olunması sağlanmalıdır.

Müttefik ülkeler ile ikili ilişkiler ve ittifaklar çerçevesinde bilgi alış-verişi sağlanmalı, özellikle istihbarat ve füze erken-ihbar konularında ortak faaliyetler icra edilmelidir.

Gelecekte envantere girecek hava-uzay savunma sistemlerinin birbirleri ile uyumlu faaliyet gösterebilmelerinin yanı sıra, uzun süre alacağı göz önüne alınarak süreci kısaltıcı UA işbirliği olanakları geliştirilmelidir.

Ortadoğu, Kafkaslar ve Balkanlar bölgesinde bir güç merkezi haline gelmeye çalışan Türkiye, çağdaşlaşma yolunda karşılaştığı engelleri süratle aşarak, dünyada hak ettiği yerini alabilmek için TÜRKSAT ile başlayan uzay yolculuğuna devam etmeli ve uydu teknolojisini geliştirme imkanlarını araştırarak kendi uydularını kendi imkanları ile yapmaya çalışmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] TÜRKMEN, C. O. Uydu Sistemleri Genelkurmay Basımevi, s.43, Ankara 2001.
- [2] Space Issues, s.46, Alabama/ABD, Air War Collage, 1998.
- [3] GÜLÇAT Ülgen, “Uzay Araçları ve Uzayın Kullanımı”, Uzay ve Havacılık Araştırmaları, s.7, İstanbul 1992.
- [4] “Orbits”,(Çevrimiçi)<http://www.awc.com/orbits.html>
- [5] “Neden Uydu Teknolojisi”,Teknoloji Güvenlik Dergisi ,y.y, Sayı 2, s.44, İstanbul, Türk Telekom.
- [6] ”ANATOLIA-1 Yörüngesine Oturuyor.”,Teknoloji Güvenlik Dergisi, y.y.,Sayı 4, s.20, İstanbul, Türk Telekom.
- [7] Bilim Dünyası, Discovery Channel, 29 Aralık 2000
- [8] MAHURON Tamar, “Space Almanac 2000”, Airforce Magazine, ABD Hava Kuvvetleri, s.34, Ağustos 2000.
- [9] “What’s Up There”, Air Force Magazine, 2003 Almanac, s.24, Ağustos 2003.
- [10] TÜRKSAT ve Gelişen Türkiye Üzerindeki Önemi, s.15.
- [11] “Sistems”,(Çevrimiçi) <http://wwwwww.satcom.com/htm>,12 Kasım 2001.
- [12] Johnson L.Nicholas, Europe And Asia In Space, Colorado, s.348, Kaman Science Corporation, 1994.
- [13] “Mapping”7 Nisan 1997,(Çevrimiçi) <http://fas.org/Space/mil/html>, 28 Kasım 2001.

- [14] ASELSAN Dergisi Sayı: 62 Temmuz 2001
- [15] GÜL Şebnem, “Uydu İletişim Sistemleri ve İridyum”, Silahlı Kuvvetler Dergisi, s.85 Ankara, 2000.
- [16] “Systems”,(Çevrimiçi) <http://wwwwww.satcom.com/htm>,12 Kasım 2001.
- [18] “Mapping”7 Nisan 1997,(Çevrimiçi) <http://fas.org/space/mil/htm>, 28 Kasım 2001.
- [19] “Sharing Space Secrets With The Civil Sector”, Jane’s Defence Weekly, s.23,. y.y 7 Ekim 1998.
- [20] JOHNSON L.Nicholas, Europe And Asia In Space, Colorado,Kaman Science Corporation, s.348, 1994.
- [21] “Upgraded Early Warning Radar”, (Çevrimiçi) <http://fas.org/space/policy/starwars/htm>, 28 Aralık 2001.

ÖZGEÇMİŞ

1998 yılında girdiği ÖYS sınavında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2002 yılının Haziran ayında aynı bölümden mezun oldu. 2003 yılında Sakarya üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Elektronik Bilim Dalına kayıt yaptırmıştır.