

33743

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK - ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

UYDU-GEZGİN İLETİŞİM YAYILIMININ MODELLENMESİ VE BENZETİMİ

İsmail Hakkı ÇAVDAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
" Doktor "

Unvanı Verilmesi için Kabul edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28. 01. 1994

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 23. 09. 1994

Tezin Danışmanı : Prof. Dr. Hasan DİNCER

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ

Jüri Üyesi : Y. Doç. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Temel SAVAŞKAN

Ocak 1994

TRABZON

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖNSÖZ

İnsanlık tarihi ile ilkel olarak başlayan iletişim tekniği, kimilerine göre içinde bulunduğumuz çağa adını veren ileri ve modern teknolojilere sahip bir aşamaya gelmiştir. Ancak varılan nokta iletişim tasarımcılarına göre yeterli değildir. Sürekli yeni arayışlar, yeni teknik ve yöntemler insanlığın hizmetine sunulmaya çalışılmaktadır. Günümüzün ileri ve modern iletişim teknikleri uydu, optik ve gezgin iletişimdir. Yeni arayışlar bu üç tekniğin ortak ve birarada kullanımıyla yeni servis olanakları yaratmayı amaçlamaktadır. Bu tez çalışmasında bu tekniklerden Uydu-Gezgin İletişim Sistemi üzerinde çalışılmıştır.

Güncel bir konu üzerinde çalışma olanağı sağlayan, çalışmalarına yol gösteren ve tüm aşamalarda yardımcı olan hocam Prof. Dr. Hasan DİNÇER 'e, her fırsatta değerli bilgi ve deneyimlerine başvurduğum hocam Yrd. Doç. Dr. Kemal ERDOĞDU 'ya teşekkür ederim. Şekillerin çizimini gerçekleştiren Tek. Res. Yaşar YAVUZ 'a ve yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen eşim Tek. Neşe ÇAVDAR 'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmanın benden sonraki araştırmacılara ve iletişim sistem tasarımcılarına yararlı olmasını diliyorum.

Ocak 1994

İ. Hakkı ÇAVDAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa no :

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
TABLO LİSTESİ	X
SEMBOL LİSTESİ	XI
KISALTMALAR	XIII

1. GİRİŞ

1.1. GENEL	1
1.2. U-GİS ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR	2
1.3. TEZ ÇALIŞMASININ AMACI VE KAPSAMI	4
1.3.1. AMAÇ	4
1.3.2. KAPSAM	5

2. UYDU-GEZGİN İLETİŞİM SİSTEMİ (U-GİS)

2.1. GİRİŞ	7
2.2. UYDU İLETİŞİM SİSTEMİ	8
2.2.1. EŞKONUMLU UYDU YORUNGESİ	9
2.2.2. MOLNIYA YORUNGESİ	12
2.2.3. UYDU LINK TASARIMI	12
2.3. GEZGİN İLETİŞİM	16
2.3.1. GEZGİN İLETİŞİM TÜRLERİ	17
2.4. UYDU-GEZGİN İLETİŞİM	22
2.5. U-GİS ŞEBEKE YAPISI	24
2.5.1. RADYO-TELEFON SERVİSİ	26
2.5.2. RADYO (TELSİZ) SERVİSİ	27

2.6. U-GİS TEKNİK DONANIMI	29
2.6.1. UZAY SİSTEMİ	29
2.6.2. YER SİSTEMİ	32
2.7. U-GİS LİNK TASARIMI VE KULLANICI KAPASİTESİ	36

3. U-GİS YAYILIM ÖZELLİKLERİ

3.1. GİRİŞ	38
3.2. U-GİS İŞARET BİLEŞENLERİ	38
3.3. DOĞRUDAN BİLEŞEN	39
3.3.1. İYONOSFERİK ETKİLER	40
3.3.1.1. FARADAY DÖNMESİ	40
3.3.2. TROPOFERİK ETKİLER	42
3.3.3. YER ETKİLERİ	43
3.3.3.1. BİNA VE ARAZİ ENGELLEMESİ	43
3.3.3.2. AĞAÇ GÖLGELEMESİ	44
3.4. YERDEN YANSIMIS BİLEŞEN	46
3.5. YAYILMIŞ BİLEŞEN	49
3.6. DİĞER BOZUCU ETKİLER	50
3.6.1. DOPPLER ETKİSİ	50
3.6.2. UYDU EĞRİSELLİĞİ	51
3.7. BAYILMA	53
3.7.1. UZUN SÜRELİ BAYILMA	54
3.7.2. KISA SÜRELİ BAYILMA	56
3.7.3. RAYLEİGH BAYILMA	57
3.7.4. RİÇİAN BAYILMA	61

4. U-GİS YAYILIM MODELİ

4.1. GİRİŞ	63
4.2. DENEYSEL MODELLER	64
4.2.1. BÜYÜK ÖLÇEK - KÜÇÜK ÖLÇEK (BÖ-KÖ) MODELİ...	64
4.2.2. YOL KENARI GÖLGELEMELİ MODEL	66
4.3. İSTATİSTİKSEL MODELLER	67
4.3.1. LOO MODELİ	68
4.3.2. TOPLAM GÖLGELEMELİ MODEL	69

4.4.	GEOMETRİK-ANALİTİK MODELLER	71
4.5.	MEVCUT MODELLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	73
4.6.	BÖLGESEL YAYILIM MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ	74
4.6.1.	GÖLGELEMESİZ AÇIK BÖLGELER	75
4.6.2.	AĞAÇ GÖLGELEMELİ BÖLGELER.....	76
4.6.3.	UYDUYU GÖREMEYEN BÖLGELER	77
4.6.4.	TOPLAM BÖLGESEL YAYILIM MODELİ	78
4.7.	BÖLGE KATSAYILARININ BAYILMA DERİNLİĞİNE ETKİSİ ...	92
5. L-BAND YAYILIM ÖLÇÜMLERİ VE MODEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ		
5.1.	GİRİŞ	94
5.2.	L-BAND ÖLÇÜM DÜZENEGİNİN GELİŞTİRİLMESİ	94
5.2.1.	VERİCİ BİRİMİ.....	95
5.2.2.	GEZGİN BİRİM ANTENİ	95
5.2.3.	GEZGİN BİRİM ALICISI	97
5.2.4.	ÖLÇME BİRİMLERİ	98
5.3.	L-BAND YAYILIM ÖLÇÜMLERİ	100
5.4.	AĞAÇ ZAYIFLATMASININ ÖLÇÜLMESİ	102
5.5.	YAYILIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ.....	112
5.5.1.	K RİCIAN YAYILIM PARAMETRESİNİN ÖLÇÜLMESİ... ..	112
5.5.2.	\bar{K} RAYLEIGH YAYILIM PARAMETRESİNİN ÖLÇÜLMESİ. ..	112
6. U-GİS 'NİN DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNE UYGULANMASI		
6.1.	GİRİŞ	114
6.2.	BÖLGENİN FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ ...	115
6.3.	BÖLGENİN BAYILMA DERİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ	118
6.4.	BÖLGE SİSTEM BAŞARIMININ BELİRLENMESİ	120
6.5.	DEĞERLENDİRME	122
7.	SONUÇLAR	125
8.	ÖNERİLER	128
	KAYNAKLAR	130
	ÖZGEÇMİŞ	139

ÖZET

Uydu-Gezgin İletişim Sistemi (U-GİS) hücresele gibi yersele sistemlere nazaran daha ekonomik bir gezgin iletişim servisi sunmaktadır. Ancak sistemin gerçekleştirilmesinde en önemli sorun, ağaç gölgelemesi ve çok yönlü yayılımdan ötürü büyük bayılma derinliği (F) 'dir. Sistem güç-sınırlı olduğu için F link tasarımında büyük önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, bayılma derinliğini belirleyebilmek için uydu-gezgin yayılımı modellenmiştir. Modelde gölgelemesiz ortamlarda doğrudan dalga ve çok yönlü bileşenlerin toplamı rician, ağaçlıklı ortamlarda gölgelenmiş doğrudan dalga ile çok yönlü bileşenlerin toplamı gölgeli rician ile modellenmiştir. Çok yönlü yayılım ise rayleigh olasılık dağılımı ile modellenmiştir. Toplam modelde bu ayırık modeller bölge katsayıları ile birleştirilmiştir. Model parametrelerini belirlemek amacıyla L-band yayılım ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler bölgede bulunan 14 değişik ağaç türü üzerinde 6 ay boyunca devam etmiş ve ortalama ağaç zayıflatması 11 dB, bölge için rician ve rayleigh yayılım faktörleri 15 dB olarak bulunmuştur. Belirlenen parametrelerle model Doğu Karadeniz Bölgesine uygulanmış bölge için F=26 dB olarak belirlenmiştir.

Bölge için U-GİS link tasarımı yapılmış ve sistem başarımı incelenmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi U-GİS açısından gerek ağaç yoğunluğu gerekse gittikçe artan kentleşme yoğunluğunun büyük olması nedeniyle Türkiye 'nin en büyük bayılma derinliğine sahip bölgesi olarak alınabilir.

Anahtar Kelimeler: Uydu-Gezgin İletişim Sistemi, uydu link tasarımı, ağaç zayıflatması, çok yönlü yayılım, bayılma, bayılma derinliği, yayılım ölçümleri, yayılım modeli.

SUMMARY

MODELING AND SIMULATION OF LAND MOBILE SATELLITE PROPAGATION

Land-Mobile Satellite Systems (LMSS) offer more economical mobile communication services relative to terrestrial radio systems such as cellular and private mobile radio. In realization of mobile satellite communication, the most important problem is occurrence of fading depth (F) due to tree shadowing and multipath propagation effects. As the system is power-limited, F is a very critical factor in link design processes.

In this work, a new approach is introduced to LMSS propagation model in order to determine fading depth. For this purpose, during a period of six months in 1993, L-band propagation measurements were made for 14 different types of trees. The average tree attenuation is found to be 11 dB. On the other hand, rician and rayleigh propagation factors are about 15 dB. Using these measured parameters, a propagation model has been designed and this model has been adapted to Eastern Black Sea Region of Turkey. For this region the probability of the received signal to exceed -26 dB relative to the direct component is found to be 99 %. In this case, fading depth (F) is determined as 26 dB for the region.

Because of high density of trees and increasing urbanization, fading depth is considered to be the highest in Eastern Black Sea Region. As a result, as far as the LMSS is concerned, this region has the worst propagation conditions in Turkey.

Key Words: Land Mobile Satellite System, satellite link design, tree attenuation, multipath propagation, fading, fading depth, propagation measurements, propagation model.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil no:	Şekil adı :	Sayfa no :
1	Radyo iletişimde ileri teknolojiler	7
2	Uydu iletişim sistemi	8
3	Uydu yineleyicisi	9
4	Azimuth geometrisi	11
5	Uydu yükselme açısı	12
6	Eşkonumlu ve molniya uydu yörüngeleri	13
7	Eşkonumlu ve molniya yörüngelerinin kaplama alanları açısından karşılaştırılması	13
8	Dispatching sistemler	18
9	Radyo çağrı sistemleri	18
10	Radyo telefon sistemleri	19
11	Temel hücre yapısı	21
12	Uydu-gezgin iletişim sistemleri (U-GIS)	24
13	Radyo telefon servisi	27
14	Radyo (telsiz) sistemi	28
15	Uydu ışınlarının zaman anahtarlama	30
16	Çok demetli uydu sistemi ile frekansın yeniden kullanılmasına izin veren dört-hücre yapısı	30
17	U-GIS 'de uydu transponderi	31
18	Uydu-Gezgin radyo terminali	34
19	U-GIS fiziksel yayılım modeli	39
20	U-GIS 'de ağaç gölgelemesi	44
21	Yansıtma düzleminde Fresnel bölgeleri	47
22	Bayılma derinliğinin grazing açısıyla değişimi	48
23	Yönsemesiz bir antenle alınan işaretin güç tayfı	51
24	Uydu eğriselliği	52
25	Uzun ve kısa süreli bayılma	55
26	Rastlantısal ortamda saçılmış işaretler	57
27	Saçılmış işaretlerin fazörel toplamı	57
28	U-GIS geometrik-analitik model için yayılım geometrisi	71
29	Gölgelemesiz açık bölgeler için bayılma olasılık dağılımının K faktörü ile değişimi	82
30	Açık bölge K faktörü ile bayılma derinliği ilişkisi	82
31	Ağaçlıklı yollarda değişik μ değerleri için bayılma olasılık dağılımının elde edilmesi	84

32	μ parametresinin bayılma derinliğine etkisi	84
33	Ağaçlıklı yollarda σ 'nın olasılık dağılımına etkisi	85
34	Değişik σ değerleri için bayılma derinliğinin incelenmesi	85
35	Uyduyu göremeyen bölgelerde \bar{K} faktörü ile bayılma olasılık dağılımının değişimi	86
36	Uyduyu göremeyen bölgelerde \bar{K} faktörü ile bayılma derinliği ilişkisi	87
37	Toplam bayılma derinliği	88
38	U-GİS bölgesel yayılım benzetimi	89
39	Belirli bir bölge için yaklaşık yayılım olasılık dağılım modeli	91
40	F'in B_2 ye göre değişimi	93
41	Verici birimi	95
42	Bükülmüş dipol antenin fiziksel yapısı	96
43	Bükülmüş dipol anten yükselme açısı-kazanç ilişkisi	96
44	Gezgin birim ölçme alıcısı	97
45	Kayıt ve veri elde etme sistemi	98
46	Alınan işarette istatistiksel büyüklüklerin elde edilmesi	99
47	Alınan işaretin zamana göre değişimi	100
48	Ağaç zayıflatması ölçümü için birinci yöntem	104
49	Ağaç zayıflatması ölçümü için ikinci yöntem	104
50	Ağaç zayıflatması ölçümü	107
51	Ağaç zayıflatması ölçüm geometrisi	107
52	Ağaç zayıflatmasının aylara göre değişimi	110
53	Ağaç zayıflatmasının yükselme açısıyla değişimi	111
54	Bükülmüş dipol anten	113
55	Ölçme alıcısı	113
56	Euteltracs uydusu servis kaplama alanı	114
57	Bölgenin karayolları haritası	116
58	Enlem parametre alınarak yükselme açısının ΔL 'ye göre değişimi	116
59	Enlem parametre alınarak azimuth açısının ΔL 'ye göre değişimi	117
60	Doğu Karadeniz Bölgesi için bayılma derinliği	119
61	Değişik modülasyonlar için iletişim başarımı	121
62	QPSK modülasyonunda değişik iki anten için sistem başarımı	122
63	Doğu Karadeniz Bölgesinde U-GİS için bayılma derinliği F(dB)	124

TABLO LİSTESİ

Tablo no :	Tablo adı :	Sayfa no :
1	Doğrudan bileşende yayılım etkileri	42
2	Değişik ağaç türleri için $f=869$ MHz zayıflatma değerleri	45
3	GÖ yüzdesine göre b katsayısı	66
4	Değişik P(%) değerleri için x(P), y(P), z(P) değerleri	67
5	B_1 , B_2 ve B_3 katsayılarına göre bayılma derinliğinin belirlenmesi	93
6	Ağaçların değişik aylarda ölçülen zayıflatma katsayıları ($f=1.6$ GHz, $E=30^\circ$)	108
7	Ağaç türlerinin ortalama zayıflatma değerleri ve zayıflatma katsayıları ($f=1.6$ GHz, $E=30^\circ$)	109
8	Aylara göre ağaç zayıflatma katsayısı ve ağaç zayıflatma ortalama değerleri ($f=1.6$ GHz, $E=30^\circ$)	109
9	Bölgedeki illerin enlem ve boylamları	115

SEMBOL LİSTESİ

Az	: Azimuth açısı (derece)
α	: Grazing açısı (derece)
B ₁	: Gölgelemesiz açık bölge katsayısı
B ₂	: Ağaçlıklı bölge katsayısı
B ₃	: Uyduyu göremeyen bölge katsayısı
B _e	: Yerin manyetik alanı (Weber/m ²)
BO	: Geri çekme (back-off) değeri (dB)
β	: Faz kayması (derece)
C/I	: Taşıyıcı-girişim oranı (dB)
C/No	: Taşıyıcı gürültü yoğunluğu oranı (dB-Hz)
C/N	: Taşıyıcı gürültü oranı (dB)
(C/No) _{im}	: Taşıyıcı-intermodülasyon yoğunluğu (dB-Hz)
D	: Anten çapı (metre)
d	: Uydu yüksekliği (metre)
ΔL	: Uydu boylamı ile yer istasyonu boylamı arasındaki fark (derece)
l	: Gölge yol uzunluğu (metre)
E	: Uydu yükselme açısı (derece)
E[.]	: Beklenen değer
Eb/No	: Bit enerjisi gürültü yoğunluğu (dB)
EIRP	: Uydudan yayılan etkin izotropik güç (dBW)
E ₀	: Doğrudan dalga alan şiddeti
F	: Bayılma derinliği (dB)
f _d	: Doppler frekans kayması (Hz)
ϕ	: Faraday dönmesi (derece)
ϕ_y	: Yer istasyonu enlemi (derece)
G	: Anten kazancı (dB)
G/T	: Alıcı kalite faktörü (dB/K)
G(R)	: Alınan işaretin -R dB 'den büyük olma olasılığı
G(F)	: Bayılma derinliğinin F dB 'i aşma olasılığı
I ₀ (.)	: Sıfırdan birinci tür Bessel işlevi
K	: Rician yayılım faktörü (dB)
\bar{K}	: Rayleigh yayılım faktörü (dB)
K _a	: Ağaç zayıflatma katsayısı (dB/m)
k	: Boltzman sabiti (-228.6 dB/K-Hz)
L	: Serbest uzay (yol) kaybı (dB)
L _f	: Besleme kaybı (dB)
L _r	: Yağmur zayıflatması (dB)
λ	: Dalga boyu (metre)
m	: Ortalama değer
μ	: Ağaç zayıflatması ortalama değeri (dB)
N	: Transponder başına etkin taşıyıcı sayısı
N _e	: Birim yüzeydeki elektron miktarı (# elektron/m ²)
n	: Etkin kanal sayısı
n	: Anten verimi

P : Polarizasyon kaybı (dB)
P_e : Bit hata olasılığı
P(r) : Olasılık dağılım işlevi
P_t : Verici gücü (dBW)
P_d : Saçılım katsayısı
p(r) : Olasılık yoğunluk işlevi
P_s : Yeryüzü engebelilik faktörü
R_{çyb} : Çok yollu bileşen
R_{db} : Gölgelememiş doğrudan bileşen
R_{db'} : Gölgelemiş doğrudan bileşen
R_D : Yayılmış bileşen yansımaya katsayısı
R_s : Yansımaya katsayısı
R_{yay} : Yayılmış bileşen
R : İletim hızı (bit/s)
R₀ : Engebesiz yer düzlemi için karmaşık genlik yansımaya katsayısı
r : Rastlantı değişkeni
S : Gölgelemeli yol yüzdesi
S(f) : Enerji spektral yoğunluğu
S_i(t) : Gelen işaret genliği
S_r(t) : Alınan işaret genliği
σ : Ağaç zayıflatması standart sapması (dB)
T : Alıcı gürültü sıcaklığı (K)
θ_u : Uydu boylamı (derece)
θ_y : Yer istasyonu boylamı (derece)
τ : Yayılım gecikmesi (s)
z : Lognormal dağılım rastlantı değişkeni

KISALTMALAR

A/D	: Analog sayısal dönüştürücü
AFY	: Alçak Frekans Yükselteci
AGS	: Alçak Geçiren Süzgeç
AM	: Genlik Modülasyonu
BER	: Bit Error Rate (Bit hata hızı)
BGS	: Band Geçiren Süzgeç
BPSK	: Binary Phase Shift Keying (iki durumlu faz kaydırmalı anahtarlama)
CDMA	: Code Division Multiple Access (Kod paylaşımli çoklamamalı erişim)
CEC	: Commission of the European Communities
CRC	: Communications Research Center, Kanada
CRL	: Communucations Research Laboratory, Japonya
DEPSK	: Differantially Encoded PSK (Farksal kodlanmış PSK)
DEQPSK	: Differantially Encoded QPSK (Farksal kodlanmış QPSK)
DPSK	: Differential PSK (Farksal PSK)
DQPSK	: Differantial QPSK (Farksal QPSK)
DKA	: Düşük Kazançlı Anten
EIRP	: Effective Isotropical Radiated Power
ESA	: European Space Agency, Hollanda
ETS-V	: Engineering Test Satellite - Five, Japonya
FDMA	: Frekans Division Multiple Access (Frekans bölüşümlü çoklamalı erişim)
GSM	: Global System for Mobile Communications
JPL	: Jet Propulsion Laboratory, A.B.D.
LMSS	: Land Mobile Satellite System
LOS	: Line-of-sight (Görüş doğrultusu)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration, A.B.D.
MSK	: Minimum Shift Keying
PM	: Faz modülasyonu
QPSK	: Quadrature Phase Shift Keying (Dört durumlu faz kaydırmalı anahtarlama)
SCPC	: Single Carrier per Channel (Kanal başına tek taşıyıcı)
TCM	: Trellis Code Modulation
TDMA	: Time Division Multiple Access (Zaman bölüşümlü çoklamalı erişim)
TWTA	: Travelling Wave Tube Amplifier (Yürüyen dalgalı tüp yükselteç)
U-GIS	: Uydu-Gezgin iletişim Sistemi
UHF	: Ultra High Frequency
WARC	: World Administration Radio Conference
YİGY	: Yarı iletken Güç Yükselteci
YKA	: Yüksek Kazançlı Anten

1. GİRİŞ

1.1. GENEL

1950 'li yıllarda başlayan uydu aracılığı ile iletişim çalışmaları, 1965 yılında yerle eşkonumlu INTELSAT-I uydusunun yörüngeye yerleştirilmesi ile etkin kullanıma geçmiştir. 1980 'lerin ortalarına kadar geçen yirmi yıllık süre uydunun pratik kullanımı için gelişme süreci olarak sayılabilir. 1990 'larda uydu iletişimi çalışmaları ve uygulamaları; kablolu ya da diğer yersel sistemlerle sağlanamayan veya ekonomik çözüm getirilemeyen uzak ve geniş coğrafik bölge iletişiminde ve birçok üstünlükler sağlayan gezgin radyo iletişimi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Gezgin iletişime duyulan gereksinimin artması bu iletişim servisinde uydu kullanımını gündeme getirmiştir. Mevcut sistemlerle karşılaştırıldığında birçok üstünlükler getiren Uydu-Gezgin İletişim Sistemi (U-GİS) uzak ve geniş bir coğrafik bölge içerisindeki gezgin kullanıcılara iletişim olanağı sağlamak için oldukça uygundur [1-3]. Öte yandan gezgin iletişime olan gereksinimi karşılamak için hücreli iletişim sistemi geliştirilmiştir. Ülkeler arasında hücreli sisteme farklı yaklaşımlar olduğundan tüm Avrupa 'da standartı sağlamak için Pan-European hücreli sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemin diğer bir ismi GSM (Global System for Mobile Communications) 'dir. Ancak bu sistemi tüm Avrupa 'da kurmak ve yerleştirmek oldukça uzun zaman alacaktır. Bu nedenle kurulma zamanı kısa ve kurulma maliyeti daha düşük olan U-GİS başka bir çözüm olmaktadır [4].

U-GİS nin gerçekleştirilebilmesi için birçok teknolojik sorunun çözülmesi gereklidir. Gezgin ve uydu iletişim tekniklerinin her ikisine de ait olan bu sorunlar şöyle sıralanabilir.

- Yayılımda bozucu etkiler; özellikle çok yollu bayılma (fading) ve ağaç gölgelemesi,

- Uydu EIRP (çıkış gücü x anten kazancı) 'inde ve gezgin terminal çıkış güç yükseltecinde güç sınırlaması,

- Uydu transponderinin ve gezgin terminal C sınıfı güç yükseltecinin eğriselliği,

- Gezgin birim hareketliliğinden ötürü doppler frekans kayması,

- Servis için ayrılan L-band genişliğinin dar olması nedeniyle band genişliğinin verimli kullanım zorunluluğu,

Tüm bu sorunlara rağmen, U-GİS üzerinde yoğun çalışmalar yapılmakta, sitemin gerçekleştirilebilmesi için bu sorunlara çözüm getirilmeye çalışılmaktadır. GSM sisteminin tüm Avrupayı kapsaması uzun yıllar alacak ve büyük yatırımlar gerekecektir. Fakat U-GİS çok daha kısa zamanda gerçekleştirilebilir [4]. U-GİS ile GSM 'in birlikte çalışması iletişim verimini artıracaktır.

1.2. U-GİS ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

U-GİS üzerinde yapılan çalışmalar beş ana grup içerisinde toplanabilir. Bu çalışmalar ve ilgili bazı kaynaklar aşağıda verilmiştir.

1. **Sistem tasarımı:** Bu grupta yapılan çalışmalar işletim sistemini, sistem mimarisini ve teknik donanımı belirlemeyi amaçlamaktadır [5, 6].

2. **Yayılım ölçümleri:** Sistemin yayılım karakteristiklerini belirlemek amacıyla UHF ve L bandda yayılım ölçümleri yapılmaktadır. Bu çalışmalar ülkelere göre aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

● **A.B.D.:** NASA, JPL, Universiteler ve çeşitli araştırma kuruluşları tarafından ATS-6 ve MARECS-B2 uyduları ile balonlar, helikopterler kullanılarak yayılım ölçümleri gerçekleştirilmiştir [7-15].

● **Kanada:** CRC tarafından MARECS-A uydusu ile balon, helikopter ve tepeler kullanılarak çeşitli ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sonucunda değişik ortamlar ve yükselme açılarında alınan işaretin genlik ve faz dağılımları elde edilmiştir [16-21].

● **Japonya:** CRL ve üniversiteler tarafından ETS-V uydusu kullanılarak L bandda değişik yükselme açılarında ve farklı yayılım ortamlarında bayılma incelemesi yapabilmek amacıyla kara ve hava-gezgin iletişim sistemi için ayrı ayrı ölçümler yapılmıştır [22-28].

● **Avustralya:** NASA tarafından ETS-V ve INMARSAT uyduları kullanılarak farklı karayollarında yayılım ölçümleri sonucu bayılma sınırı ve süresi elde edilmiştir [29-31].

● **Avrupa:** Belçika, Almanya, Fransa, İtalya, İspanya, İngiltere ve Norveç'in üye olduğu ESA tarafından MARECS uydusu kullanılarak bu ülkelerin birkaçında yayılım ölçümleri yapılmıştır [8, 32-35].

3. Yayılım modeli çalışmaları: Sistem gerçekleştirilmeden önce sistemin genel davranışını belirleyebilmek amacıyla modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Yayılım modelleri ile U-GIS'nin uygulanacağı bölgeye ilişkin parametreler kullanılarak bayılma derinliği incelemesi yapıлып sistem link tasarımı ve sistem başarımı belirlenmektedir [7, 8, 10, 11, 26, 29, 36-43].

4. Modülasyon/demodülasyon ve kodlama teknikleri seçimi: Bu grupta yapılan çalışmalar sistemde kullanılacak uygun teknikleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmalar BPSK,

QPSK, 8PSK, MSK ve TCM gibi sayısal ve yüksek düzeyli modülasyon teknikleri üzerinde yoğunlaşmaktadır [44-56].

5. Sistem trafiği, kanal paylaşımı, erişim ve çoklama çalışmaları: Uydu transponderini en iyi ve ekonomik kullanım için farklı erişim ve çoklama tekniklerinin araştırılması ve kanal kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmalarda; frekans paylaşımli çoklamalı erişim (FDMA), zaman paylaşımli çoklamalı erişim (TDMA), kod paylaşımli çoklamalı erişim (CDMA) ve isteğe ve gereksinime göre erişim teknikleri üzerinde durulmaktadır [57-62].

1.3. TEZ ÇALIŞMASININ AMACI VE KAPSAMI

1.3.1. AMAÇ

Bu tez çalışmasının amacı, yukarıda açıklandığı gibi üzerinde yoğun çalışmalar yapılan U-GİS ve link tasarımında karşılaşılan sorunları incelemek, sistemin yayılım özelliklerini belirleyip yayılım modeline yeni bir yaklaşım getirmektir. Ayrıca geliştirilen modele ilişkin bölgesel parametreleri belirlemek amacıyla L-band yayılım ölçümlerini gerçekleştirmektir. Model ve ölçülen parametreleri kullanarak U-GİS için Doğu Karadeniz Bölgesi için bir uygulama yapmak, sistemin bölgeye ve Türkiye 'ye uygulanabilirliğini araştırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için yapılması planlanan çalışmalar şöyle sıralanabilir.

- U-GİS şebeke yapısı, teknik donanımı ve sistem link tasarımını incelemek,

- Sistemin yayılım özelliklerini belirlemek, yayılımda bozucu etkileri araştırmak,

- Mevcut U-GİS yayılım modellerini incelemek ve bu modelleri üstünlük ve sakıncaları yönünden karşılaştırmak, sonuçların ışığı altında yeni bir model geliştirmek,

- Geliştirilen modelin Türkiye 'ye uygulanabilmesi için elimizde mevcut bulunmayan yayılım model parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yayılım ölçümleri yapmak,

- Yayılım modelini ve ölçülen yayılım parametrelerini kullanarak Doğu Karadeniz Bölgesi üzerine örnek bir uygulama yapmak,

- Elde edilen sonuçları değerlendirip önerilerde bulunmak.

1.3.2. KAPSAM

Bu amaçlarla tasarlanan bu tez çalışmasının kapsamı şu şekilde varilebilir.

2. Bölümde U-GİS 'nin incelemesi yapılacaktır. Sistemin ana teknikleri olan uydu ve gezgin iletişim sistemleri özetlenecektir. U-GİS 'nin link tasarımı ve kullanıcı kapasitesi belirlenecektir.

3. Bölümde sistem yayılım etkileri araştırılacaktır. Yayılımda bozucu etkiler olarak bilinen iyonosferik, troposferik ve yer etkilerinin L band (1.6 GHz) için değerleri belirlenecektir. Gezgin iletişimin ana sorunlarından olan bayılma çeşitleri üzerinde durulacaktır.

4. Bölümde U-GİS yayılımını modellemek için geliştirilmiş yayılım modelleri verilecektir. Bu modellerin karşılaştırması yapıp sonuçlar doğrultusunda yeni bir bölgesel model geliştirilecektir. Geliştirilen modelde model parametrelerinin herbirinin bayılma derinliğine etkisi değişik örneklerle incelenecektir.

5. Bölümde geliştirilen modele ilişkin parametreleri belirleyebilmek amacıyla L-band yayılım ölçüm yöntemleri verilecektir. Yayılım ölçümlerinde kullanılan ölçüm düzeneği

tanıtılacaktır. Bölge içerisinde gerçekleştirilen yayılım ölçüm sonuçları verilecektir. Ölçüm sonuçlarına dayanılarak model giriş parametreleri belirlenecektir.

6. Bölümde geliştirilen model, yayılım ölçüm sonuçlarından elde edilen parametreler kullanılarak Doğu Karadeniz Bölgesine uygulanacak ve sonuçlar verilecektir. Doğu Karadenizde bulunan önemli karayolları için fiziksel bölge katsayıları belirlenecektir. Doğu Karadeniz Bölgesi için bayılma derinliği ve bayılma olasılık dağılımları elde edilecektir. En büyük bayılma derinliği elde edilip bölge için U-GİS link tasarımı yapılacaktır. Bölgede sistem başarımı ve güvenilirliği araştırılacaktır. Sistemin Türkiye 'ye uygulanabilirliği incelenecektir.

7. Bölümde yapılan bu tez çalışmasından sonra elde edilen sonuçlar kısaca özetlenecektir.

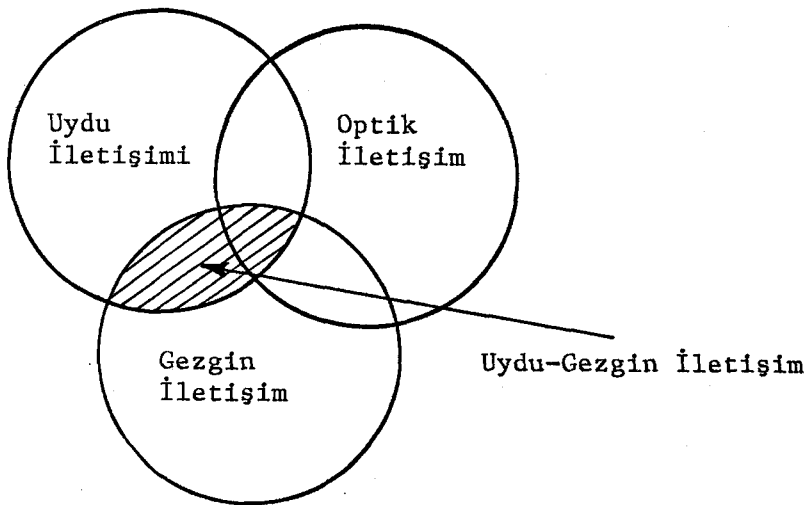
8. Bölümde U-GİS 'nin Doğu Karadeniz Bölgesine ve Türkiye 'ye uygulanabilmesi için öneriler getirilecektir. Bu konuda özellikle Türkiye 'de daha sonra çalışacak araştırmacılara yol gösterici ve yardımcı olacak öneriler sıralanacaktır.

2. UYDU-GEZGİN İLETİŞİM SİSTEMİ (U-GİS)

2.1. GİRİŞ

Günümüzde modern iletişim olarak adlandırılan optik, uydu ve gezgin iletişim sistemleri birbirinden bağımsız olarak etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Bu sistemlerin etkinliğini artırmak ve daha büyük yararlar sağlamak için ileri teknolojiler kullanan yeni iletişim teknikleri geliştirilmektedir. Bu yeni teknikler; optik, uydu ve gezgin iletişim sistemlerinin, herhangi ikisinin birarada ortak kullanımıyla elde edilmektedir. Şekil 1 de radyo iletişiminde yeni teknolojiler gösterilmiştir. Bunlar aşağıdaki gibi üç grupta toplanabilir [63].

1. Optik - uydu : Uydulararası Optik İletişim
2. Uydu - gezgin : Uydu-Gezgin İletişim
3. Optik - gezgin: Mikro-Hücreyel İletişim



Şekil 1. Radyo iletişiminde ileri teknolojiler [63]

Bu yeni iletişim sistemlerinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi ait oldukları ana iletişim tekniklerindeki teknolojik sorunların çözülmesiyle olanaklı olacaktır.

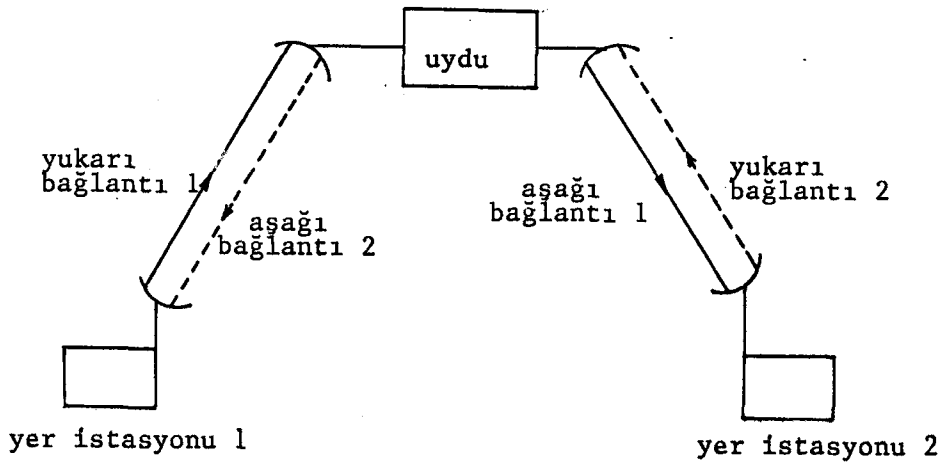
Uydu-Gezgin iletişim sistemini incelemeden önce sistemin ana iletişim teknikleri olan uydu ve gezgin iletişim sistemlerini kısaca incelemekte yarar vardır.

2.2. UYDU İLETİŞİM SİSTEMİ

Uydu iletişimi, yeryüzünde iki veya daha çok nokta arasında uydu kullanılarak iletişim sağlayan sistemdir. Sistemde yer istasyonları ve yineleyici istasyon kullanılır. Yer istasyonu alıcı ve verici birimlerinden oluşur, yineleyici istasyon ise uydudur. Yer istasyonu ve yineleyici istasyon içeren uydu iletişim sistemi Şekil 2 de görülmektedir.

Uydu iletişiminin getirdiği en önemli üstünlük, tek bir uydu yineleyicisi kullanılarak uzak ve geniş bir coğrafik bölge içerisinde ekonomik olarak iletişim olanağı sağlayabilmesidir. Ayrıca yersel sistemlerle ekonomik çözüm bulunmayan hava, deniz ve kara taşıtları için gezgin iletişim gereksinimi uydu aracılığı ile sağlanabilmektedir [5, 64-66].

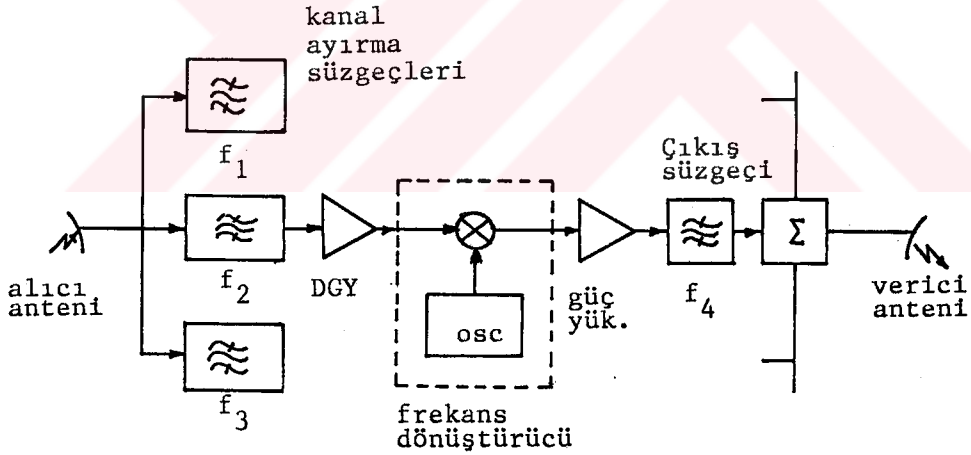
Öte yandan doğrudan uydu yayını ile kişisel alıcı



Şekil 2. Uydu iletişim sistemi

birimleri kullanılarak özellikle TV yayını ve data iletişim olanağı vardır.

Sistemde, yer istasyonu-uydu arasındaki bağlantıya yukarı, uydu-yer istasyonu bağlantısına aşağı bağlantı adı verilir. Her iki bağlantı frekansları birbirinden farklıdır. Yer istasyonu verici birimi, TV vericisi ya da ulusal telefon şebekesi gibi yersel sistemlerden alınan iletişim işaretlerini yer istasyonu anteni yardımıyla uyduya gönderir. Uydu yineleyicisinde anten yardımıyla alınan elektromanyetik enerji önce kanal süzgeçlerinden geçirilir ve yükseltilir. Frekans dönüştürücü ile başka bir frekansa dönüştürülerek güç yükselticinde yükseltilir ve verici anteni ile tekrar yeryüzüne gönderilir. Uydu yineleyicisinde herbir alıcı ve verici kanalına bir transponder adı verilir. Şekil 3 de alma, yükseltme, frekans dönüştürme ve güç yükseltme sağlayan tipik bir uydu yineleyicisi verilmiştir [67]. Sistemde paraboloid ve cassegrain antenler kullanılmaktadır.



Şekil 3. Uydu yineleyicisi [67]

2.2.1. EŞKONUMLU UYDU YÖRÜNGESİ

Ekvator düzlemi üzerinde, yeryüzü ile aynı periyot ve doğrultudaki yörünge içerisinde bulunan bir uydu, yeryüzünde herhangi bir gözlemciye göre sabit nokta olarak görünür.

Bu yörünge eşkonumlu uydu yörüngesi olarak adlandırılır. Eşkonumlu yörüngede uydu yüksekliği ekvator düzleminden 35782 km. dir [68]. Bu tip yörüngede uydu yeryüzündeki herhangi bir noktaya göre sabit olduğundan, yer istasyonunda ek bir izleme anteni ve birimi gerektirmez.

Sabit bir yer istasyonunun uyduyla iletişim sağlayabilmesi için antenin uyduya yönlendirilmesi gerekir. Antenin yönlendirilmesi ancak yükselme ve azimuth açılarının bilinmesi ile gerçekleşir. Her iki açı uydu ile yer istasyonunun enlem ve boylamının işlevidir. Dünya üzerinde herhangi bir P noktasında bir yer istasyonu bulunsun, P noktasının koordinatları $P(\phi_y, \theta_y)$ olarak verilir. ϕ_y yer istasyonunun enlemini, θ_y yer istasyonunun boylamını göstermektedir.

Azimuth açısı, yer istasyonu yerinin alt uydu noktasına göre belirlenme açısıdır. Kuzey yönü ile yer istasyonu-uydu alt noktasını birleştiren doğru arasında saat ibresi yönünde ölçülen açıdır. Şekil 4 de azimuth açısı (Az) ile gösterilmiştir. Azimuth açısı Az,

Kuzey yarımküre için ;

Yer istasyonu uyduya göre batıda ise :

$$Az = 180^\circ - A' \quad (1)$$

Yer istasyonu uyduya göre doğuda ise :

$$Az = 180^\circ + A' \quad (2)$$

Güney yarımküre için ;

Yer istasyonu uyduya göre batıda ise :

$$Az = A' \quad (3)$$

Yer istasyonu uyduya göre doğuda ise :

$$Az = 360^\circ - A' \quad (4)$$

$$A = \tan^{-1}(\tan \Delta L / \sin \phi_y) \quad (5)$$

$$\Delta L = |\theta_u - \theta_y| \quad (6)$$

olarak verilir [69]. Burada θ_u uydunun yerleştirildiği boylamdır.

Uydu yükselme açısı E , yer istasyonu noktası P 'yi yer merkezine birleştiren doğruya dik ve P noktasından geçen teğet ile P -uydu görüş doğrultusu arasındaki açıdır. Uydu yükselme açısı Şekil 5 de gösterilmiştir.

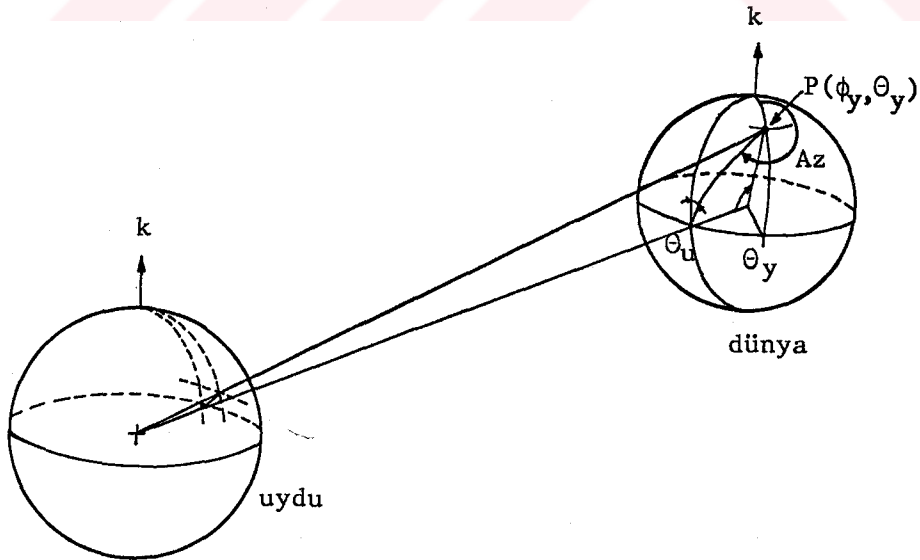
$$E^\circ = \tan^{-1}[(\cos \beta - R_T/R_S) / \sin \beta] \quad (7)$$

$$d = R_T \sin \beta / \sin \delta \quad (8)$$

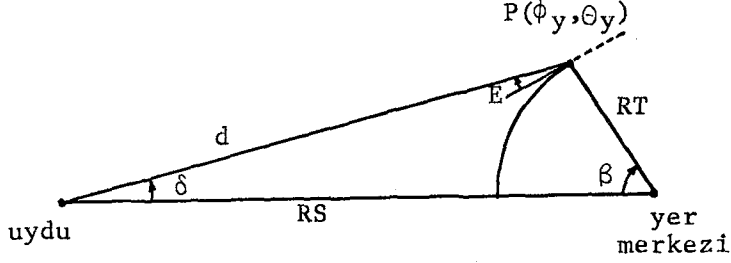
$$\beta = \cos^{-1}[\cos \phi_y \cos \Delta L] \quad (9)$$

$$\delta = \tan^{-1}[\sin \beta / (R_S/R_T - \cos \beta)] \quad (10)$$

Burada, $R_T = 6370997$ m. , $R_S = 42157197$ m. ve d yer istasyonu ile uydu arasındaki yol uzunluğudur.



Şekil 4. Azimuth geometrisi [68]



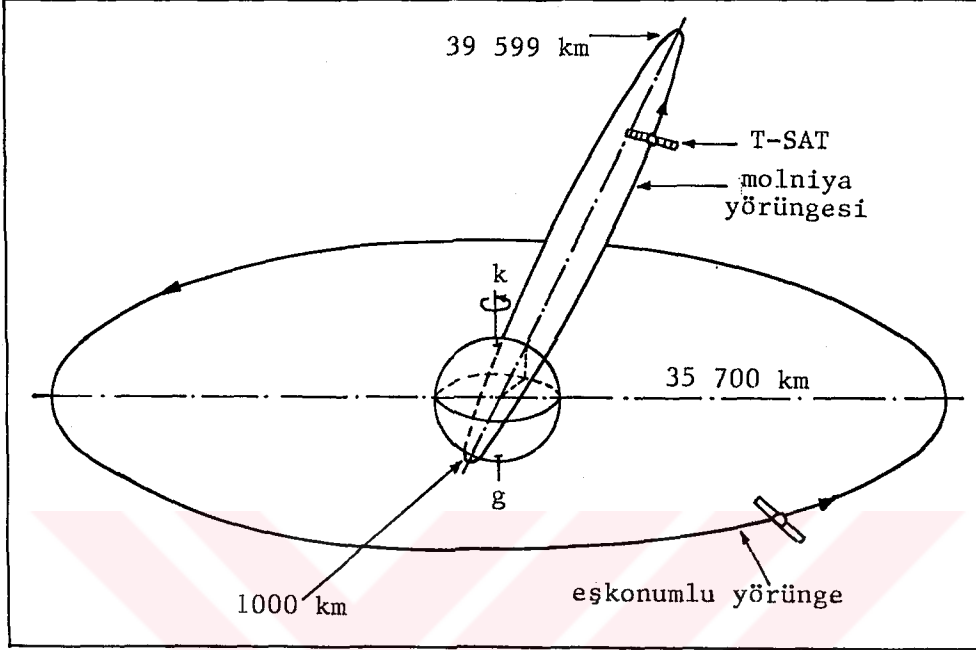
Şekil 5. Uydu yükselme açısı [68]

2.2.2. MOLNIYA YÖRÜNGESİ

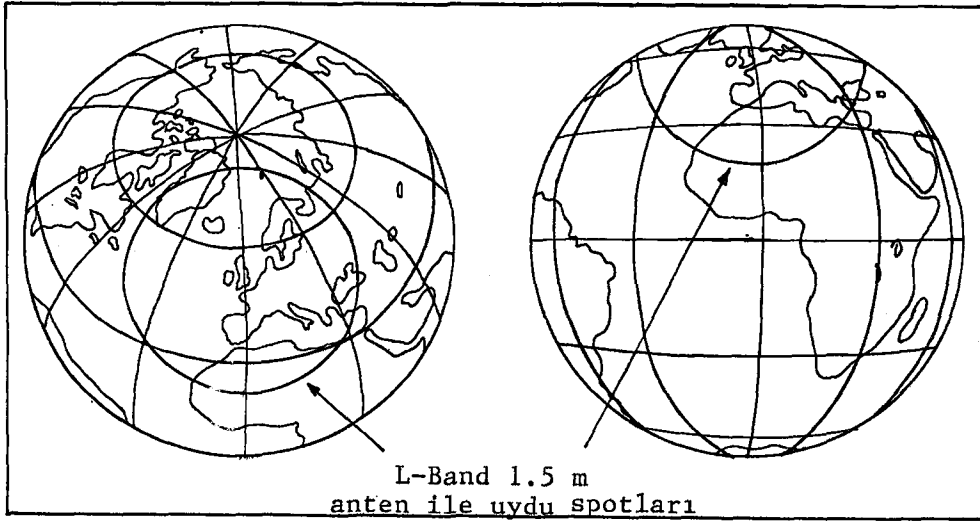
Peryodu 12 saat olan daha çok Rusya tarafından kullanılan molniya yörüngesi, orta dereceli enlemler için büyük yükselme açısı sağlayan yüksek eliptik bir yörüngedir. Bu yörüngede uydu, aynı enlemli fakat 180° farklı boylamlı bölgeler için 8 saatlik bir görüş sağlar. 24 saatlik bir görüş için birbirinden 120° farkla yerleştirilmiş üç uyduya gereksinim vardır. Bu yörünge özellikle kuzey Avrupa ve kutuplarda eşkonumlu yörüngeden daha büyük yükselme açıları sağlar [70]. Şekil 6 da eşkonumlu ve molniya yörüngeleri verilmiştir. Şekil 7 de ise bu iki yörüngenin kaplama alanları açısından karşılaştırılması gösterilmiştir.

2.2.3. UYDU LİNK TASARIMI

Uydu link tasarımında, taşıyıcı-gürültü yoğunluğu C/N_0 önemli bir parametredir. C/N_0 , desibel-Hertz (dB-Hz) olarak verilir ve sonsuz band genişliği için Shannon duyarlılığında kanal kapasitesinin bir ölçüsüdür. RF link başarımını tanımlamakta önemli bir parametre olmakla birlikte modülasyon, kodlama ve band genişliğinden bağımsızdır. C/N_0 verici gücü, uzay linkinin doğasına, değişik gürültü ve girişim kaynaklarına ve alıcının kalitesine bağlıdır [67].



Şekil 6. Eşkonumlu ve molniya uydu yörüngeleri [70]



Şekil 7. Eşkonumlu ve molniya yörüngelerinin kaplama alanları açısından karşılaştırılması [70]

Uydu link tasarımı, yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı için ayrı ayrı yapılır. Aşağıda yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı tasarımı ayrı ayrı verilmiştir. Notasyonlar 1977 IEEE tavsiyelerine uygun olarak alınmıştır [67].

Yukarı bağlantı için C/No (dB-Hz),

$$(C/No)_y = (EIRP)_{y1} - L_y + (G/T)_u - k - L_{r,y} \quad (11)$$

Aşağı bağlantı için C/No (dB-Hz),

$$(C/No)_a = (EIRP)_u - B_0 - L_a + (G/T)_{y1} - k - L_{r,a} \quad (12)$$

Burada y , y_1 , u , a alt indisleri sırasıyla yukarı bağlantı, yer istasyonu, uydu ve aşağı bağlantıyı göstermektedir. EIRP, vericiden yayılan etkin izotropik güçtür ve (13) nolu eşitlik ile verilir.

$$EIRP \text{ (dBW)} = P_t - L_f + G_t \quad (13)$$

Burada, P_t verici gücü (dBW), L_f besleme kablo kaybı (dB) ve G_t ise anten kazancı (dB) 'dir.

Paraboloid anten kazancı G (dB),

$$G = 10 \log (\eta \pi^2 D^2 / \lambda^2) \quad (14)$$

Burada, η anten verimi %50 - %60, D anten çapı (m) ve λ ise dalga boyu (m) dur.

Serbest uzay kaybı L (dB),

$$L = 20 \log (4\pi d / \lambda) \quad (15)$$

d : Uydu - yer istasyonu arasındaki uzaklık (m) 'tir.

G/T : Alıcı kalite faktörü (dB/K)

$$G/T = G - 10 \log T \quad (16)$$

Burada T alıcı gürültü sıcaklığı olup, eşitlik (17) ile verilir.

$$T = T_r + (\lambda - 1/\lambda)T_w + T_g/\lambda + T_{gök}/a^\lambda + (a - 1/a^\lambda)T_{yağmur} \quad (17)$$

eşitliği ile bulunur. Burada;

T_r : Alıcı ve izleyen katların gürültü sıcaklığı (K),

λ : Dalga klavuzu kayıp faktörü

T_w : Dalga klavuzu sıcaklığı (K),

$T_{gök}$: T 'ye uzayın katkısı (K),

a : Yağmur soğurma faktörü

$T_{yağmur}$: Yağmurun etkin sıcaklığı (K),

$$T_r = T_{DGY} + \sum_{m=2}^N T_m/g_{m-1} \quad (K) \quad (18)$$

Eşitlik (18) de; T_{DGY} , DGY 'in gürültü sıcaklığı (K), T_m , m. katı izleyen katın gürültü sıcaklığı (K), g_{m-1} , m. kattan önceki kazançtır.

k : Boltzman sabiti, $k = -228,6$ dBW/K-Hz

L_r : Yağmur (sağanak) için sınır (dB) olup eşitlik (19) ile verilir.

$$L_r = a [(H_r - H_g)/\sin E] R^b \quad (dB) \quad (19)$$

Burada, R yağmur şiddeti (mm/h), H_r yağmur yüksekliği, H_g yer istasyonu yüksekliği, E uydu yükselme açısı, a ve b ise polarizasyon ve frekansa bağlı katsayılarıdır [71].

BO : Uydu verici çıkış güç yükselteç katında kullanılan TWTA 'nın eğrisel olması nedeniyle güç transfer işlevi eğri-seldir. Doğrusal bölgede çalışmak için TWTA 'nın çalışma noktası aşağı kaydırılır. Tam doyuma göre aşağı çekilmiş çalışma noktası back-off (BO) diye adlandırılır.

Toplam C/No,

$$(C/No)_t = [(C/No)_y^{-1} + (C/No)_a^{-1} + (C/No)_{im}^{-1}]^{-1} \quad (20)$$

$(C/No)_{im}$: Eğrisel yükselteçten ötürü, çok sayıda taşıyıcı olması durumunda, taşıyıcı-inter modülasyon yoğunluğu olarak tanımlanır.

Taşıyıcı-gürültü oranı,

$$C/N = (C/No) - B \quad (\text{dB}) \quad (21)$$

Burada, B gürültü band genişliği (dB-Hz) dir [70].

Sayısal modülasyonlarda iletişim sistem başarımını gösteren bit hata olasılığı P_e , bit enerjisi gürültü yoğunluğu (E_b/No) 'nun işlevidir. E_b/No eşitlik (22) ile verilebilir.

$$(E_b/No) = (C/No)_t - (1/r) R \quad (\text{dB}) \quad (22)$$

R : İletim hızı dB-bit/s = dB-Hz

r : Kod oranı (kodlama yoksa, $r=1$)

2.3. GEZGİN İLETİŞİM

Gezgin iletişim, birisi sabit diğeri gezgin yada her ikisinde gezgin olan iki birim arasındaki radyo iletişimidir. Aslında gezginden gezgine iletişim; gezginden-sabit istasyona, sabit istasyondan-gezgine yapılan radyo bağlantısıdır. Sabit istasyona ana istasyon adı verilir. Gezgin birim; kara taşıtları, deniz ve hava taşıtları, askeri araçlar ve taşınabilir terminallerin tümüdür [72].

Gezgin iletişime olan talep, ulaşım taşıtlarının (kara, deniz ve hava) yanında resmi ve özel kuruluşlara ait taşıtlar, ulusal güvenlik sistemleri, sağlık ve kurtarma ekiplerinin isteği nedeniyle gün geçtikçe büyümektedir. Taşıtlarını çalıştırdıkları bölge içerisinde dağıtmak zorunda

olan kuruluşlar taşıtları nerede olursa olsun, çalışma verimini artırmak için onlarla sağlıklı ve ekonomik bir iletişim kurmak istemektedirler.

2.3.1. GEZGİN İLETİŞİM TÜRLERİ

1. **Radiophone (Radyofon):** CB (halk bandı) radyo gibi iki yönlü radyolardır. Belirli sayıda kanala sahiptir ve boş kanal mevcutsa görüşme yapılır. Kullanıcıya gizlilik sağlamaz.

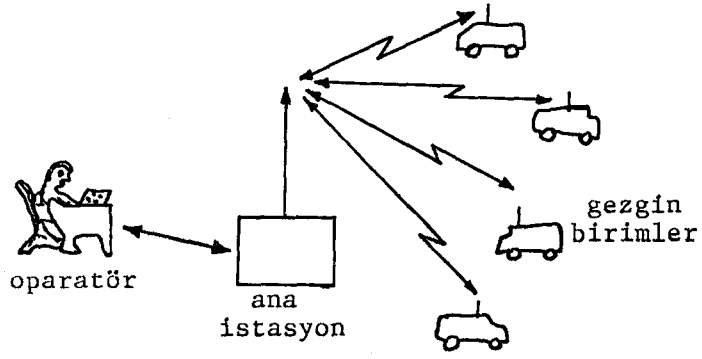
2. **Dispatching sistemler:** Bu sistemler ortak bir kanal kullanır. Operatörün aynı taşıt filosu içerisinde bir sürücüye gönderdiği mesajı diğer sürücüler de alabilir. Sürücüler yalnızca kontrol operatörü ile konuşabilirler. Şekil 8 de dispatching sistem görülmektedir.

3. **Radyo çağrı sistemleri:** Kullanıcılar kişisel alıcılar (taşınabilir radyolar) taşırlar. Herbir birim, bir operatör tarafından yalnızca kendisine adreslenmiş işaretleri alır. Mesaj anında taşınan alıcı sistemi "mesaj var" işareti üretir. Kullanıcı bu durumda en yakın telefona giderek görüşme yapar. Radyo çağrı sistemleri Şekil 9 da verilmiştir.

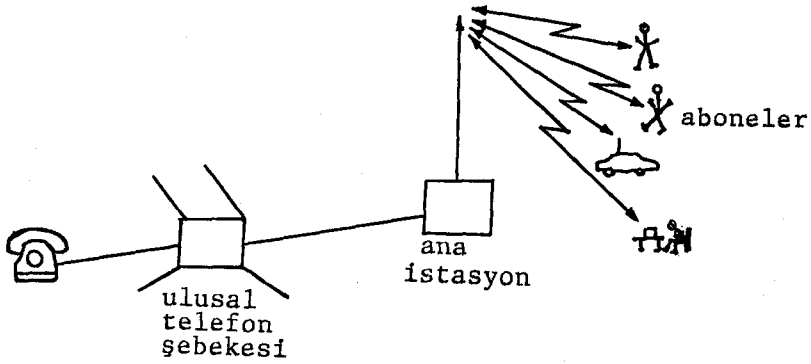
4. **Paket radyo:** Aynı radyo kanalında birbiriyle girişim olmadan iletişim sağlayabilen birçok dağınık gezgin birim arasında çoklu-erişim düzenine gereksinim duyan bir sistemdir. Gönderilecek bilgi, birimi içerisinde bir paket haline getirilir. Paket alıcıyı tanımlayan adres bilgilerini de içerir.

5. **Radyo telefon sistemleri:** Araç telefonu olarak da bilinir. Gezgin birimlerle sabit birimler arasında ya da iki gezgin birim arasında iletişim olanağı sağlar. Farklı ülkelerde farklı yapıya sahip sistemler kullanılmaktadır. Şekil 10 da sistem blok olarak gösterilmiştir.

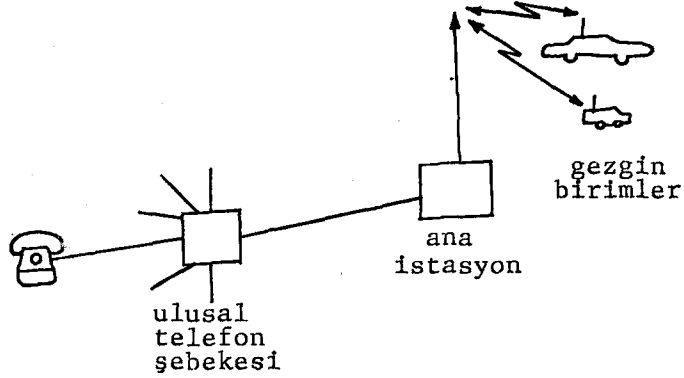
6. **Telsiz iletişimi (Gezgin Radyo):** Bir ana istasyon ile birbirleriyle bağlantı sağlayan gezgin birimler içeren sistemdir. Belirli sayıda kanala sahiptir. Radyofon gibi kullanıcıya gizlilik sağlamaz, boş kanal mevcutsa görüşme yapılır.



Şekil 8. Dispatching sistemler



Şekil 9. Radyo çağrı sistemleri



Şekil 10. Radyo telefon sistemleri

1880 de Hertz 'in pratik radyo iletişimini ilk denemesi ve 1897 yılında Marconi tarafından 18 mil uzaklıkta bir botla sabit bir istasyon arasında gerçekleştirilen ilk gezgin radyo iletişimi günümüze gelinceye değin çok çeşitli aşamalar geçirmiştir. Bunlar kronolojik sıraya göre özetle şu şekilde verilebilir [72].

- 1921, 1932 : 2 MHz bandında ABD 'nin birkaç bölgesinde polis taşıtları için radyo dağıtım servisi,
- 1933 : 30-40 MHz bandında birkaç kanal üzerinden gezgin iletişim,
- 1946 : 152 MHz de simplex mod,
- 1956 : 450 MHz bandında simplex mod,
- 1959 : Bell Telefon Lab. tarafından 32 MHz bandında yüksek kapasiteli gezgin-radyo iletişimi,
- 1964 : 152 MHz tam duplex mod ve 800 MHz bölgesi için aktif çalışmalar başladı,
- 1969 : 450 MHz tam duplex mod,
- 1974 : 800-900 MHz bandında gezgin iletişim için 40 MHz band genişliği ayrıldı,

- 1981 : 800-900 MHz bandında 40 MHz band genişliğine sahip hücreli kara gezgin iletişim çalışmaları başladı,
- 1985 : Uydu bağlantılı gezgin iletişim çalışma ve araştırmaları başladı,
- 1987 : WARC '87 (World Administration Radio Conference) 'de uydu gezgin iletişim servisi için L band 1.5-1.6 GHz frekans bandında toplam 14 MHz band genişliği ayrıldı.

Bugüne değin sürekli-geniş coğrafik bölge içerisinde gezgin iletişim için iki yaklaşım kullanılmıştır. Birinci yaklaşım, VHF ya da UHF bandında gezgin birimlerle sabit yineleyici yada alıcı-verici istasyonları arasında yapılan iletişimidir. Bu istasyonlarla alınan işaretler telefon hattı ya da radyo linkle ulusal telefon ağına verilir. Bu teknikte iletişim çok sınırlı coğrafik bölge içerisinde kalmaktadır. Yineleyici istasyona uzak bölgelerde iletişim kalitesi azalmakta, büyük güçler gerekmektedir. Öte yandan kurulma ve bakımda maliyet fazla olmaktadır. İkinci yaklaşım, HF (2-30 MHz) bandında radyo iletişimidir. Askeri ve bazı özel uygulamalarda kullanılmaktadır. İyonosferin bu frekanslardaki özelliğinden faydalanılarak uzak bölge iletişimi yapılmaktadır. Fakat mevcut spektrum ve iyonosfer düzensizliklerinden ötürü bu iletişim olanağı ve kalitesi sınırlanmaktadır [1].

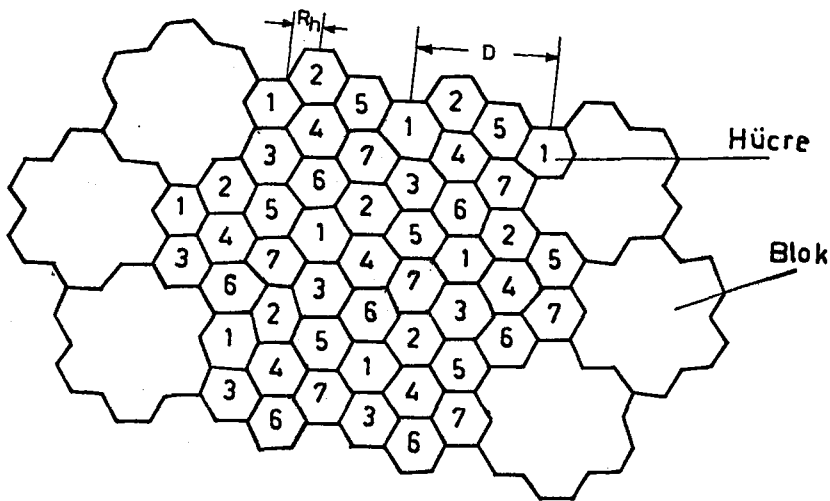
Günümüzde bu iki teknikte gerçekleştirilen gezgin iletişim halen çeşitli ülkelerde kullanılmaktadır. Ancak ekonomik, süreklilik, kaliteli ve geçerli bir gezgin radyo iletişim çalışmaları hücreli gezgin iletişim ve uydu gezgin iletişim alanlarında yoğunlaşmaktadır. Bu iki iletişim birbirini destekler özelliğe sahiptir.

Hücreli radyo, 800-900 MHz bandında, 40 MHz band genişliğine sahip yüksek kapasiteli bir radyo telefon servisi gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu teknikte iletişim kurulacak bölge hücrelere ayrılır ve her hücrede bir ana (base) istasyon bulunur. Bu hücre içerisindeki gezgin birimler bu istasyon aracılığı ile başka gezgin birimlerle ya da ulusal

telefon ağına bağlı herhangi bir sabit telefonla iletişim sağlayabilirler. 40 MHz band genişliğinin yarısı ana istasyon verici (gezgin birim alıcı) diğer yarısı ana istasyon alıcı (gezgin birim verici) kanallarına ayrılır. Sınırlı band genişliğine sahip bu sistemde spektrum kullanım verimini artırmak için farklı hücrelerde frekanslar tekrar kullanılır. Şekil 11 de bu durum gösterilmiştir.

Şekil 11 de temel bir hücre bloğunda hücre sayısı $N=7$ olarak alınmıştır. R_h bir hücrenin yarıçapı, D_h ise aynı frekansı kullanan iki hücre arasındaki uzaklıktır. Bu parametreler iletişim yapılacak alanın coğrafik koşullarına ve yayılım özelliklerine göre belirlenerek hücresel mimari tasarlanır.

Hücresel radyo sisteminde her hücrede bir ana istasyon kullanılır, bu ana istasyon hücredeki mümkün en yüksek noktaya yerleştirilir. Anten yüksekliği ana istasyon için 10 m, gezgin birim içinse 3 m dir [72].



Şekil 11. Temel hücre yapısı [72]

2.4. UYDU-GEZGİN İLETİŞİM

Hücresele radyo sistemlerinde çok önemli başarılar elde edilmesine rağmen, gezgin iletişim gereksinimleri artarak devam etmektedir. Yersel gezgin iletişim sistemleri sadece bir ana istasyon etrafında belirli bir bölge içerisindeki gezgin kullanıcılara hizmet verirler. Bu bölgeler genellikle kentsel alanlardır. Öte yandan hücresele ve diğer yersel radyo sistemleri, vericinin yerleştirileceği tepe yüksekliğinin yayın alanı, çok yönlü yayılma içeren yayılım etkisi, yüksek dağ, tepe, bina arkasındaki gölgeli alan ve ağaç gölgelemesi tarafından sınırlıdır. Ayrıca kullanıcıya maloluş maliyeti yerel nüfus yoğunluğu ile çok sıkı ilişki içerisindedir. Hücresele sistemler nüfus yoğunluğunun düşük olduğu kırsal bölgeler ile uzak bölge iletişimi için ekonomik olmamaktadır. Hücresele sistemlerin kurulma ve devamında işletme maliyeti yüksektir. Bu sınırlamalara rağmen, yersel sistemler başarılı gelişme süreçlerine devam edeceklerdir. Çünkü bu sistemler özellikle kentsel bölgelerde çok iyi iletişim hizmeti sunmaktalar ve ayrıca bu iletişime büyük bir gereksinim vardır [4-6, 63-66, 73].

Mikroelektronik, anahtarlama, ses işleme, uydu teknolojisi ve düşük gürültülü alıcı yapılabilmesindeki son başarılar ile ucuz maliyet gezgin radyo servislerinde uydu kullanımını gündeme getirmiştir [5]. Uydu teknolojisi düşük maliyetle gezgin iletişim olanağı sağlamaktadır. Uydu gezgin servisler; ses, veri, pozisyon belirleme, çağrı servisleri, ulusal telefon ağına ve özel ağlara bağlanabilme olanağına sahip olmaktadır. Ayrıca bu servislerin tek bir radyo sistemi kullanılarak daha büyük coğrafik bölgeye hizmet verebilmesi, çok daha uzak bölgelere erişebilme ve nüfus yoğunluğunun az olduğu kent dışı ve kırsal alanlarda daha ekonomik çözüm sağlayabilmesi nedeniyle tercih edilmektedirler. Öte yandan uydu gezgin servisler kara, deniz ve hava taşımacılığındaki tüm gezgin birimlere iletişim hizmeti sunmak için uygundur. Uydudan başka bağlantı olanağı bulunmayan okyanuslar ve yersel sistem kurma olanağı olmayan bölgeler

için tartışmasız çözüm sunmaktadır [5, 73-77]. Yersel sistemlerin yeteneğini artırmak için U-GİS nin gerekliliğini artık kabul edilmektedir [5].

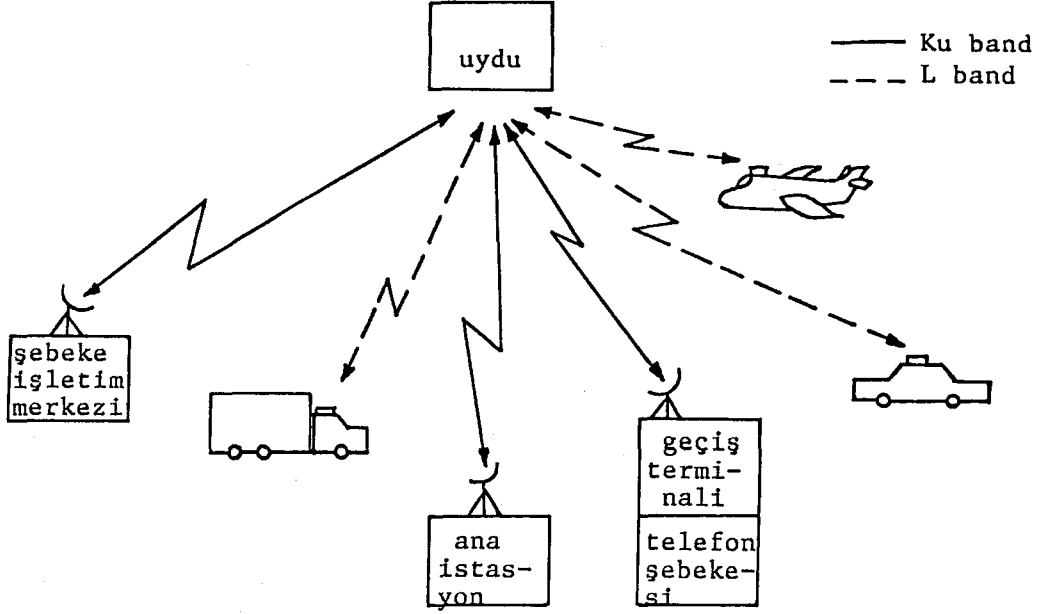
Avrupa İletişim Birliği (CEC - Commission of the European Communities)'nin raporuna göre; uydu gezgin sistemler yersel radyo servislerinin gelişmesine kesinlikle engel olmayacak, aksine yersel radyo servislerinin çözüm olamadığı veya pahalı çözüm sunduğu alanlarda kullanılarak gezgin iletişim sisteminin yeteneğini artıracaklardır [65].

U-GİS ile hizmet verilmesi düşünülen uygulamalar şöyle sıralanabilir [65].

1. Tek yönlü (gezgin birimde sadece alışı) ve çift yönlü çağrı servisi
2. Ses, veri, text iletişimi
3. Karşılıklı veri tabanı sorgulaması
4. Satış düzenlemesi / bölgesel veri iletişim servisi
5. Elektronik haber toplama
6. Uzak mesafe demiryolu taşımacılığı iletişimi
7. Telemetry ve telekontrol
8. Emniyet ve güvenlik izleme
9. Pozisyon ve yer belirleme

Bütün bu uygulamalar artırılabilir ve hepsi kara, deniz ve havadaki gezgin birimlere uygulanabilir. U-GİS ve yersel radyo servisleri arasında karşılaştırma yapılırsa, uyduların kaplama alanı, uzak bölge, işaretleşme, yön esnekliği ve yayılım etkileri açısından gerçek üstünlüklere sahip olduğu görülür.

Uydular, yersel radyo sistemler tarafından sağlanan konuşma (ses), veri, paket mesaj, pozisyon belirleme ve araç çağrı gibi tüm servis hizmetlerini sağlayabilmektedir. Ancak yersel sistemlerle yapılamayan önemli bir durum, uydular bu servislerin tümünü sadece bir radyo kullanarak yapabilmekte ve bu servis yeteneği ile tartışmasız bir tercih sebebi olmaktadır. Ayrıca uydu gezgin sistemler meteoroloji, sismoloji, ekoloji, orman yangını ve diğer doğal afet gibi durumlarda uzaktan izleme olanağı sağlayabilmektedirler.



Şekil 12. Uydu-Gezgin iletişim sistemi (U-GİS) [4, 69]

2.5. U-GİS ŞEBEKE YAPISI

U-GİS şebeke yapısı Şekil 12 de görülmektedir. Sistem uydu, şebeke işletim merkezi, ana istasyonlar, geçiş terminaleri ve gezgin birimlerden oluşur. U-GİS de gezgin birimlerle sabit telefonlar arasında karşılıklı iletişimin yanında belirli resmi veya özel kuruluşların kendilerine ait gezgin birimlerle dispatch servisi kurma olanağı vardır. Sistem için ayrılan L-band genişliğinin dar olması nedeniyle şebeke işletim merkezi, geçiş terminali ve ana istasyonun uydu ile iletişimi Ku ya da Ka bandında yapılır, bu bağlantıya besleme bağlantısı adı verilir. Ku band besleme bağlantısının kullanılması ile sabit iki istasyon arasında iletişim yapıldığından daha düşük transponder güçlerine gerek duyulur ve uydu tasarımı oldukça basitleşir. Ayrıca besleme bağlantısı ile uydu kanal düzenlemesi daha basit hale gelir. Çünkü gezgin birimlerden uyduya ulaşan L-band ışınları uydudan yeryüzüne tek bir Ku bandda gönderilir. Eğer sadece

L-band kullanılsaydı, uydu transponderinde tarafından alınan L-band ışınlarının herbiri sadece adreslenmiş aşağı bağlantı spotlarına yönlendirilmesi gerekecekti. Bu nedenle uydu yön düzenlenmesinde büyük bir karmaşıklığa neden olacaktı. Gezgin birimlerle uydu arasındaki iletişim ise L-band da yapılır. Bu bağlantıya servis bağlantısı adı verilir. Güç sınırlamasından ötürü gezgin birimler arasında doğrudan L band iletişimi yoktur. Gezgin birim - sabit telefon (ya da tersi) arasında tek atlama, gezgin birim-gezgin birim arasında ise çift atlama vardır.

Şebeke işletim merkezi sistemin sağlıklı çalışması ve iletişim trafiğinin düzenlenmesi görevini yürütür. Tüm sistemin uyduya erişimi bu merkez tarafından yürütülür. Ana istasyonlar TIR veya otobüs gibi bazı özel filolara mesaj dağıtımı için özel ya da resmi kuruluşlara ait bağlantı istasyonudur. Uydu ile Ku bandında iletişim kurar. Özel şebekelerden aldığı mesajı Ku bandında uyduya ileterek, uydudan kendi araç filosuna L bandında ulaşmasını sağlar. Geçiş terminaleri uydu ile ulusal telefon şebekesi arasındaki bağlantıyı Ku bandında gerçekleştirir. Sabit telefonlardan uyduya Ku bandında mesajı gönderir, aynı şekilde gezgin birimlerden sabit telefonlara mesaj geçiş terminali yolu ile sağlanır.

Sistemde iletişim kanallarından başka işaretleşme kanalları bulunur. Bu kanallar ulusal güvenlik tehlikeleri esnasında sistemin doyuma gitmesini veya iletişim trafiğinin karışmasını önler. Ayrıca yönlü antenlerin yönünün belirlenmesinde bir referans işaret sağlar. İşaretleşme kanalları, taşıtın bir uydu spotundan başka bir komşu spota geçmesi için bir genlik referans düzeyi verir. Eğer herbir uydu spotu bir referans işaretleşme kanalı içerirse, gezgin radyo periyodik olarak bu işaretlerin seviyesini örnekler ve hangi işaret kuvvetli ise o spotu seçer. Böylece hücreli radyodan farklı olarak, radyo güç durumunda kaldığı zamanlarda iletişim kesintisiz bir şekilde başarılabilir.

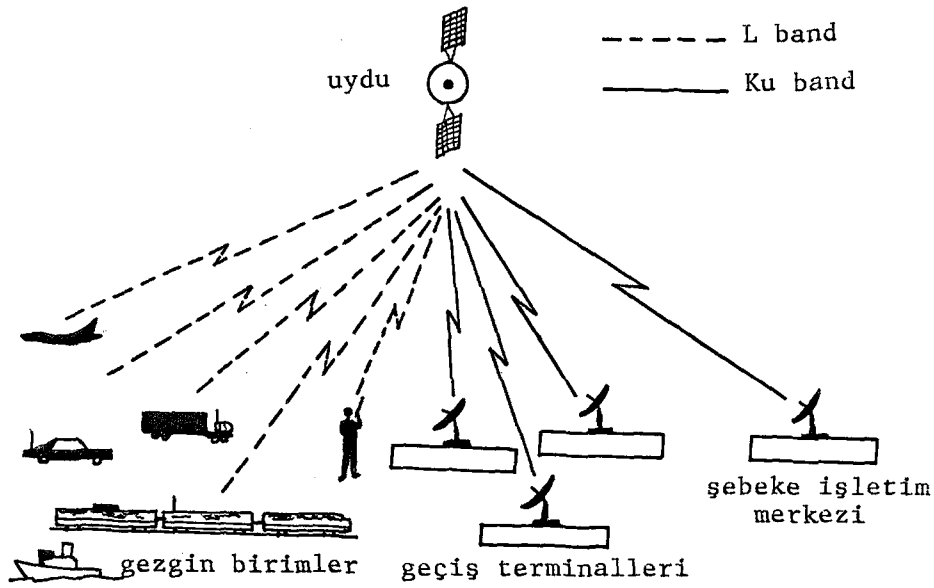
U-GIS 'ni işletim karakteristiği ve uygulaması açısından iki servise ayırmak olasıdır. Bu servisler;

1. Radyo-telefon servisi
2. Radyo (telsiz) servisi

2.5.1. RADYO-TELEFON SERVİSİ

Radyo-telefon servisi gezgin birimlerle sabit telefonlar arasındaki iletişimi gerçekleştirir. Şekil 13 de, bir uydu, L bantda çalışan gezgin birimler, Ku bantda çalışan bir şebeke işletim merkezi, herbiri kablolu bağlantı ile yerel telefon şebekesine bağlanan ve Ku bantda çalışan geçiş terminallerinden oluşan radyo telefon servisi görülmektedir. Gezgin ve sabit telefon arasındaki iletişim geçiş terminali üzerinden ulusal telefon şebekesine bağlantı yolu ile gerçekleşir. Şebeke işletim merkezi, bir işaretleme kanalı üzerinden gezgin birimlere ve geçiş terminallerine RF kanalları ayırır. Yön ve görüşmeyi sağlamak için, görüşmek isteyen gezgin birim, aradığı yerin telefon numarası ile birlikte kendi numarasını da çevirir. Şebeke işletim merkezi gezgin için L bandında çift yönlü bir RF kanalı, aranan sabit telefona en yakın geçiş terminali için Ku band kanalları ayırır. Şebeke işletim merkezi aranan aboneyi kayıt eder ve ücretlendirme için süreyi tesbit eder. Geçiş terminallerinin önemli özelliği telefon şebekesine geçişte esnek yönlendirme, rota yeteneği ve sistem donanımını en aza indirmektir. Abonelerin seçimine göre konuşma, veri, mesaj, pozisyon belirleme ya da çağrı servislerinin herbiri bir radyo ile sağlanabilir.

Bu servis kendi etkinliklerinin düzeni için gezgin iletişim gereksinimi olan hükümet ve özel (ticari) kurumları kapsar. Örnek olarak ulusal güvenlik personeli (polis, kanun uygulamacıları, itfaiye, afet idaresi, araştırma ve kurtarma ekipleri, kırsal sağlık ekibi vb.), değişik dağıtım servisleri, doktorlar, bina ya da yol yapım ekipleri ve tüm kamu yararlı personel verilebilir. Genellikle belirli bir güzergah üzerinde iletişim olanakları sınırlı ve yetersizdir. Dolayısıyla personel koordinasyonu ve olağanüstü durumlar için



Şekil 13. Radyo-telefon servisi [5]

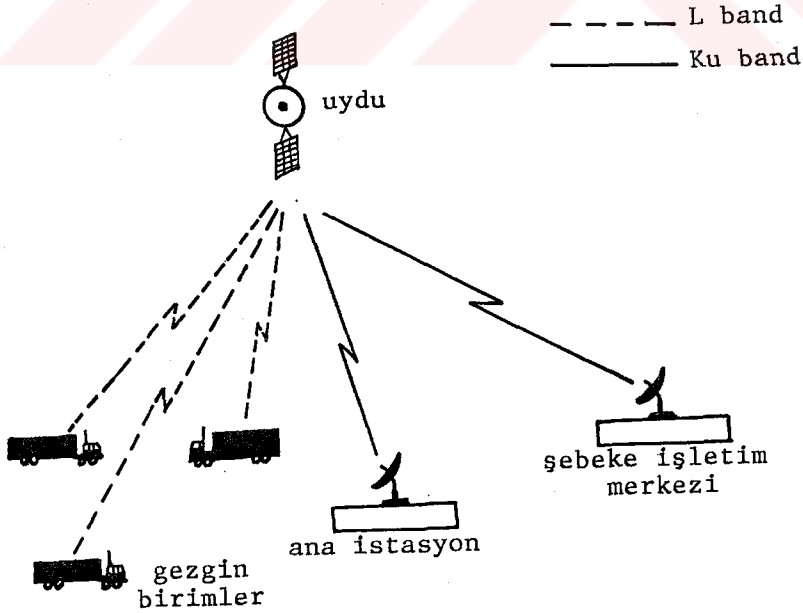
emin ve güvenilir bir gezgin iletişime gereksinim duyulmaktadır. U-GIS radyo-telefon geniş bir coğrafi bölge içerisinde, çift yönlü işaretleme yeteneği, iletişim güvenilirliği, ses, konuşma, veri, mesajlaşma, pozisyon belirleme ve çağrı servisleri gibi özelliklere sahip olacağından bu gereksinimlerin tümünü yerine getirebilir. Bu servisin diğer uygulamaları hava telefonu (ticari ve genel havacılık için), demiryolu ve denizyolu telefonu olarak düşünülebilir.

2.5.2. RADYO (TELSİZ) SERVİSİ

Şekil 14 de bir uydu, gezgin birimler ve müşterilerin özel mülklerine yerleştirilmiş ana istasyonları içeren radyo (telsiz) servisinin düzenlenmesi görülmektedir. Ana istasyon arama rotası ve telefon şebekesine geçiş donanımı içermeyen basitleştirilmiş bir geçiş terminalidir. İletişim her zaman dağıtıcı ve ona ait gezgin birimler arasında gerçekleşir. İletişim gereksinimlerine bağlı olarak, sisteme bas-konuş (push to talk) işlemi ya da değişik kullanıcı ve değişik amaçlar için karmaşık anahtarlama düzeni sağlayan sistemler yerleştirilebilir. Dağıtılacak mesaj, konuşma, veri, pozisyon belirleme ve çağrı servisi tek bir radyo ile

sağlanabilir.

Radyo (telsiz) sisteminin en önemli kullanım alanı, yurt içi yurt dışı uzun mesafeli TIR taşımacılığı, otobüs işletmeciliği ve demiryolu taşımacılığı olarak verilebilir. Bu taşımacılık kollarında rota ve güzergah tutma, tarife, program değiştirme, özel ve olağanüstü durumlarda operatörün izlenmesi, araç veriminin artırılması ve iyi kullanılması ve kargo servisleri için gezgin iletişim önemlidir. İki yönlü iletişime gerek duyulmaktadır. Bu iletişim getireceği yararlar; araç ve sürücü için daha verimli kullanım, daha az yol katetme, daha az yakıt israfı, en uygun yükleme yeteneği olarak sıralanabilir. Dağıtıcılar kesin olarak bir aracı ve sürücüyü yönlendirilebilir, rotasını, hızını vb. kararlaştırabilir. Sürücüler kendi dağıtıcı, müşteri ve aileleri ile araçlarından iletişim kurarak işleri daha verimli hale getirebilirler.



Şekil 14. Radyo (telsiz) sistemi [5]

2.6. U-GİS TEKNİK DONANIMI

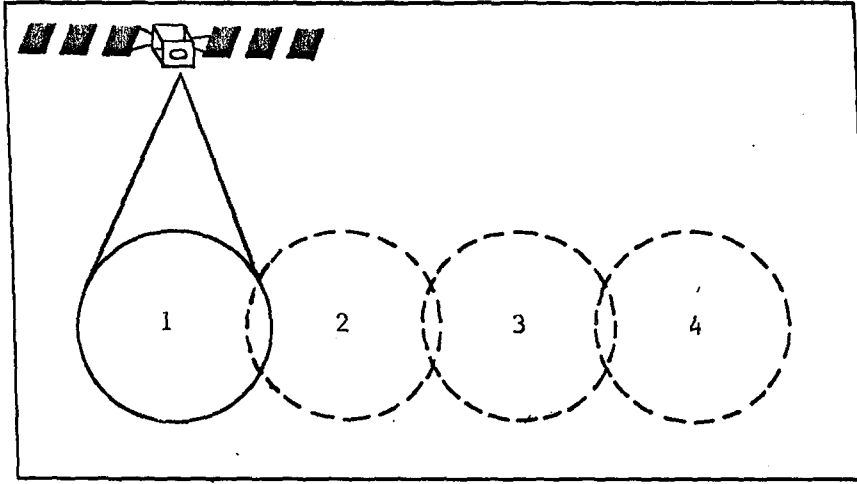
U-GİS teknik donanımı uzay ve yer sistemleri olmak üzere iki ayrı kısımda incelenebilir.

2.6.1. UZAY SİSTEMİ

U-GİS de uzay sistemi uydudan oluşur. Son yıllarda uydu uzay sisteminde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [65].

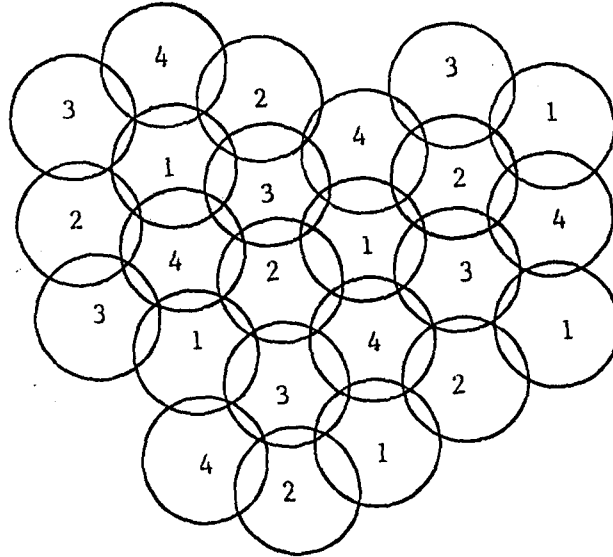
1. Yarı iletkenli yüksek frekans güç yükselteçleri,
2. Doğrudan ısı-elektrik dönüştürücüler,
3. Solar hücrelerde başarımlı veriminin artırılması,
4. Üstün başarımlı nikel-hidrojen bataryalar,
5. Spot ışınlarının anahtarlanarak yönlendirilebilmesi,
6. Uyduyu yörüngeye yerleştirme teknolojisindeki gelişmeler.

Gezgin terminallerin sabit uydu sistemlerine nazaran daha düşük kazançlı antenlere sahip olmasından ötürü, uydu transponderinde L bandda kanal başına daha büyük güçlere gereksinim vardır. Fakat ayrılan toplam band genişliğinin birkaç bin kanala bölünmesi ve yüksek kazançlı uydu antenlerinin kullanılması ile uydu kapasitesinin sınırlandırılması nedeniyle büyük güç gereksinimi nispeten azaltılabilir. Düşünülen uydu gücü 3000 W ve anten çapı 5 m dir [5]. Antenler servis alanı içerisinde çoklu spot kullanımına olanak sağlamalıdır. Uydu teknolojisinde en önemli gelişmelerden biri, spot ışınlarının anahtarlanarak yönlendirilebilmesidir. Bir spot ışını yeryüzünde belirli bir bölgeyi kaplarken hızlı bir şekilde anahtarlanarak başka bölgeleri de kapsayabilmektedir. Böylece uydunun verimli kullanımı sağlanmış olur. Uydu ışınlarının zaman anahtarlaması Şekil 15 de görülmektedir. Bu teknikle düşük yükselme açılarında güç kaybı önemli ölçüde önlenmiş olmaktadır. Ancak bu teknikte sorunlar tam olarak çözülmüş değildir, geliştirme çalışmaları devam etmektedir [6].



Şekil 15. Uydu ışınlarının zaman anahtarlama

Başka bir teknik, hücresel sistemde olduğu gibi çoklu demet yöntemidir. Bu teknikte çoklu spot demetli antenler kullanılır. Bölge ya da servis alanı hücrelere ayrılır. Her bir hücrede farklı frekanslar kullanılır. İki komşu spotta girişimi önlemek için aynı frekanslar olmamak üzere, uzak demetlerde aynı frekanslar tekrar kullanılarak frekans bandı

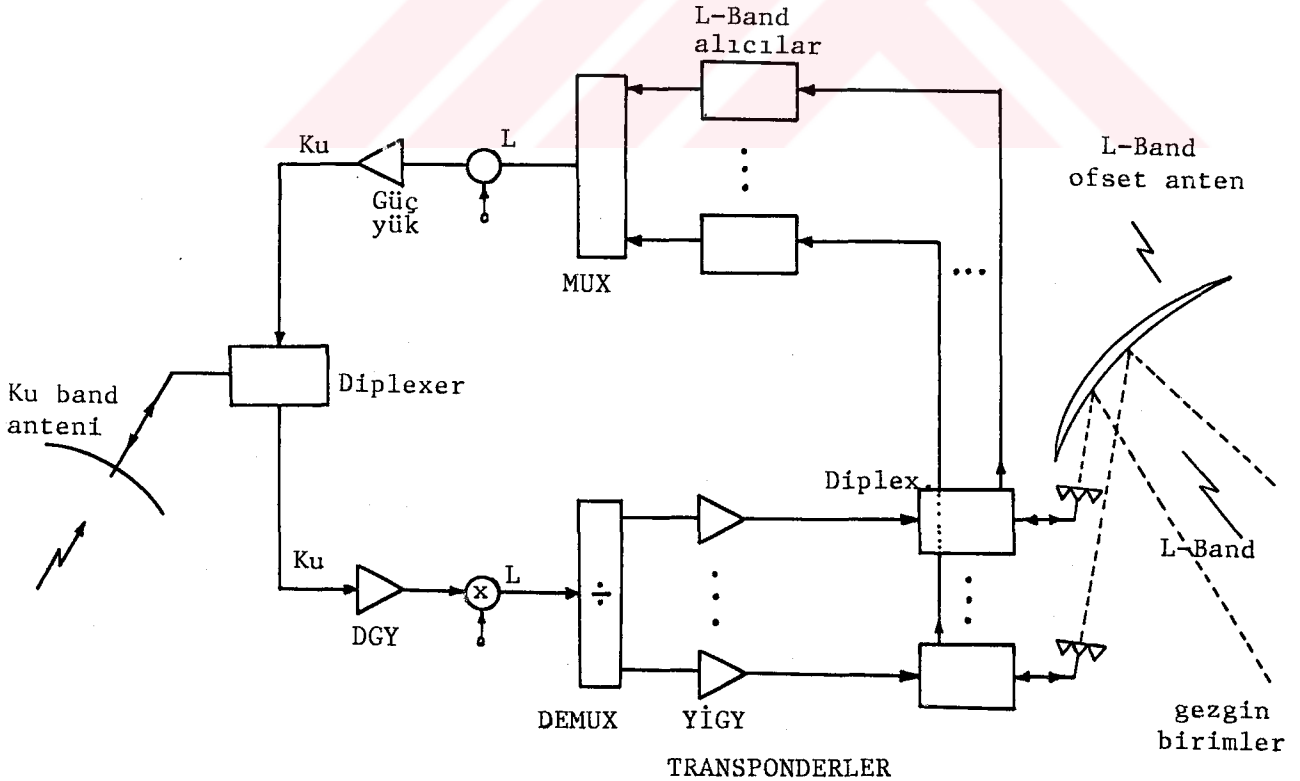


Şekil 16. Çok demetli uydu sistemi ile frekansın yeniden kullanılmasına izin veren dört-hücre yapısı [64]

kullanım verimi artırılmış olur. Frekansın yeniden kullanılması için değişik hücre topolojileri kullanılabilir. Şekil 16 da dört-hücre yapısı verilmiştir.

Dört-hücre yapısında olası kanallar dört gruba ayrılır. Uydu spot demetlerinin herbiri bu dört gruptan birine tahsis edilir. Diğer spot demetleri komşu hücrelerde aynı frekans olmamak koşulu ile kullanılır. Bu teknikte gezgin terminaler, hücreler arasında hareket ederken farklı kanal grubuna geçişte anahtarlama sağlayabilecek bir kontrol düzeneğine gereksinim duyarlar.

U-GİS uydu sisteminde tipik bir transponderin basitleştirilmiş yapısı Şekil 17 de verilmiştir. Gezgin birimler uyduya L bandında işaret gönderirler veya alırlar. Geçiş terminali gibi sabit istasyonlar uydu ile Ku bandında işaretleşir. Bu nedenle bir transponderde hem L band hem de Ku band alıcı-vericileri bulunur. Alıcı-verici yalıtımı diplexer ile sağlanır. Gezgin birimden uyduya L bandında gönderilen işaretler L-band anteni aracılığı ile alınır ve L band alıcısına ulaşır. L-band işaretleri çoğullama ile Ku banda



Şekil 17. U-GİS 'de uydu transponderi [6]

dönüştürülüp verici anteni ile geçiş terminali ve ana istasyonlara gönderilir. Ana istasyon ve geçiş terminalinden gönderilen Ku band işaretleri düşük gürültülü yükselteç yardımı ile yükseltilir. Demultiplexer ile ayrılan L-band kanalları güç yükseltecinden sonra L-band verici anteni yardımıyla yeryüzündeki gezgin birimlere gönderilir. Genelde transponder sayısı spot sayısına eşittir. Antenler spotlar arasında girişimi azaltmak için offset tasarımda olmalıdırlar.

Antenler servis alanı içerisinde çoklu spot kullanımına olanak sağlamalıdır. Bu her bir işaretin tek bir Ku band spotundan kararlaştırılan L band spotuna yönlenmesini gerektirir. Yani gezgin birime gönderilen tüm bilgiler uyduya tek bir Ku-band spotu ile erişir. Tersine durumda da yani gezgin birimlerden uyduya ayrı ayrı gönderilen işaretler yeryüzüne tek bir Ku band spotu ile iletilir. Bu nedenle Ku band belirli sayıda frekans dilimlerine bölünür ve her bir dilim belirli bir L-band spotu için kullanılır. Bu durumda iki karmaşık sorun ortaya çıkmaktadır. Birincisi, her bir L band spotu tarafından üretilen gerçek iletişim trafiği hem kesin olarak kestirilemez hem de zamanla değişir. İkinci sorun ise U-GİS kara, deniz ve hava için düşünülmektedir. Dolayısıyla bu servisler için ayrı ayrı paylar söz konusu olmaktadır. Aynı zamanda ulusal ve uluslararası bir paylaşım daha düşünülmesi gerektiğinden karmaşık bir durum ortaya çıkmaktadır. Her bir pay dilimi her bir spotta ortaya çıkmak zorundadır, aksi takdirde ulusal servisler için kullanılan kara, hava, deniz gezgin birimlerinde iletişim olanağı olmayabilir. Sonuç olarak her bir Ku band-L band transponder yolu için ve her bir L band-Ku band transponder yolu için olası band genişliği anahtarlama ile küçük band dilimlerine bölmek zorundadır. Böylece her bir yol yeterli toplam band genişliğini ve de uygun pay dilimlerini sağlayabilir.

2.6.2. YER SİSTEMİ

U-GİS teknik donanımında yer sistemi gezgin birim terminaleri ve sabit istasyonlar (geçiş terminali, ana

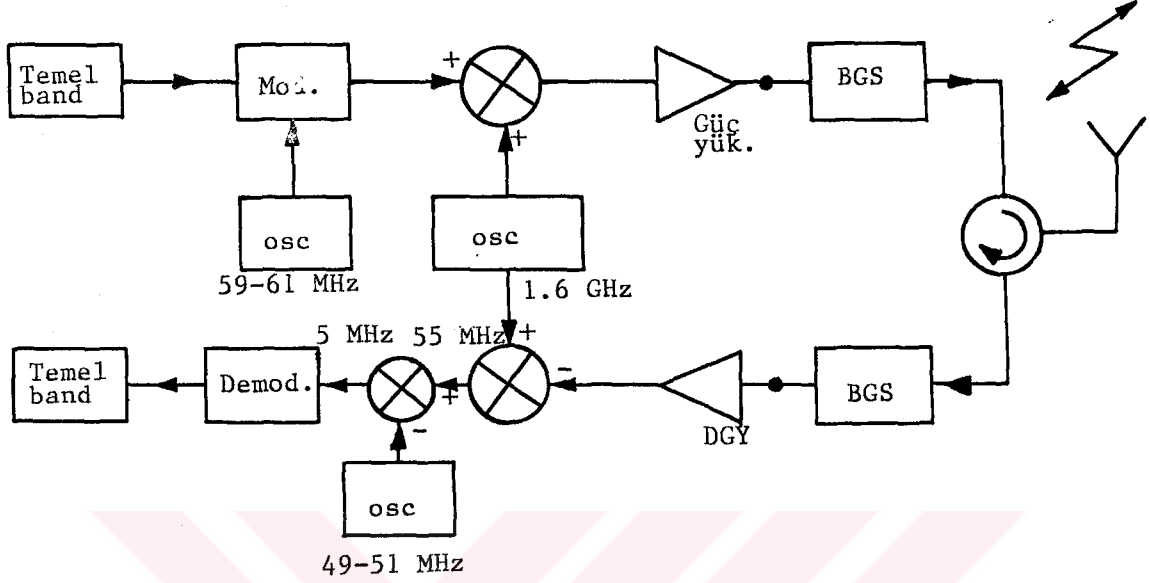
istasyonve şebeke işletim merkezi) olmak üzere iki ayrı kısımda incelenebilir.

1. Gezgin Birim Terminalleri

Gezgin birim terminali L bandda uydu ile doğrudan iletişim kurma yeteneğine sahip bir adet alıcı-verici den oluşur. İlke olarak yersel iletişim sistemlerindeki radyolara benzer yapıdadır. Yersel radyolarda 25 KHz veya 30 KHz kanal band genişliğine karşın uydu gezgin radyoda bu band genişliğinin 5 KHz olması düşünülmektedir [5]. Hata düzeltme kodlaması veya benzer teknikler uygulanarak gereksinim duyulan uydu gücünün azaltılabilmesi ve donanımda daha az karmaşıklık elde edilmesi için sayısal teknikler kullanılması öngörülmektedir. Sayısal tekniklerle radyo telefon konuşma, dağıtım mesajı, fax ya da text dahil her türlü veriler, mesaj paketleri, pozisyon belirleme ve çağrı servislerinin tümü sağlanabilir. Hücreyel radyoda olduğu gibi, uydu gezgin terminaler 5 KHz lik kanalların seçim ve ayarını kolaylaştırmak için frekans sentezleyicisine sahip olmalıdır.

Gezgin birim radyoları, alıcı ve verici olmak üzere iki bölümden oluşur. Karmaşıklığı önlemek ve ekonomiklik açısından ortak bir anten kullanılır. Alıcı ve verici kısım diplexer ile ayrılır. Böylece yüksek güçlü verici çıkışının alıcı girişini etkilemesi önlenir. Verici kısımda temel bandda alınan işaret modülatör, yukarı dönüştürücü ve güç yükselteci ile uyduya L bandında gönderilir. Gezgin birim anteni ile alınan işaret alıcıda önce düşük gürültülü yükselteç yardımıyla yükseltilir. Daha sonra aşağı dönüştürücü ve demodülatör ile temel banda indirilir. Dönüştürücüler için ortak bir yerel osilatör kullanılabilir. Şekil 18 de uydu-gezgin radyo terminalinin blok gösterimi verilmiştir [4].

Uydu gezgin radyo sisteminde gezgin birim anteni çok önemli bir yer tutar. Anten yapısına ve tipine çok farklı yaklaşımlar vardır. Gezgin birim antenlerini yüksek kazançlı (YKA) ve düşük kazançlı antenler (DKA) diye iki kısma ayrılabilir. YKA 'lere örnek olarak kazancı yaklaşık 10-14 dBi



Şekil 18. Uydu-gezgin radyo terminali [4]

olan steered antenler verilebilir. Bu tip antenler, gezgin birimin pozisyonunun değişmelerinde bile uydu ile aynı doğrultuda kalabilmekte ve dolayısıyla yönlü anten olarak çalışmaktadırlar. Bu antenler çok dar hüzme genişliğine sahip olduklarından aynı frekansın komşu uydular içinde kullanılmasına izin verirler. Steered antenler mekanik olarak döndürülür ve dairesel veya eliptik ışına paternine sahip olabilirler. Elemanlar dizisinin dairesel anahtarlanması sonucunda kazançları ortalama 13 dBi olmaktadır. Uydunun yönü elektronik algılayıcı ile algılanmakta ve anten düzlemine yerleştirilen motora bu bilgi aktarılmaktadır. Motor hareketi yardımıyla dizi elemanları uyduyla en fazla kazanç sağlayacak şekilde her iki yödede (yükselme açısı-azimuth) yönlendirilmektedir. Bu antenler iki eşkonumlu uydu arasında 20-26 dB lik uydular arası yalıtım sağlayabilmektedirler [69]. DKA'lere göre daha pahalı ve karmaşık yapıda olmaları, bakım gerektirmeleri sakınca olarak verilebilir. Fakat çok çok yönlü yayılım içeren ortamlarda bayılma etkisini en aza

indirdiklerinden tercih edilmektedirler. Özellikle düşük yükselme açılarında büyük bayılma etkisini düzeltmek için YKA'ların kullanılması daha uygundur. Dolayısıyla daha düşük uydu güçlerine gereksinim duyulur.

Diğer tip antenler ise düşük kazançlı antenlerdir (DKA). Bu antenler yönsüz (omnidirectional) antenler olup kazançları 4-6 dBi civarındadır. Bunlara örnek olarak drooping dipole (bükülmüş dipol), helis, mikroşerit levha, silindirik mikroşerit ve konik log spiral antenler verilebilir [6]. Bu antenlerin yapıları ve tasarımları oldukça basittir. Tek üstünlükleri basitliği ve çok düşük maliyetli olmalarıdır. Sakıncaları ise düşük kazanç ve çok yönlü saçılımlara karşı çok yüksek duyarlıklılı olmalarıdır. Bu nedenle daha büyük uydu güçlerine gereksinim duyarlar. Ayrıca geniş ışın demet genişliğine sahip olmalarından ötürü bir uydunun kapasitesini artırmak için çok sayıda spot ışımali olarak kullanma verimini kısıtlarlar. Çünkü komşu spotlarla girişime uğrama olasılıkları yüksektir. Düşük kazançlı antenler tüm azimuth açılarında yönsüz ışımali karakteristiğine sahiptirler.

2. Sabit İstasyonlar

Bu İstasyonlar Ku-bandda çalışırlar ve bilinen sabit uydu İletİşimi yer İstasyonlarının benzerleridir. U-GİS 'de kanal başına tek taşıyıcı (SCPC) tekniğı öngöröldüğünden, İşaretleşme kanalı aracılığı ile şebeke İşletim merkezinin tahsis ettiğı 5 KHz lik kanalların ayarlanması geçiş terminaleri aracılığıyla otomatik olarak yapılır. Ana İstasyon geçiş terminalinin basitleştirilmiş bir halidir. Bir sentezleyiciye gereksinim duyabilir ve sadece sabit bir kanal gerektirir. Daha yüksek İletişim kapasitesine sahip geçiş terminalerinde daha yüksek güç (anten kazancı+güç yük.) elde etmek için daha büyük antenler kullanılmalıdır. Geçiş terminalerinin kurulma ve İşletim maliyeti düşük olmalı ve görüşme maliyetine önemli bir ek bir maliyet getirmemelidir.

Yer sisteminde ayrıca özel gezgin radyo kullanıcılarının dispatch ana istasyonu ile iletişim sağlayabilmeleri için, kullanıcının veriyi giriş ve çıkış yapabilmesi için bir kişisel bilgisayar, klavye, display ve telex ya da eşdeğer bir arayüz birimi içeren sistemler olmalıdır.

2.7. U-GİS LİNK TASARIMI VE KULLANICI KAPASİTESİ

SCPC modda çalışan bir U-GİS için yukarı bağlantı C/No (dB) eşitlik (23) ile verilebilir.

$$(C/No)_y = (EIRP)_{yi} - L_y + (G/T)_u - k - N - P \quad (23)$$

Burada, N transponder başına etkin taşıyıcı sayısı (dB), P polarizasyon kaybı (dB) 'dir.

Aşağı bağlantı için C/No,

$$(C/No)_a = (EIRP)_u - B_0 - L_a + (G/T)_{yi} - k - N - P - F \quad (24)$$

Burada, F (dB) aşağı bağlantıda ağaç gölgelemesi ve çok yollu etkiden dolayı bayılma sınırıdır. Bayılma sınırı ek yol kaybı olarak da bilinir. Link ve sistem tasarımında F önemli bir parametre olup belirlenmesi gerekir.

SCPC de, en büyük yükleme koşulu için EIRP/kanal değeri,

$$(EIRP/kanal) = [(EIRP)_u - B_0] - 10 \log n \quad (dBW) \quad (25)$$

Burada, n etkin kanal sayısıdır. Kanal sayısı transponder gücü ve band genişliği tarafından belirlenir. izin verilen band genişliği ve transponder gücünü aşamaz, bu nedenle bu sistem güç-sınırlı ve bandgenişliği-sınırlıdır.

Bu durumda $(C/No)_a$,

$$(C/No)_a = (EIRP/kanal)_u - L_a - F + (G/T)_{yi} - k \quad (26)$$

biçimini alır [6].

Back-off sonucu nispeten doğrusallaştırılmış transponder için intermodülasyonun neden olduğu girişim küçüktür. Tipik olarak $(C/No)_{im} = 25$ dB düzeyindedir [6]. Bu nedenle toplam C/No eşitlik (27) deki gibi yazılabilir.

$$(C/No)_t = 1/[(No/C)_y + (No/C)_a] \quad (27)$$

Tasarımda $(C/No)_y$, $(C/No)_a$ dan 10 dB daha büyük seçilmektedir [6]. Bu nedenle $(C/No)_t$ yaklaşık olarak eşitlik (28) ile verilebilir.

$$(C/No)_t \approx (C/No)_a \quad (28)$$

olarak alınabilir.

Görüldüğü gibi sistem başarımında $(C/No)_a$ büyük önem taşımaktadır. $(C/No)_a$ nin parametrelerinden F (dB) uydu gezgin sisteminde kritik bir faktör olmaktadır. F faktörü ağaç gölgelemesinin büyüklüğüne, yükselme açısına ve çok yönlü yayılım etkisine bağlıdır. Sistem tasarımı ve gerçekleştirilmesinde, sistemin uygulanacağı bölgede mutlaka F belirlenmeli ve elde edilen sonuçlara göre U-GİS tasarlanmalı ve gerçekleştirilmelidir.

U-GİS kullanıcı kapasitesi belirlenmek istenirse, mevcut transponder bandının 100 kanala bölündüğünü düşünelim. Konuşma istatistiğine göre bir görüşmede % 40 konuşma, % 50 dinleme ve % 10 ara olur. Bu durumda bir kanalın etkinlik faktörü 2.5 dir. Ortalama trafik yoğunluğu ise 0.01 Erlang 'dır. [6]. Bu durumda abone sayısı $(100 \times 2.5 / 0.01)$ 25 000 olur. Dört spotlu bir U-GİS sistemi için toplam abone sayısı 100 000 olur. Bu kapasite kullanıcıların durumuna ve kanalın kullanım amacına göre değişebilir.

3. U-GİS YAYILIM ÖZELLİKLERİ

3.1. GİRİŞ

U-GİS 'de yayılım etkileri sabit uydu sistemleri ve yersel radyo sistemleri yayılım etkilerinden farklılık gösterir. Sabit uydu sistemlerinde yer istasyonları yüksek kazançlı ve yönlü antenlere sahiptirler. Bu nedenle herhangi bir gölgeleme ve çok yönlü yayılım gibi yer etkileri söz konusu değildir. Hücresel ve benzeri yersel radyo sistemlerinde ise en önemli sorun düşük yükselme açılarından ötürü arazi engellemesi ve çok yönlü yayılımdır.

U-GİS hem uyduya ait hem de yersel radyo sistemlerine ait yayılım etkileri altında kalır. Sistemde genellikle, üstüne düşük kazançlı ve yönsüz anten yerleştirilmiş gezgin birim değişik arazi ortamlarında bulunabilir. Bu nedenle alıcı anteni görüş doğrultusundaki doğrudan dalga dışında değişik yönlerden gelen işaretlere de duyarlı olmaktadır. Doğrudan dalga iyonosfer ve troposferde çeşitli bozucu yayılım etkilerine uğramakla birlikte, en önemli etkiler ağaç gölgelemesi ve çok yönlü yayılım gibi yer etkileridir.

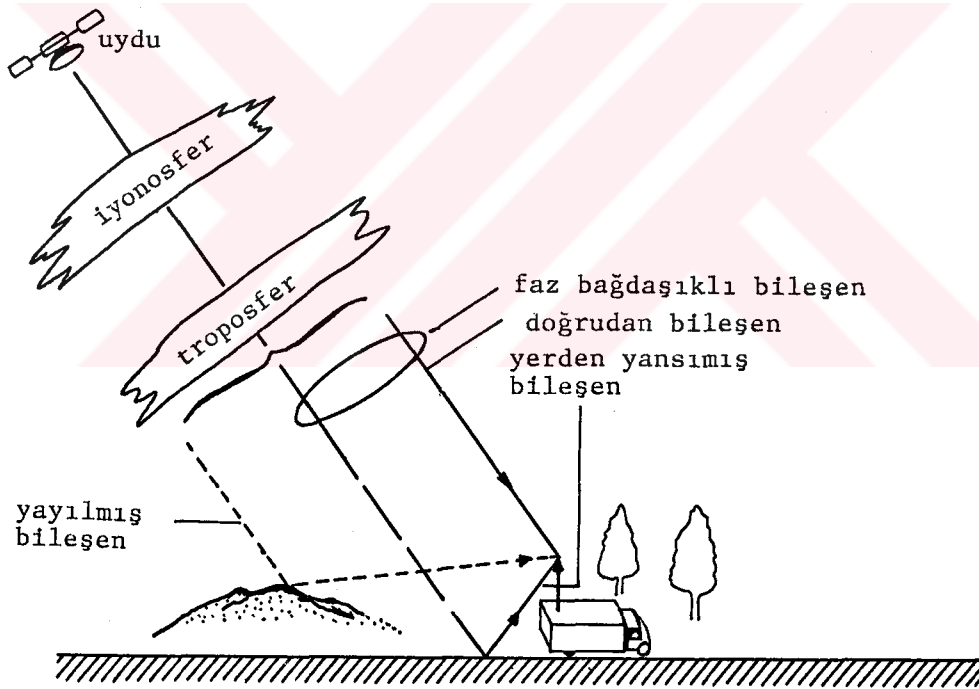
Bu bozucu yayılım etkileri alınan işarete güçlü bayımlara neden olmakta bu da sistem başarımını ve uygulanabilirliğini olumsuz etkilemektedir. Sistem tasarımı ve geliştirilmesinde yayılım özelliklerinin iyi belirlenmiş olması gerekir.

3.2. U-GİS İŞARET BİLEŞENLERİ

U-GİS 'de uydudan gönderilen işaret gezgin birim alıcı antenine üç ayrı yoldan ulaşır. Dolayısıyla alınan işaret üç bileşenin toplamıdır. Bunlar,

1. Doğrudan bileşen
2. Yerden yansımış bileşen
3. Yayılmış bileşen

olarak verilebilir. Şekil 19 da U-GİS 'nin fiziksel yayılım modeli gösterilmiştir. Sistemde gezgin birim nispeten düşük kazançlı yönsüz antene sahip olduğundan her uç bileşende etkili olmaktadır. Bu durum uydu gezgin iletişim sistemi başarımını olumsuz yönde etkiler. Bu üç elektromanyetik dalga bileşenini ayrı ayrı incelemekte yarar vardır.



Şekil 19. U-GİS fiziksel yayılım modeli [41]

3.3. DOĞRUDAN BİLEŞEN

Doğrudan bileşen uydu ile gezgin birim alıcı anteni arasında görüş doğrultusundaki (LOS) elektromanyetik dalgadır. Doğrudan bileşen çeşitli bozucu etkilere uğramakta, bu

da sistemde iletişim başarımını etkilemektedir. Bu etkiler üç ana grupta toplanabilir.

1. İyonosferik Etkiler
2. Troposferik Etkiler
3. Yer Etkileri

3.3.1. İYONOSFERİK ETKİLER

İyonosfer, yerden 50 km yükseklikten başlayan yaklaşık 2000 km 'ye kadar çıkabilen yer atmosferinin iyonize olmuş bölümüdür. Radyo dalgalarını etkileyecek derecede çok iyon ve elektron içeren iyonosfer üç ayrı tabakadan oluşur: D tabakası (50-90 Km arası), E tabakası (90-130 Km arası), F tabakası (130 Km den yukarısı). İyonosferik yapı yerin manyetik alanı ve geomanyetik enlemin etkisiyle değişim göstermektedir [78].

Elektromanyetik dalga yayılımında en önemli iyonosferik etkiler; Faraday dönmesi, parıldama, yayılım gecikmesi, soğurma, dağılma ve kırılma olarak verilebilir.

3.3.1.1. FARADAY DÖNMESİ

İyonosfer, nispeten durgun bir manyetik alan içerisinde serbest elektronlar içerir. Bu bileşim düzgün polarize edilmiş dalgada polarizasyon dönmesine sebep olur. Bu dönme $f > 100$ MHz için eşitlik (29) ile verilir [8].

$$\phi = 1.35 \cdot 10^6 \frac{B_e N_e}{f^2} \quad (\text{derece}) \quad (29)$$

Burada, f Hz olarak frekansı, B_e ise Weber/m² olarak yerin manyetik alanını göstermekte olup eşitlik (30) ile verilir.

$$B_e = \frac{\int N B \cos \theta_B dl}{N_e} \quad (30)$$

Burada θ_B , yayılım yönü ile yerin manyetik akı yoğunluğu vektörü arasındaki açıdır. N_e toplam birim yüzeydeki elektron miktarı ($\#$ elektron/ m^2) olup eşitlik (31) ile hesaplanır.

$$N_e = \int N dl \quad (\# \text{ elektron}/m^2) \quad (31)$$

Burada, l iyonosfer içerisindeki yol uzunluğu, N ($\#/m^3$) yol boyunca elektron yoğunluğudur. N_e ve B_e nin en büyük değeri,

$$\begin{aligned} N_e &= 1.86 \cdot 10^{18} \quad (\#/m^2) \\ B_e &= 0.43 \cdot 10^{-4} \quad (\text{Weber}/m^2) \end{aligned}$$

olarak alınır [8]. Bu durumda $f=870$ MHz için $\phi=142.7^\circ$, $f=1.5$ GHz için $\phi=48^\circ$ olmaktadır. UHF frekanslarında polarizasyon uyumsuzluğunun önemli kayıplara neden olacağı söylenebilir. Dairesel polarizasyon kullanılarak bu etki en aza indirilir.

iyonosferik parıldama, iyonosferde özellikle F tabakasındaki elektron yoğunluğu düzensizliklerinden ötürü genlik, faz ve yayılım varış açısında değişimlerin olmasıdır. Parıldama yoğunluğu güneş aktivitesi ile artar. Parıldama etkisi 10 GHz in üzerinde azalmaktadır.

Serbest uzay gecikmesine ek olarak, iyonosferde yayılım gecikmesi oluşmaktadır. Yayılım gecikmesi, elektron yoğunluğuna ve frekansa bağlı değişmekte olup aşağıdaki eşitlik (32) ile verilir [78].

$$\tau = 1.33 \cdot 10^{-19} \frac{N_e}{f^2} \quad (s) \quad (32)$$

Soğurma, elektromanyetik enerjinin ısı enerjisi gibi başka bir biçime dönüşmesi olayıdır. Frekans arttıkça soğurma artar. Oksijen molekülleri, su buharı molekülleri, yağmur damlaları gibi yapılar soğurmaya neden olur. Bu yapılar genellikle troposferde bulunduğundan esas soğurma etkisi troposferde önem kazanır.

Tablo 1. Doğrudan bileşende yayılım etkileri [78-80]

Yayılım etkisi	Fiziksel nedeni	Frekansla ilişkisi	1.6 GHz için değeri
Faraday dönmesi	Yerin manyetik alanı	$1/f^2$	42°
Yayılım gecikmesi	Troposfer, iyonosfer	$1/f^2$	0.1 s
Kırılma	Atmosferik gazlar	$1/f^2$	> 14"
Varış yönü değişimi	iyonosfer	$1/f^2$	$(1.3 \cdot 10^{-3})^\circ$
Dağılma	iyonosfer	$1/f^3$	0.1 ns/MHz
Gaz soğurması	Moleküler oksijen, su buharı	f arttıkça artıyor	0.07 dB
Bulut zayıflatması	Troposfer	f arttıkça artıyor	< 0.01 dB
Yağmur zayıflatması	Troposfer	10 GHz'in üstünde çok etkili	< 0.1 dB
Sis zayıflatması	Troposfer	30 GHz'in üstünde etkili	---

Tablo 1 de doğrudan bileşen üzerinde bozucu iyonosferik ve troposferik etkiler özetlenmiş, L-band (1.6 GHz için) değerleri belirtilmiştir.

3.3.2. TROPOSFERİK ETKİLER

Troposfer, atmosferin yeryüzeyinden başlayarak 10-13 km yükseğe kadar uzanan en alt bölgesidir. Troposferde yükseklik artarken sıcaklık düşer. Atmosferin radyo kırılma indisini belirleyen atmosferik gazları (su buharı ve oksijen molekülleri) içerir. Troposferik bozucu etkiler genellikle 1 GHz'in üstünde artar ve 10 GHz'in üstünde ise çok önem

kazanmaktadır. Önemli etkiler bulut, sis ve yağmur zayıflatmasıdır. Moleküller, oksijen ve su buharı elektromanyetik enerjide soğurma nedeniyle zayıflatmaya neden olurlar. Buna gaz soğurması adı verilir ve 22.3 GHz de en büyük zayıflatma değeri oluşur. Zayıflatma $f \leq 10$ GHz in altında gözardı edilebilecek kadar küçüktür. Yağmur özellikle 10 GHz 'in üstünde önemli olmaktadır. Kar, dolu, sis, ve bulut gibi diğer durumlar 30 GHz 'in altında gözardı edilebilir bir zayıflatmaya neden olmaktadır [78].

3.3.3. YER ETKİLERİ

Yeryüzeyindeki dağ, tepe gibi arazi düzensizlikleri ile bina ve ağaç gibi yapılar işarette saçılıma, yansımaya ve engelleme zayıflamalarına neden olurlar. Saçılım ve yansıma sonucunda, U-GİS yayılımında yerden yansımış bileşen ve çok yollu saçılmış dalgaların toplamı olan yayılmış bileşen oluşur. Bu iki bileşenin özellikleri daha sonra incelenecektir.

Doğrudan bileşende en önemli yer etkileri bina ve ağaç gölgelemesidir.

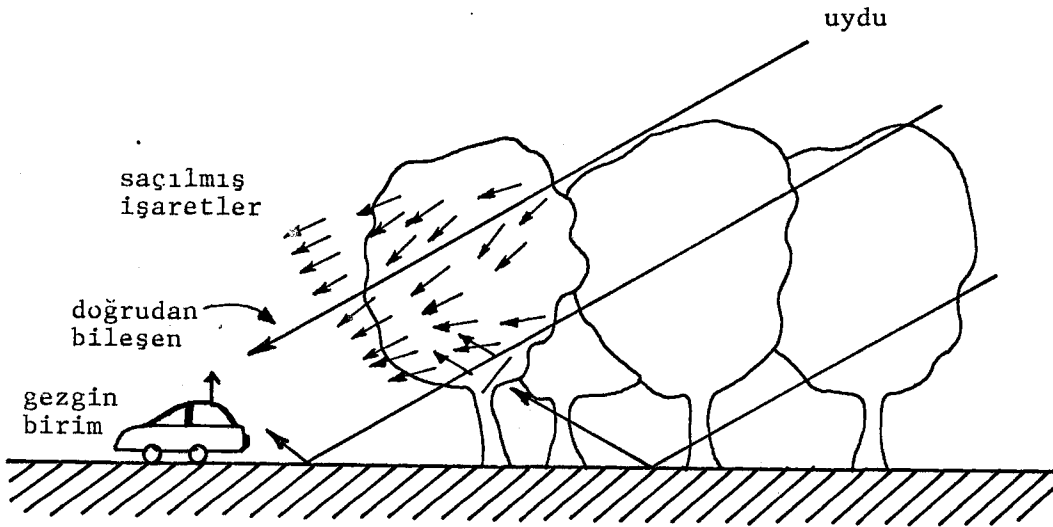
3.3.3.1. BİNA VE ARAZİ ENGELLEMESİ

U-GİS de doğrudan bileşen bina, dağ, tepe gibi fiziksel engeller tarafından engellenir. Özellikle düşük uydu yükselme açılarındaki kentsel ve engebeli dağlık arazilerde doğrudan bileşen U-GİS gezgin birim alıcı anteni tarafından alınamaz. Bu durumlarda alıcı antenine sadece çok yollu saçılmış bileşen ulaşır. Doğrudan bileşenin alınmadığı ve sadece düzeyi çok düşük yayılmış bileşenin varlığında U-GİS yeterli güç düzeyi sağlayamadığından bu bölgelerde tanımlı olmamaktadır. U-GİS kent dışı kırsal alanlar için uygun olmaktadır. Bu tür bölgelerde yersel sistemler kullanılarak, U-GİS sistemi ile bütünleşen bir gezgin iletişim servisi kurmak gerekmektedir.

3.3.3.2. AĞAÇ GÖLGELEMESİ

U-GİS de doğrudan bileşenin ağaçlar tarafından engellenmesi ağaç zayıflatmasına neden olmaktadır. Gezgin birim alıcısı yol kenarı ağaçlıklı yollarda ve orman içi yollarda sürekli bu bozucu yayılım etkisi altında kalmaktadır. Ağaç zayıflatması U-GİS yayılımında en önemli bozucu etkiyi yaratmaktadır. Şekil 20 de ağaç gölgeleme etkisi gösterilmiştir.

Dalga yayılımında bitki örtüsü veya ağaç, farklı dielektrik katsayılarına sahip yaprak, sap, meyva gibi yapıların karışımından oluşur. Bu yapılar homojen olmayan bir ortam olarak kabul edilebilir. Böyle bir ortamın içerisinde dalga yayılımında soğurma ve saçılım oluşur. İşaretleme miktarı bu soğurma ve saçılım katsayılarına bağlı olarak değişir. Her iki büyüklükte örtü ya da ağacın dielektrik



Şekil 20. U-GİS 'de ağaç gölgelemesi

katsayısına, nem miktarına, fiziki yapısına, ağacın cinsine, yaprak yoğunluğuna bağlıdır. Böyle bir yapının dalga yayılımı açısından fiziksel büyüklüklerini analitik ve teorik olarak belirlemek için başarılı bir model yoktur. Ağaçlar üzerinde zayıflatma miktarlarını belirlemek amacıyla yapılmış özellikle L bandda çok az sayıda deneysel ölçme vardır.

Ağaçlar özellikle yapraklı dönemlerde ve nem miktarının fazla olduğu dönemlerde en büyük zayıflatmaya neden olurlar. Aynı tip ağacın zayıflatma miktarı mevsime göre değişiklik göstermektedir. Ağaçların zayıflatma katsayıları türlerine göre değişir. Öte yandan düşük yükselme açılarında zayıflatma büyümektedir.

Vogel ve Goldhirsh 9 değişik ağaç için 869 MHz de ortalama ağaç zayıflatma miktarlarını Tablo 2 deki gibi tesbit etmişlerdir.

Tablo 2. Değişik ağaç türleri için $f=869$ MHz zayıflatma değerleri [81, 82]

ağaç türü	ort. zayıflatma (dB)	zayıflatma katsayısı (dB/m)
Beyaz çam	10.6	1.2
İskoç çamı	6.6	0.7
Norveç akça ağacı	10.0	3.2
Armut	10.6	1.0
Çam	15.4	1.1
Meşe	11.1	0.8
İğne meşe	6.3	0.6
Holly	12.1	1.2
Sassafras	9.8	1.9

Ulaby v.d. çam ağacı için 1,6 GHz frekansında 9.3 dB lik bir ortalama zayıflatma ölçmüşlerdir [83]. Butterworth 800 MHz de 24 m ağaç gölgelemesi altında 7 dB lik bir zayıflatma belirlemiştir [18]. Campbell ve Estus 1.3 GHz de karışık ağaç topluluğu için 10-20 dB lik bir toplam zayıflatma ölçmüşlerdir [84].

Ağacın U-GİS yayılımında etkisini belirlemek için yapılan bu çalışmalarda ölçüm düzeneği ve yöntemlerden kaynaklanan sonuç farklılığı olmasına rağmen sistem tasarımcılarına bir fikir sunmaktadırlar. Fakat L-band için eldeki bilgiler fazla değil ayrıca değişik ağaçlar için hemen hemen hiç bilgi yoktur. Bu nedenle sağlıklı bir sistem tasarımı için ağaçların L band yayılım zayıflatma katsayıları belirlenmelidir.

3.4. YERDEN YANSIMIS BİLEŞEN

Gezgin birim yakınında yerden yansiyarak alıcı antene ulaşan bir faz bağıdaşıklı dalgadır. Specular yansımış bileşen olarakta adlandırılır. Bu bileşen birinci Fresnel bölgesinde (içerisinde) yansımış dalgayı içerir. Genellikle Fresnel bölgesinin boyutları grazing açısı ve frekansın artması ile azalır. Düşük kazançlı antenler kullanan sistemlerde, bu bileşen antenin ışınma alanı içerisine düşeceğinden doğrudan dalga ile yerden yansımış bileşenin girişimi bir bayılma derinliğine neden olur. Şekil 21 de yansıtma düzlemi ve Fresnel bölgeleri gösterilmiştir. U-GİS de verici yer yansıtma düzlemine göre çok yüksek, gezgin birim alıcı anten yüksekliği ise çok düşüktür. Bu nedenle sadece ilk birkaç Fresnel bölgesinden yansımış dalga alıcı anteninde etkili olur [36].

Specular bileşenin genliği birinci Fresnel Bölge alanı içerisindeki yeryüzeyi için yansıtma katsayısı yardımıyla tanımlanır. Specular yansıtma katsayısı R_s eşitlik (33) ile verilebilir [19].

$$R_s = p_s D R_0 \quad (33)$$

p_s : Yeryüzü engebellelik faktörü

D : yerin eğri olması nedeniyle iraksama faktörü

R_0 : Engebeyesiz bir yer düzlemi için karmaşık genlik yansıtma katsayısı

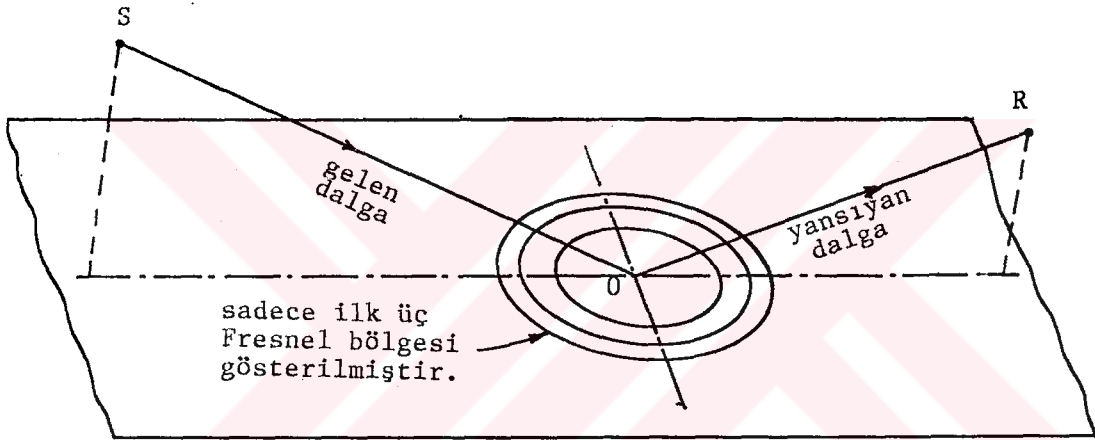
Yeryüzü engebelilik faktörü p_s , engebesiz yüzeyler için bire yaklaşır, yüzey düzensizliğinin artmasıyla azalır. Ayrıca grazing açısının artmasıyla da azalır.

$$p_s = \exp -[1/2 (4\pi \sin\alpha) \sigma_1/\lambda] \quad (34)$$

σ_1 = Yüzey düzensizliği yüksekliğinin standart sapması

α = grazing açısı

λ = dalga boyu (m)

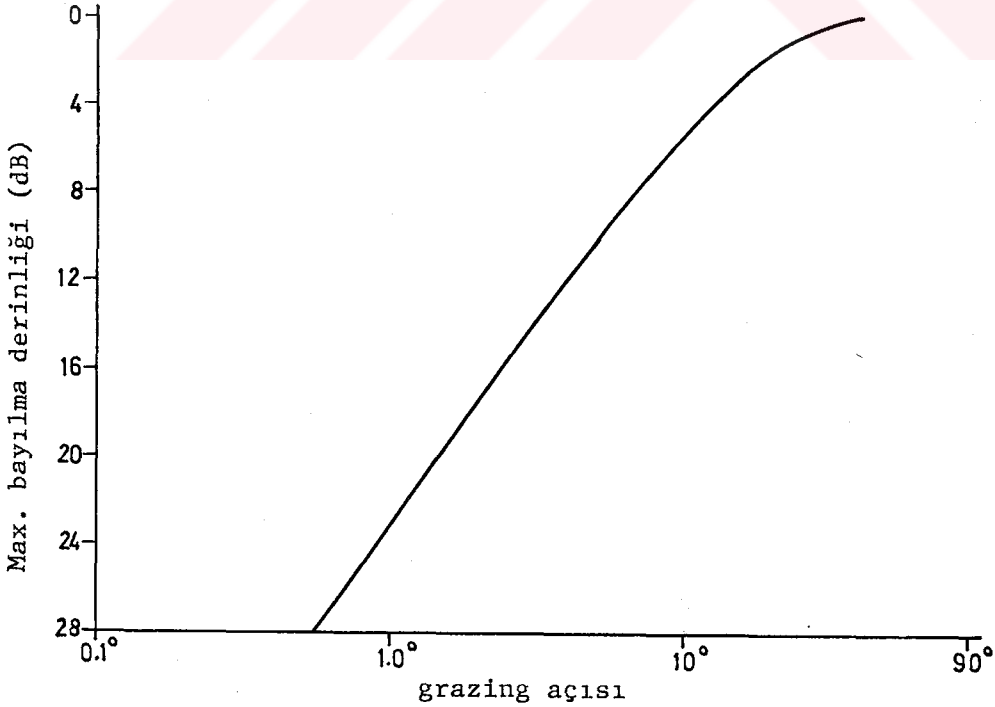


Şekil 21. Yansıtma düzleminde Fresnel bölgeleri [85]

Iraksama faktörü D , yeryüzeyinin düz olmaması nedeniyle yansıyan enerjinin ayrılmasının bir ölçüsüdür. Bu faktör gezgin birim antenin yeryüzünden çok yüksekte olduğu (yani uydu-hava gezgin iletişim sistemlerinde) durumlarda önem kazanır. Uydu-kara gezgin iletişim sistemlerinde uygulanabilir yükselme açıları için bu faktörün değeri bir 'dir. Karmaşık genlik yansıtma katsayısı R_0 , toprağın iletkenliğine ve bağıl geçirgenliğine, grazing açısına ve dalganın polarizasyonuna bağlıdır.

Büyük uydu yükselme açılarında, yerden yansımış bileşen gezgin birim antenine uydu yükselme açısına eşit fakat ters yönde gelir. U-GİS için antenler genellikle yönsüz ve düşük

kazançlıdır, fakat yatayın altında bir açıda ulaşan bu işaret anten ışına karakteristiğinin arka ya da yan-kulak bölgesine düşeceğinden doğrudan bileşene göre çok çok düşük kazançla alınır. Ayrıca Brewster açısından büyük yükselme açıları için, yansıyan dalganın polarizasyonu doğrudan dalgaya göre terslenir. Gezgin anten karakteristiğine bağlı olarak bu dalga için polarizasyon kuplaj kaybı daha büyük olur. Brewster açısından küçük yükselme açılarında polarizasyon terslenmez dolayısıyla anten herhangi bir polarizasyon kuplaj kaybı sağlayamaz. Yerden yansımış bileşen sadece düşük yükselme açılarında önemli olmaktadır. U-GİS için Brewster açısının 15° olduğu tesbit edilmiştir [19]. U-GİS uygulamalarında yükselme açısı genellikle Brewster açısından büyük olmaktadır. Diğer taraftan engebeli yüzeylerden yansımış dalganın genliği yükselme açısının büyümesiyle azalır. Şekil 22 de yönsemesiz bir anten için grazing açısına göre yerden yansımış bileşenin alınan işarette neden olduğu bayılma değişimi verilmiştir. Büyük yükselme açılarında bu bileşenin U-GİS için bayılma etkisi gözardı edilebilecek bir değerdedir.



Şekil 22. Bayılma derinliğinin grazing açısıyla değişimi [19]

3.5. YAYILMIŞ BİLEŞEN

Yayılmış bileşen; birinci Fresnel Bölgesi dışından gezgin birim etrafındaki araziden (dağ, tepe, ev vb.) saçılma uğramış işaretlerin toplamıdır. Çok yönlü bileşen olarak da adlandırılan bu bileşen toplam alınan işaretin faz bağıdaşıklığı olmayan kısmıdır. Çok yönlü işaretin herbirisi rastlantılı genlik, faz ve polarizasyona sahiptir. Bu nedenle doğrudan bileşenle yayılmış bileşenin girişimi alınan toplam işaretle hızlı değişen yayılmaya neden olur. Herbiri A_1 genliği ve ϕ_1 fazına sahip birden çok rastlantısal fazörün toplamı yayılmış bileşen olarak tanımlanır. Alıcı anteni tarafından alınan yayılmış bileşen R_{yay} ,

$$R_{yay} = r \exp [j\theta] = \sum_{i=1}^N A_1 \exp [j\phi_1] \quad (35)$$

Burada r yayılmış bileşenin genliği θ ise yayılmış bileşenin fazıdır. A_1 saçılmış i . dalganın genliği, ϕ_1 ise i . dalganın doğrudan bileşene göre faz farkıdır.

Yayılmış yansıtma katsayısı R_D eşitlik (36) ile verilir.

$$R_D = p_d R_0 \quad (36)$$

Burada, p_d saçılım katsayısı, R_0 ise engebesiz yer düzlemi için yansıtma katsayısıdır. Çok engebeli yüzeyler ve yönsüz bir anten için R_D nin ortalama değeri 0.35 civarında iken elektromanyetik enerjide soğurma etkisi yapan bitkisel saçıcı ortamlarda 0.1 düzeyindedir [80].

Yerden yansımış bileşende olduğu gibi alınan işaretle yansımış bileşenin etkisi anten karakteristiği ile ilişkilidir. Anten kazancı yatayın altında çok düşüktür, fakat yayılmış bileşen alıcı antenine genellikle yatayın üstünde bir açı ile ulaşmaktadır. Doğrudan bileşene göre çok düşük bir güce sahip olmasına rağmen sistemde etkisi gözardı edilemez. Dolayısıyla U-GİS için yayılmış bileşen önemli bir bozucu etki yaratmaktadır.

3.6. DİĞER BOZUCU ETKİLER

U-GİS de iyonosferik, troposferik ve yer etkilerinden başka bozucu etkiler olarak doppler etkisi ve uydu eğriselliği verilebilir.

3.6.1. DOPPLER ETKİSİ

Gezgin iletişimde, görüş doğrultusunda alınan işaretin frekansı gezgin birimin hareketliliğinden ötürü etkilenir. Gönderilen taşıyıcı işaret frekansı gezgin alıcıda farklı bir frekansta alınır. Gönderilen taşıyıcının frekansı ile alınan işaretin frekans farkına doppler frekans kayması, bu etkiyede doppler etkisi adı verilir. Bu frekans kayması bir kapalı çevrim frekans kontrol sistemi yardımıyla giderilebilir. Doppler frekans kayması f_d ,

$$f_d = \frac{\pm v \cos E \cos \alpha}{\lambda} \quad (37)$$

Burada;

v : taşıtın hızı (m/sn)

E : kaynak yükselme açısı

α : taşıt yönünün kaynak azimuthundan sapma açısı

λ : dalga boyu (m)

En büyük doppler etkisi yükselme açısı (E) 0° ve uydu azimuthuna dik hareket eden bir taşıt ($\alpha=0^\circ$) için $f_m=\pm V/\lambda$ dir. 80 km/s hızla giden bir gezgin birimde alınan işaretin en büyük frekans kayması ± 107 Hz dir.

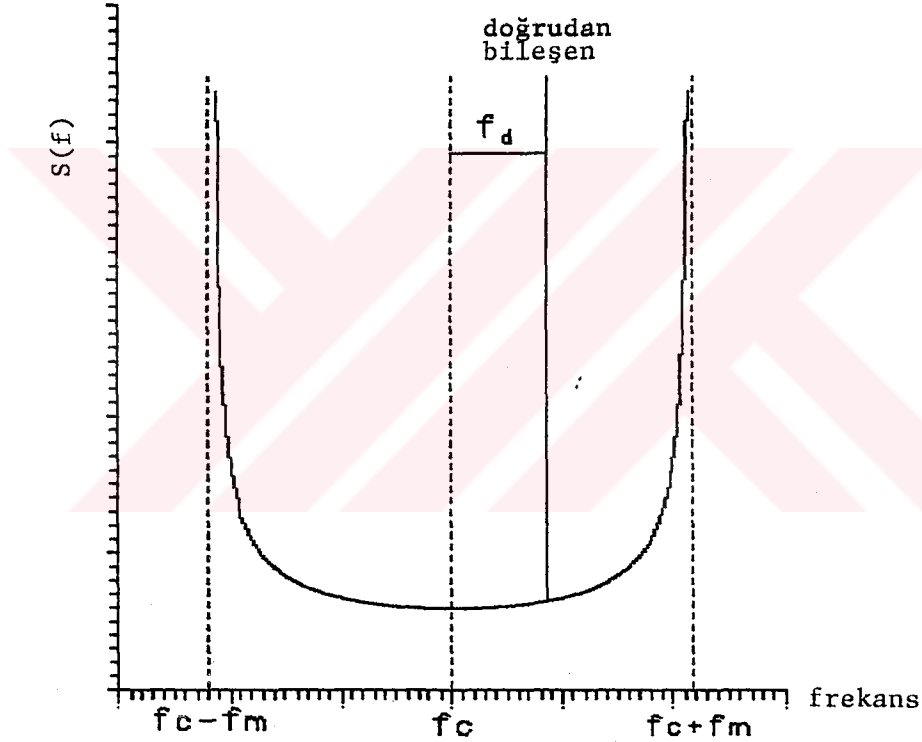
Gezgin birimde tüm azimuth açıları için yönsüz bir anten kullanıldığı düşünülürse, düzgün saçıcıların bulunduğu bir ortamda hareket eden gezgin birim tarafından, alınan çok yönlü bileşenler tüm yönlerden düzgün biçimde alıcıya ulaşırlar. Bu bileşenler kendi varış açlarına ve araç yönüne

bağlı bir doppler kayması yaratırlar. Bu durumda enerji spektral yoğunluğu $S(f)$ eşitlik (38) ile verilir [20].

$$S(f) = 1 / [\pi f_m (1 - f^2/f_m^2)^{3/2}] \quad (38)$$

Burada, f kaynak frekansı ile alınan frekans arasındaki fark, f_m ise en büyük doppler frekans kaymasıdır. Doppler etkisi alıcı band genişliğine yaklaşık iki f_m lik bir ek band genişliği getirmektedir.

Teorik olarak $S(f)$ 'nin f 'e göre değişimi Şekil 23 de çizilmiştir.



Şekil 23. Yönsesiz bir antenle alınan işaretin güç tayfı

3.6.2. UYDU EĞRİSELLİĞİ

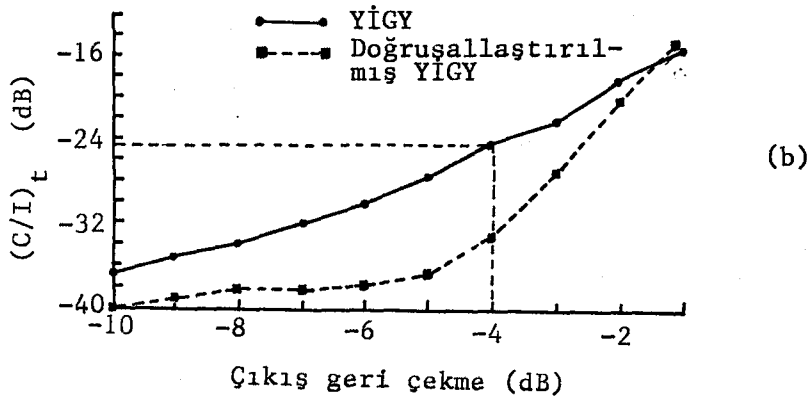
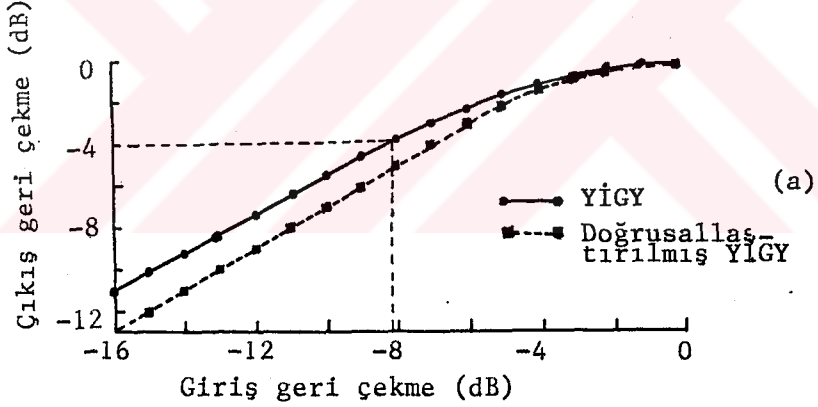
Uydu transponderinde verici güç yükselteci olarak yüksek frekanslarda özellikle Ku-bandda TWTA (yürüyen dalgalı tüp yükselteçler) kullanılır. TWTA 'lar eğrisel karakteristiğe sahip olduklarından bozulmalara neden olurlar. Bu bozulmalar;

1. Genlik eğriselliği: Çıkış genliğinin giriş genliğine göre eğrisel olmasından meydana gelir (eğrisel çıkış - giriş güç karakteristiği, AM/AM dönüşüm bozulması).

2. Faz eğriselliği: Çıkış fazının girişe göre eğrisel olmasından kaynaklanmaktadır (Eğrisel çıkış fazı -giriş gücü karakteristiği, AM/PM dönüşümü bozulması).

Düşük giriş gücü için çıkış gücü oldukça doğrusal olmasına karşın büyük giriş güçlerinde bir noktaya kadar çıkış gücü eğrisel olarak artar ve bu noktadan sonra çıkış gücünde azalma olur. Çıkış gücü bu noktada en büyüktür ve bu nokta doyum olarak adlandırılır. TWTA'nın çalışma noktası olarak doyum noktasının bir miktar aşağısı alınır. Bu işlem geri çekme olarak tanımlanır. Geri çekme, düşük güç düzeyinde çalışan (güç-sınırlı) U-GİS için önemli olmaktadır.

Genelde bir transponder, belirli bir band genişliği içerisinde farklı frekanslarda çok sayıda dar bandlı taşıyıcı veya geniş bandlı tek taşıyıcı içerir. Eğer çıkış katı



Şekil 24. Uydu eğriselliği

eğrisel ise tek taşıyıcı durumunda bazı genlik dalgalanmaları faz modülasyonuna dönüşecektir. Birçok taşıyıcı durumunda ise intermodülasyon nedeniyle girişim olacaktır. Bu nedenle karakteristiğin doyumun altındaki daha doğrusal bölgelerinde çalışmak zorunludur. Bu durum uydu eğriselliği olarak bilinir.

L bandda uydu transponder çıkış güç katında silisyum transistörlerin kullanılması öngörülmektedir. Doğrusallığı sağlamak için, yükselteçde çıkışın 4 dB lik bir geri çekme (back-off) ile doğrusallık elde edilmektedir [6]. Bu çalışma noktasında verim % 25 ler düzeyindedir. Doğrusallaştırma uygulanmış ve uygulanmamış yarı iletken güç yükseltecinin geçiş öz eğrisi Şekil 24-a da verilmiştir. 4 dB lik bir çıkış geri çekme değeri için giriş geri çekme değeri yaklaşık 8 dB dir. Şekil 24-b de ise $(C/I)_t$ ve çıkış gücü-geri çekme ilişkisi verilmiştir. 4 dB çıkış geri çekme için $(C/I)_t$ değeri yaklaşık 25 dB düzeyinde olmaktadır [6].

3.7. BAYILMA

Bayılma iletişimin temel sorunlardan biridir. Herhangi bir iletişim sisteminde, yayılım koşullarının sabit olmayıp sürekli değişmesi ve kararsızlığı alıcı anteninde alınan işaret genliğinin sabit kalmayıp değişim göstermesine neden olur. Bu duruma yani alınan işaret genliğinin sabit kalmayıp sürekli değişmesine bayılma adı verilir. Bayılma istenmeyen bir durumdur ve sistem başarımını olumsuz etkiler. Bir iletişim kanalında verici tarafından gönderilen işaret yayılım yolu boyunca ortamın homojen olmaması, sınır bölgelerinde süreksizlik nedeniyle yansımalar ve dielektrik sabitindeki değişmeler nedeniyle alıcı antenine farklı yollar katetmiş çoklu işaretler halinde ulaşır. Bu işaretler arasında faz farkı olması nedeniyle, alınan toplam işaretin genliğinde ve fazında rastlantısal değişmelere neden olur [86, 87].

U-GİS 'de yayılım ortamında fiziksel saçıcı ve engelleyici yapıların bulunması alınan işarete bayılmaya neden olur. Dağ, tepe gibi arazi düzensizlikleri ile yüksek yapılı

binalardan oluşan kentler ve ağaç gibi bitkisel yapılar sisteminde alınan işaretin genliğinde ve fazında güçlü değişimler yaratır. U-GİS için iki farklı bayılma tanımlanabilir [88].

1. Uzun süreli bayılma
2. Kısa süreli bayılma

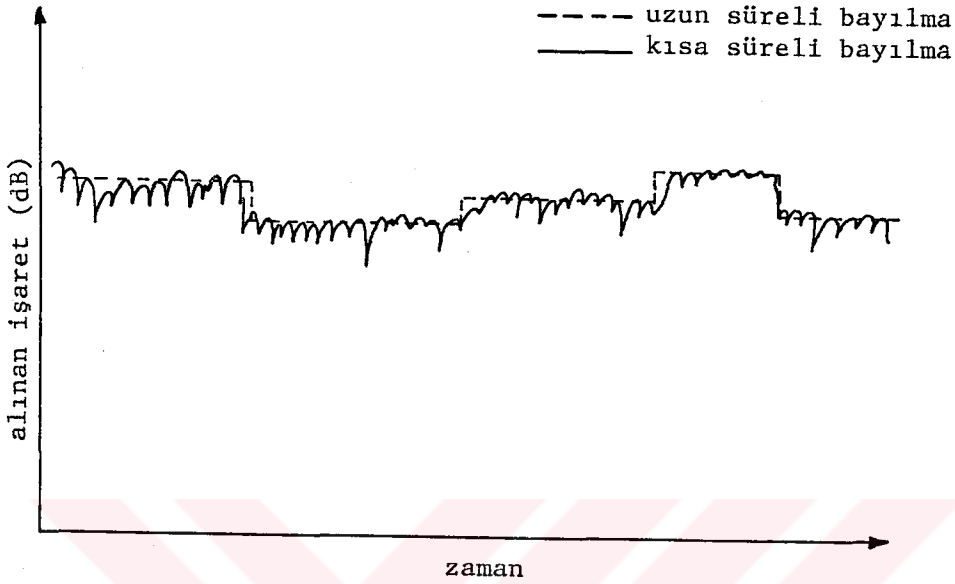
3.7.1. UZUN SÜRELİ BAYILMA

Alınan işaretle genlik değişiminin yavaş olması uzun süreli bayılma olarak tanımlanır. Uzun süreli bayılma, esasında alınan bayımlı işaretinin zarfıdır. Bu tür bayılmaya genel arazi biçimlerinin ve insan yapısı binaların doğrudan bileşeni kesmesi veya engellemesi neden olmaktadır. Örneğin gezgin birim açık arazide hareket ederken alınan işaretin düzeyi yüksektir. Çünkü doğrudan bileşen engellenmez. Kent içi, dağlık veya ağaçlıklı yollarda hareket ederken doğrudan dalga engelleneceğinden alınan işaret düzeyi düşüktür. Engelleyici ortamların homojen olmaması nedeniyle alınan işaret düzeyi zamanla değişir. Bir gezgin birim alıcısında alınan işaretle uzun süreli bayılma, alınan işaretin yerel ortalama değeri alınarak belirlenir. Örnek olarak Şekil 25 de açık arazi, kent, dağlık ve ağaç gölgelemeli yollarda alınan işaret ilkesel olarak çizilmiştir. t_1 anındaki işaret düzeyi,

$$m(t) = \frac{1}{2L} \int_{t_1-L}^{t_1+L} r(t) dt \quad (39)$$

ile hesaplanır. Uzun süreli bayılma altında alınan işaretin ortalama değeri oldukça düşük olacağından iletişim olanağı kesilebilmektedir.

Gölgeleme, uydu ile gezgin birim arasındaki görüş doğrultusunda gelen doğrudan dalganın fiziksel engeller tarafından kesilmesidir. U-GİS 'de özellikle ağaçlar



Şekil 25. Uzun ve kısa süreli bayılma

bileşende gölgeleme yaparlar. Gölgelemeden ötürü alınan işaretin genlik değişimleri lognormal dağılım özelliği gösterir [36]. Bir z rastlantı değişkeni için lognormal olasılık yoğunluk işlevi, normal yoğunluk işlevinde x rastlantı değişkeni yerine $x = \ln(z)$ konularak elde edilir. Bu durumda z nin lognormal olasılık yoğunluk işlevi,

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma z} \exp\left[-\frac{(\ln(z)-m)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (40)$$

Burada, m ve σ , sırasıyla $\ln(z)$ nin ortalama değeri ve standart sapmasıdır. Güç genellikle dB olarak verildiği için x ile z arasındaki ilişki;

$$x = 10 \log(z) \quad z = \text{güç (watt)} \quad (41)$$

ya da

$$x = 20 \log (z) \quad z = \text{gerilim (volt)} \quad (42)$$

olarak verilebilir. z rastlantı değişkeni watt olarak güce karşılık geliyorsa olasılık yoğunluk işlevi,

$$p(z) = \frac{4.3429}{\sqrt{2\pi} \sigma z} \exp\left[-\frac{(10\log(z)-m)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (43)$$

Burada, m ve σ , sırasıyla $10\log(z)$ nin ortalama değeri ve standart sapmasıdır. Eğer z rastlantı değişkeni gerilime karşılık düşüyorsa olasılık yoğunluk işlevi,

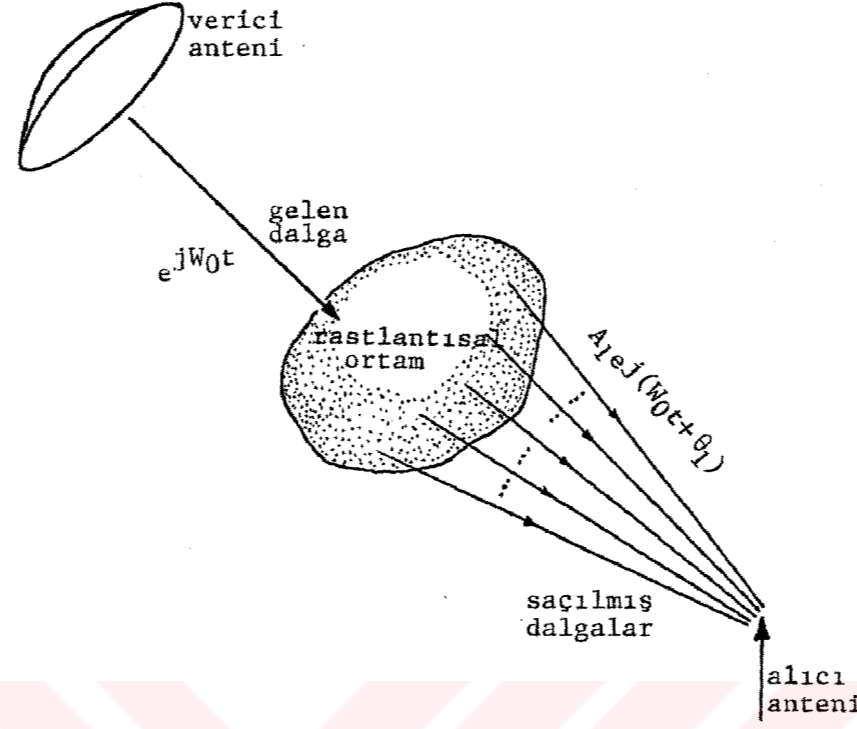
$$p(z) = \frac{8.6858}{\sqrt{2\pi} \sigma z} \exp\left[-\frac{(20\log(z)-m)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (44)$$

Burada, m ve σ sırasıyla $20\log(z)$ nin ortalama değeri ve standart sapmasıdır.

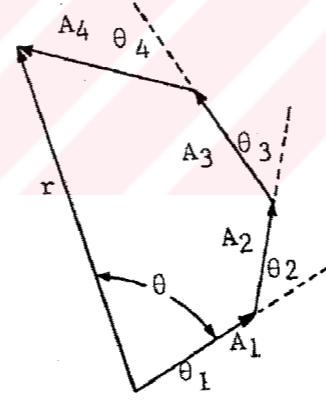
3.7.2. KISA SÜRELİ BAYILMA

Kısa süreli bayılma, alınan işarete hızlı değişimlerdir. Gezgin birim etrafındaki ev, bina, dağ ve tepe ile yol kenarındaki telefon ve elektrik direkleri gibi yapılar uydudan gönderilen doğrudan dalgada saçılımlara neden olurlar. Bu saçılan dalgalar alıcı antenine çok yönlü yayılım şeklinde ulaşır ve alınan işaret genliğinde hızlı değişimlere neden olurlar.

U-GİS de kısa süreli bayılma rayleigh bayılma özelliği gösterir. Gezgin birim etrafındaki fiziksel saçıcılardan çok yönlü olarak alıcı antenine ulaşan işaretler Şekil 26 da gösterilmiştir. Şekil 27 de ise bu işaretlerin fazörel toplamı verilmiştir [86].



Şekil 26. Rastlantısal ortamda saçılmış işaretler



Şekil 27. Saçılmış işaretlerin fazörel toplamı

3.7.3. RAYLEIGH BAYILMA

Rayleigh bayılmada alıcı tarafından alınan işarete doğrudan dalga alınamaz, sadece çok yollu işaretler alınır. Yayılmış bileşen rayleigh bayılma özelliği gösterir. Şekil 26 da gelen işaret $S_i(t)$ üstel biçimde yazılırsa,

$$S_i(t) = \exp(j\omega_0 t)$$

(45)

Gelen işaret $S_i(t)$, rastlantı ortamı sonucunda N adet işarete dönüşür. Alınan işaret $S_r(t)$, tüm bu saçılmış işaretlerin toplamına eşittir.

$$S_r(t) = \sum_{i=1}^N A_i \exp[j(W_0 t + \phi_i)] \quad (46)$$

$$S_r(t) = r \exp[j(W_0 t + \theta)] \quad (47)$$

$$r \exp[j\theta] = \sum_{i=1}^N A_i \exp[j\phi_i] \quad (48)$$

Saçılmış işaretlerin toplamı karmaşık fazör olarak ortaya çıkar. Şekil 27 de örnek olarak dört adet saçılmış işaretin vektörel toplamı gösterilmiştir.

Eğer saçıcılar ya da çok yönlü etkiyi oluşturan diğer yapılar ortam içerisinde yavaş ve rastgele değişiyorsa her bir işaretin genliği A_i ve fazı ϕ_i de zamanla ve rastlantısal olarak değişecektir. Dolayısıyla fazörlerin toplamı da rastlantısal değişen bir r genliğine ve θ fazına sahip olacaktır. Eşitlik (47) deki karmaşık fazörün gerçel ve sanal kısmı tekrar yazılırsa,

$$r \exp(j\theta) = x + jy \quad (49)$$

Burada,

$$x = \sum_{i=1}^N A_i \cos\phi_i \quad (50)$$

$$y = \sum_{i=1}^N A_i \sin\phi_i \quad (51)$$

olarak elde edilir.

Merkezi limit teoremi ile x ve y nin her ikisinde sıfır ortalama değerli ve $\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sigma^2$ varyanslı normal dağılım rastlantı değişkenleri olduğu gösterilebilir [86]. Bu durumda,

$$p_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right) \quad (52)$$

$$p_Y(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_y^2}} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (53)$$

$$\sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sum_{i=1}^N \frac{\sigma_{A_i}^2}{2} = \sigma^2 \quad (54)$$

Burada, $\sigma_{A_i}^2$, A_i rastlantı değişkeninin varyansıdır. x ve y nin her ikisinde aynı σ^2 varyanslı normal dağılıma sahip ve bağımsız rastlantı değişkenleri olduklarından,

$$p_{XY}(x, y) = p_X(x) p_Y(y) \quad (55)$$

olduğu gösterilebilir. $S_i(t) = \exp(jW_0 t)$ olan gönderilen işareten alınan işaret $S_r(t)$,

$$S_r(t) = r \exp[j(W_0 t + \theta)] = (x + jy) \exp(jW_0 t) \quad (56)$$

Burada x ve y eşit varyanslı bağımsız normal dağılım rastlantı değişkenleridir. Gelen ya da gönderilen işaretin,

$$S_i(t) = \cos W_0 t = \operatorname{Re}\{\exp(jW_0 t)\} \quad (57)$$

olduğu kabul edilirse alınan işaret, eşitlik (56) nin gerçel kısmı olur.

$$S_r(t) = r \cos(W_0 t + \theta) = (x \cos W_0 t - y \sin W_0 t) \quad (58)$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad \text{ve} \quad \theta = \tan^{-1}(y/x) \quad (59)$$

$$x = r \cos \theta, \quad y = r \sin \theta \quad (60)$$

Burada, x ve y değişkenleri kartezyen koordinatlara, r ve θ değişkenleri ise kutupsal koordinatlara karşılık gelir. Her iki koordinat sistemi değişkenleri için olasılık yoğunluk işlevi,

$$p_{xy}(x, y) = \frac{\exp[-(x^2+y^2)/2\sigma^2]}{2\pi\sigma^2} = \frac{\exp[-(r^2/2\sigma^2)]}{2\pi\sigma^2} \quad (61)$$

Kartezyen ve kutupsal koordinatlar arasında diferansiyel alanlar dönüştürülmüştür,

$$dx dy = r dr d\theta \quad (62)$$

olarak verilir. Bu durumda eşitlik (61) ve (62) den,

$$p_{r\theta}(r, \theta) dr d\theta = \frac{r \exp[-(r^2/2\sigma^2)]}{2\pi\sigma^2} dr d\theta \quad (63)$$

$$p_{r\theta}(r, \theta) = \frac{r \exp[-(r^2/2\sigma^2)]}{2\pi\sigma^2} \quad (64)$$

Yalnız genliğin olasılık yoğunluk işlevi $p_r(r)$ ' ni elde etmek için tüm olası fazlar üzerinden ortalama alınır,

$$p_r(r) = \int_0^{2\pi} p_{r\theta}(r, \theta) d\theta = \frac{r \exp[-(r^2/2\sigma^2)]}{\sigma^2} \quad (65)$$

Eşitlik (65) rayleigh olasılık yoğunluk işlevidir. Bu nedenle kısa süreli bayılma rayleigh bayılma olarak da tanımlanır. Benzer olarak tüm olası r değerleri üzerinden $p_{r\theta}(r, \theta)$ nın ortalaması alınarak fazın olasılık yoğunluk işlevi $p_\theta(\theta)$ elde edilir.

$$p_\theta(\theta) = \int_0^{\infty} p_{r\theta}(r, \theta) dr = \frac{1}{2\pi} \quad (66)$$

Bu sonuçlar incelendiğinde, çok yollu yayılım sonucu oluşan kısa süreli bayılmanın genlik değişimi rayleigh, fazı ise düzgün dağılım ($0-2\pi$ arasında) olduğu görülür.

3.7.4. RİCIAN BAYILMA

Rayleigh bayılma, alıcıda doğrudan bileşenin olmaması sadece rastlantı ortamı sonucunda çok yollu saçılmış ve hiç birisi baskın olmayan dalgaların toplanmasıdır. Uydu-gezgin iletişim yayılımında alıcı antenine düşük düzeyli saçılmış çok yollu dalgaların yanında güçlü ve baskın doğrudan dalga ulaşır. Kararlı bir doğrudan bileşenin olması alınan işaretin faz ve genlik dağılımının rayleigh dağılımdan farklılık göstermesine yol açar.

Alınan işaretin $A_C \cos W_0 t$ doğrudan bileşen ve çok yollu rastlantılı terimin toplamı olduğu kabul edilirse toplam alınan işaret,

$$S_r(t) = (x + A_C) \cos W_0 t - y \sin W_0 t \quad (67)$$

şeklinde yazılabilir. Burada x , y rayleigh dağılımında olduğu gibi aynı varyanslı gaussian rastlantı değişkenleridir.

Sadece $x' = x + A_C$ terimi ile ilgilenilirse, varyansı σ^2 ve ortalaması A_C olan gaussian değişkeninin toplamı,

$$p(x') = \frac{\exp[-(x' - A_C)/2\sigma^2]}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \quad (68)$$

Alınan işaret $S_r(t)$ nin genliği ve fazı,

$$r^2 = x'^2 + y^2 = (x + A_C)^2 + y^2 \quad (69)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x'} = \tan^{-1} \frac{y}{x + A_C} \quad (70)$$

olarak ifade edilebilir.

x' ve y bağımsız rastlantı değişkenleri dönüşüm yardımıyla r ve θ ya karşı düşürülür.

$$x' = r \cos\theta, \quad y = r \sin\theta \quad (71)$$

$$p(r, \theta) dr d\theta = p(x', y) dx' dy = \frac{\exp[-((x' - A_C)^2 + y^2)/2\sigma^2]}{2\pi\sigma^2} dx' dy \quad (72)$$

$$p(r, \theta) dr d\theta = \frac{\exp(-A_C^2/2\sigma^2) r \exp[-(r^2 - 2rA_C \cos\theta)/2\sigma^2]}{2\pi\sigma^2} dr d\theta \quad (73)$$

r ve θ bağımsız değişkenleri $r \cos\theta$ gibi bir terimle bağlantılı olduğundan bunlar bağımsız değişkenler değildirler. Dolayısıyla $p(r, \theta) = p(r) p(\theta)$ şeklinde yazmak olası değildir. Eğer $A_C = 0$ yapılırsa bu iki değişken tekrar bağımsız değişken olurlar. Bu durumda $p(r, \theta) = p(r) p(\theta)$ şeklinde yazılabilir. $p(r)$ tüm θ değerleri üzerinden tümlev alınarak bulunur.

$$p(r) = \frac{\exp(-A_C^2/2\sigma^2) r \exp(-r^2/2\sigma^2)}{2\pi\sigma^2} \int_0^{2\pi} \exp(r A_C \cos\theta / \sigma^2) d\theta \quad (74)$$

Eşitlik (74) deki tümlev birinci tür sıfırinci dereceden Bessel işlevinden yararlanılarak çözülebilir.

$$I_0(z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp(z \cos\theta) d\theta \quad (75)$$

Eşitlik (75), eşitlik (74) de yerine konulursa $p(r)$,

$$p(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp[-(r^2 + A_C^2)/2\sigma^2] I_0(rA_C/\sigma^2) \quad (76)$$

biçimini alır. Eşitlik (76) rician dağılım işlevidir ve rician bayılmada alınan işaretin genlik dağılımını modellemekte kullanılır.

4. U-GİS YAYILIM MODELİ

4.1. GİRİŞ

Bir ülke ya da bölgede U-GİS 'nin davranışını, başarımını ve uygulanabilirliğini önceden belirleyebilmek için iki yöntem vardır. Birincisi, bölgede gerçek sisteme uygun yayılım ölçümleri gerçekleştirip, ölçüm sonuçlarından istenilen verileri elde etmektir. Bunun için bölgeye yayın yapan bir gezgin radyo uydusuna gereksinim vardır. Bu uydu kullanılarak bölgenin her bir yanında yayılım ölçümleri yapmak olasıdır. Eğer böyle bir uydu yoksa uyduyu benzetim için uçak, helikopter, balon ya da yüksek tepe ve bina gibi yapılara gereksinim duyulur. Ancak bunlar tüm bölge, içerisinde sadece küçük ölçekli ölçme olanağı sağlarlar. Tüm bölgenin davranışını belirlemek için çok sayıda ölçme yapmak gereklidir. Alınan tüm sonuçları değerlendirerek bölge hakkında sistem karakteristikleri elde edilir. İkinci yöntem ise yayılım modelleri kullanmaktır.

Yayılım modeli, birinci yöntemde açıklanan ölçümleri gerçekleştirmek için gereken büyük yatırımlara girmeden sistem karakteristiğini elde etmeyi amaçlar. Gerçek sistem kurulmadan önce sistem davranışı, başarımını ve uygulanabilirliğini araştırır. Modeller, ortam, frekans, uydu yükselme açısı ve araç hızı gibi değişik link parametresinin etkisini incelemek amacıyla geliştirilmiş olabilir. Modeller gerçek sistemde kullanılacak olan modülasyon ve kodlama tekniğinin araştırılması, sistem link tasarımı, sistem optimizasyonu ve bayılma azaltma tekniklerinin araştırılması çalışmalarına öncülük eder.

U-GİS yayılımını incelemek için geliştirilmiş birçok model vardır. Mevcut modeller üç ana sınıfta toplanabilir.

1. Deneysel modeller
2. İstatistiksel modeller
3. Geometrik-Analitik modeller

4.2. DENEYSEL MODELLER

Deneysel modeller; farklı frekans, yükselme açısı, araç yönü, yol tarafı (sağ şerit veya sol şerit), değişik arazi türü ve farklı gölgeleme yüzdeli yayılım ortamlarında ölçümler yapılarak bayılma dağılımlarını elde eder. Modelin amacı, modellenecek olan bölgede U-GİS 'ne uygun koşullar oluşturup bu koşullar altında yayılım ölçümleri yapılarak bölgenin gerçek karakteristiğini elde etmektir. Deneysel modeller farklı ortamlar ve koşullarda U-GİS nin davranışını ortaya çıkarmaktadırlar. Dolayısıyla en önemli üstünlükleri aynı koşullardaki diğer yollara kesinlikle uygulanabilmeleridir. Sakıncaları ise başka koşullar için, örneğin diğer yol türleri ve frekanslardaki U-GİS ortamlarında, genelleştirmede güçlükler doğmasıdır.

Deneysel modellemelerde, yayılım ölçümleri yapılırken U-GİS için o bölgede uydu yoksa uyduyu modellemek için helikopter, uçaklar, balonlar, tepeler veya yüksek binalar kullanılır.

Geliştirilmiş iki farklı model vardır. Bunlar,

1. Büyük ölçek - Küçük ölçek (BÖ-KÖ) Modeli
2. Yol Kenarı Gölgelemeli Model

olarak verilebilir.

4.2.1. BÜYÜK ÖLÇEK - KÜÇÜK ÖLÇEK (BÖ-KÖ) MODELİ

Bu deneysel modelleme NASA 'nın ATS-6 uydusu kullanılarak Hess tarafından 1980 yılında gerçekleştirilmiştir [7]. Modelde; 1)yerel ortam, 2)aracın azimutha göre durumu, 3)link frekansı, 4)uydu yükselme açısı ve 5)araç yönü 'nün etkisinin ayrı ayrı belirlenmesi amaçlanmaktadır. Yayılım ölçümleri bu beş ana değişkenin işlevi olarak yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, önce birkaç yüz dalga boyunda (yaklaşık 100

m lik yol boyunca) küçük ölçeklerde (KÖ) değerlendirilmiştir. Küçük ölçekler için ölçüm sonuçları aynı frekans, aynı yerel ortam vb. gibi aynı koşullar altında gruplandırılmıştır. Bu gruplar üzerinde her bir küçük ölçek ölçümü için bayılma dağılımları belirlenmiş, dolayısıyla sonuçta aynı gruba ait birçok ölçüm ve bayılma dağılımı elde edilmiştir. Bu bayılma dağılımlarının belirli küçük ölçek yüzdeleri için bayılma değerleri bulunup tekrar istatikselsel olarak dağılımları elde edilmiştir. Bu işlem değişik küçük ölçek yüzdeleri için yinelenmiş, elde edilen bu yeni dağılımlar küçük ölçek yüzdesi parametre olarak büyük ölçek (BÖ) dağılım grafiği üzerine düşürülmüştür. Modelde küçük ölçek yüzdeleri % 95, % 90, % 70 ve % 50 olarak alınmıştır. Ölçümler 860 MHz ve 1550 MHz frekanslarında ayrı ayrı yapılmıştır. Model kısaca aşağıdaki gibi verilebilir.

$$F = a + b c \quad (77)$$

Burada, F (dB) ek yol kaybı veya bayılma derinliği olup a ve c katsayıları eşitlik (78) ve (79) ile belirlenir.

$$a = A_0 + (A_1 YO) + (A_2 Az) + (A_3 f_0) + (A_4 YÖN) + (A_5 E) \quad (78)$$

$$c = B_0 + (B_1 YO) + (B_2 Az) + (B_3 f_0) + (B_4 YÖN) + (B_5 E) \quad (79)$$

b ise değişik geniş ölçek yüzdelerine göre Tablo 3 de verilmiştir.

Değişkenler:

YO (yerel ortam): kent=1, yarıkent:0, kırsal=-1

Az (tasıtın azimutha göre durumu) $-\cos(2(Az_{\text{tasıt}} - Az_{\text{uydu}}))$

f_0 (link frekansı) UHF=1, L=1.8

YÖN : uzağa=1, uyduya doğru=-1

E (yükseleme açısı): 19°- 43°

Tablo 3. GÖ yüzdesine göre b katsayısı [7]

geniş ölçek yüzdesi	b
% 50	0
% 90	1.30
% 95	1.65
% 99	2.33

Katsayılar:

$A_0 = 9.55$ dB	$B_0 = 3.75$ dB
$A_1 = 4.46$ dB	$B_1 = 2.62$ dB
$A_2 = 3.41$ dB	$B_2 = 0.98$ dB
$A_3 = 1.66$ dB	$B_3 = 0.046$ dB
$A_4 = -0.35$ dB	$B_4 = -0.24$ dB
$A_5 = -0.052$ dB	$B_5 = 0.040$ dB

4.2.2. YOL KENARI GÖLGELEMELİ MODEL

Yol kenarı gölgelemeli modeli geliştirmek için Vogel ve Goldhirsh tarafından 1987 yılında MARECS-B2 uydusu ve helikopter kullanılarak 1.5 GHz de yayılım ölçümleri yapılmıştır [10]. Ölçümlerde 21° yükselme açısı için uydu kullanılmış, 30°, 45° ve 60°'lik yükselme açıları için verici birimi helikoptere yerleştirilmiştir. Ağaç gölgeleme yüzdesi % 55 ile % 75 arasında olan yollarda ölçümler yapılmıştır. Ölçümler değişik yol şeritlerinde (sağ ve sol) yinelenmiştir. Bayılma dağılımları elde edilmiş ve bu dağılımlar ışığında model aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$F = -M \ln(P) + B \quad (80)$$

Burada, F bayılma derinliği (dB), P ise istenilen bayılma derinliğini aşma yüzdesidir. Model $P = \%1 - \%20$ aralığında tanımlıdır. Burada, M ve B eşitlik (81) ve (82) ile belirlenir.

$$M = a + bE + cE^2 \quad (81)$$

$$B = dE + e \quad (82)$$

M ve B eşitliklerine ilişkin a, b, c, d ve e katsayıları,

$$a=3.44, \quad b=0.0975, \quad c=-0.002, \quad d=-0.443, \quad e=34.76$$

olarak alınır.

Görüldüğü gibi model yükselme açısı (E) ve aşma yüzdesi (P) nin işlevi olarak elde edilmiştir. Model değişik bir biçimde aşağıdaki gibi aynı değişkenlerin işlevi olarak geliştirilmiştir.

$$F = x(P) + y(P)E + z(P)E^2 \quad (83)$$

x(P), y(P) ve z(P) belirli P değerleri için Tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 4. Değişik P(%) değerleri için x(P), y(P) ve z(P) değerleri [10]

P (%)	x(P)	y(P)	z(P)
20	24.45	-0.7351	$5.991 \cdot 10^{-3}$
10	26.84	-0.6775	$4.605 \cdot 10^{-3}$
5	29.22	-0.6000	$3.219 \cdot 10^{-3}$
2	32.38	-0.5106	$1.386 \cdot 10^3$
1	34.76	-0.4430	0

4.3. İSTATİSTİKSEL MODELLER

İstatistiksel modeller, belirli olasılık işlevleri esasına dayanır. U-GİS yayılım karakteristiğinin tanımlanmasında olasılık yoğunluk ve olasılık dağılım işlevleri kullanılır. Tüm istatistiksel modeller gerçek ölçüm sonuçlarına

göre belirlenen değişkenlerin bir işlevidirler. Bu değişkenler U-GİS ortamına bağlı olarak değişen yayılım faktörleri ve ağaç zayıflatmasını tanımlarlar.

İstatistiksel modeller iki ana grupta toplanabilir. Bunlar,

1. Loo modeli
2. Toplam gölgelemeli model

olarak verilebilir.

4.3.1. LOO MODELİ

Modelde, U-GİS de alınan işaret çok yollu bileşen ve ağaç tarafından gölgelenmiş doğrudan bileşenin toplamı kabulü ile, yayılımın olasılık yoğunluk işlevi elde edilmiştir. Modelde ağaç gölgelemesi ile zayıflamaya uğramış doğrudan bileşenin genlik değişimi lognormal dağılıma, çok yollu yayılmış bileşen ise rayleigh dağılıma sahip olduğu kabul edilmiştir. Modelin gelişimi şu şekilde verilebilir [36].

Lognormal dağılımlı raslantı fazörü ve rayleigh fazörün toplamı,

$$r \exp(j\theta) = z \exp(j\phi_0) + w \exp(j\phi) \quad z, w > 0 \quad (84)$$

olarak verilebilir. Burada ϕ_0 ve ϕ , 0 ile 2π arasında düzgün, w rayleigh z ise lognormal dağılıma sahiptir. Eğer z geçici olarak sabit kabul edilirse, r nin koşullu olasılık yoğunluk işlevi rician vektörü olur.

$$p(r|z) = r/b_0 \exp [-(r^2+z^2)/2 b_0] I_0(rz/b_0) \quad (85)$$

Burada; b_0 çok yollu saçınmış gücün ortalama değeri, $I_0(.)$ ise sıfırdan birinci tür Bessel işlevidir. Toplam olasılık kuramına göre,

$$p(r) = \int_0^{\infty} p(r, z) dz = \int_0^{\infty} p(r|z) p(z) dz \quad (86)$$

$$p(r) = r/b_0 \int_0^{\infty} \exp[-(r^2+z^2)/2b_0] I_0(rz/b_0) p(z) dz \quad (87)$$

$p(z)$ lognormal olasılık yoğunluk işlevi,

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi d_0} z} \exp[-(\ln z - \mu)^2/2d_0] \quad (88)$$

Burada; $\sqrt{d_0}$ standart sapma, μ ağaç zayıflatmasının ortalama değerini göstermektedir. $p(z)$, eşitlik (87) de yerine yazılırsa,

$$p(r) = \frac{r}{b_0 \sqrt{2\pi d_0}} \int_0^{\infty} \frac{1}{z} \exp[-(\ln z - \mu)^2/2d_0 - (r^2+z^2)/2b_0] I_0(rz/b_0) dz \quad (89)$$

olarak elde edilir. Burada $p(r)$ alınan işaretin olasılık yoğunluk işlevi r ise işlevin raslantı değişkenidir. r nin büyük değerleri için dağılım lognormal, küçük değerleri için ise rayleigh dağılıma yaklaşır.

$$p(r) = \frac{1}{r \sqrt{2\pi d_0}} \exp[-(\ln r - \mu)^2/2d_0] ; r \gg \sqrt{b_0} \text{ için} \quad (90)$$

$$p(r) = r/b_0 \exp[-r^2/2b_0] ; r \ll \sqrt{b_0} \text{ için} \quad (91)$$

r nin ara değerleri için eşitlik (89) sayısal yöntemlerle çözülüp bayılma dağılımı elde edilir.

4.3.2. TOPLAM GÖLGELEMELİ MODEL

Bu modelde de U-GİS yayılımında bayılma dağılımı için Loo modelinde olduğu gibi rayleigh, rician ve lognormal dağılımları birleştirilmiştir. Bu modelin belirgin farkı ortam saçıcı ve gölgeli olmak üzere iki kısma ayrılır. Loo modelinde rayleigh dağılımlı çok yollu bileşen ile lognormal dağılımlı doğrudan bileşen birleştirilmesine karşın bu modelde bu iki yayılım ortamı birbirinden tamamen farklı

olduğu kabul edilir. Gölgelemesiz durumda genlik istatistiği rician, gölgelemeli durum ise lognormal dağılım ile modellenir [8].

Bu modelde, iletişimin sağlanacağı yolun gölgelenmemiş (1-S) kısmında alınan genliğin olasılık dağılımı riciandır. Alınan güç P' için,

$$p_1(P') = K \exp[-K(P'+1)] I_0(2K\sqrt{P'}) \quad (92)$$

yazılabilir. Burada, K doğrudan bileşenin çok yollu bileşene oranıdır. Toplam yolun gölgelenmiş S kısmı rayleigh dağılım özelliği gösterir, alınan güç P' olmak üzere,

$$p_2(P') = \bar{K} \exp(-\bar{K} P') \quad (93)$$

olarak verilebilir. Modelde $1/\bar{K}$ lognormal dağılımlı kabul edilip, m dağılımın ortalama değeri ve σ standart sapması olmak üzere \bar{K} faktörünün olasılık yoğunluğu eşitlik (94) ile tanımlanır.

$$p_K(\bar{K}) = \frac{4.343}{\bar{K} \sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[- \frac{(10 \log(\bar{K}) - m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (94)$$

Burada,

$$m = E [10 \log (\bar{K})] \quad (95)$$

$$\sigma = \{ E [(10 \log (\bar{K}))^2 - m^2] \}^{1/2} \quad (96)$$

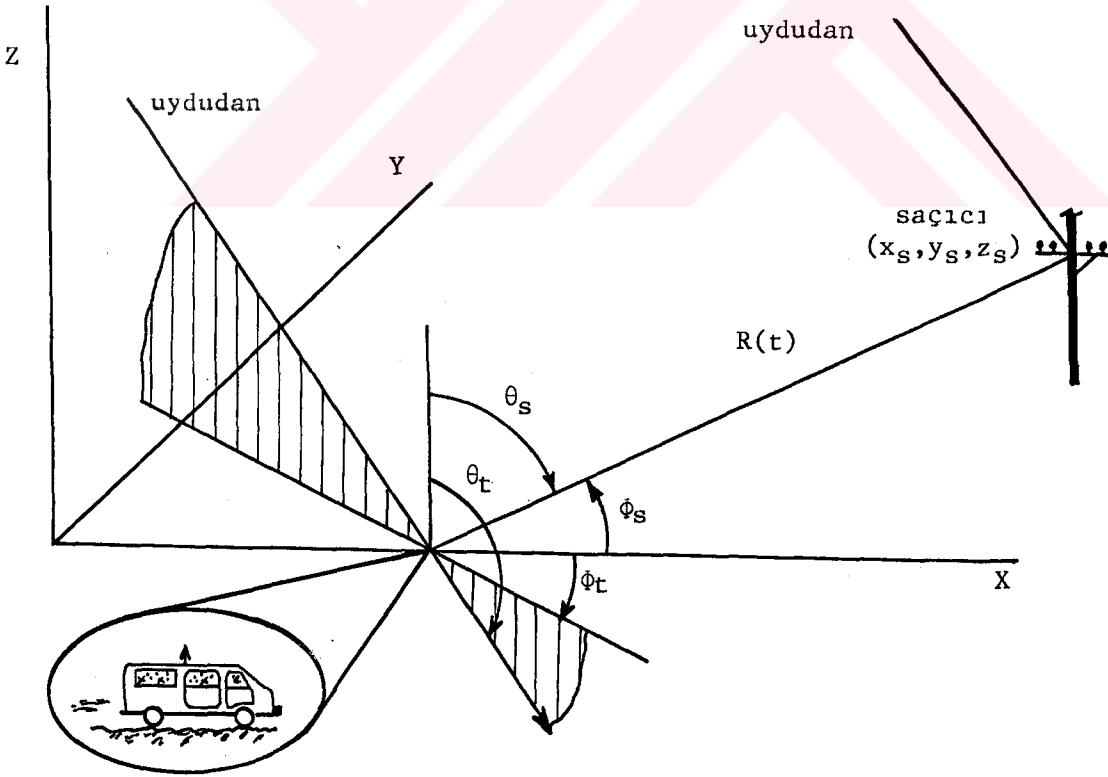
E[.], beklenen değeri tanımlamaktadır. Alınan gücün olasılık yoğunluğu eşitlik (92), (93) ve (94) in birleştirilmesi ile bulunur.

$$p(P') = (1-S) p_1(P') + S \int_0^{\infty} p_2(P' | \bar{K}) p_K(\bar{K}) d\bar{K} \quad (97)$$

Eşitlik (97) ile alınan gücün olasılık yoğunluk değerleri belirlenebilir. Dolayısıyla U-GİS yayılımında alınan güçte bayılma incelemesi yapmak olasıdır.

4.4. GEOMETRİK-ANALİTİK MODELLER

Geometrik-analitik modelleme, U-GİS de alınan işarete bayılma mekanizmasının fiziksel olarak yorumlanması açısından önemlidir. Model ortamda tek bir saçıcı olması durumuna göre elde edilmiş, daha sonra birden fazla saçıcı olma durumuna göre geliştirilmiştir. U-GİS yayılım deneylerinde gezgin birim belirli bir hızla hareket ederken, yol civarındaki dağ, tepe vb. gibi coğrafik yapılar ile insan yapısı binaların saçıcı etki göstererek alıcıda çok yollu dalga bileşenlerinin oluşmasına neden olduğu gözlenmiştir [11]. Bu tür ortamlarda yapılan yayılım deneylerinde alınan işaret düzeyinin değişimi ile ortam coğrafik yapısının ilişkili olduğu belirlenmiştir.



Şekil 28. U-GİS geometrik-analitik model için yayılım geometrisi [11]

Modelde gezgin birim alıcısına işaretin doğrudan dalga ve sadece tek bir saçıcıdan saçınmış çok yollu dalga bileşeni ulaştığı kabul edilmiştir. Gölgelememiş bir doğrudan dalga koşulu altında, modelde anten paterni, yol azimuth ve yükselme açısı, saçıcı uzaklığı ve band genişliği parametre olarak alınmıştır [11].

U-GİS yayılımında tek bir saçıcının var olması durumunda elde edilen modelin geometrik biçimi Şekil 28 de verilmiştir. X eksenini boyunca alış paternine sahip bir anteni olan gezgin birim v hızı ile x eksenini yönünde hareket etmektedir. Uydu θ_t , ϕ_t yönünde bir düzlem dalga göndermektedir. Alıcı antenine doğrudan dalgaya ek olarak (x_s, y_s, z_s) koordinatlarındaki saçıcının sebep olduğu çok yollu bileşen de ulaşmaktadır. Alınan işaret iki dalganın vektörel toplamı olmaktadır. Modelin sayısal yaklaşımını basitleştirmek için; sadece bir saçıcının varlığı, saçıcının eşyönlü saçılma neden olduğu ve alıcı anteninin azimuthdan bağımsız olduğu kabulleri ile alınan elektrik alan şiddeti E_r ,

$$E_r(t) = E_0 D(\theta_t) \exp[j\omega_0 t - \beta] \cdot \left\{ T + \frac{\sqrt{s} D(\theta_s)}{2\sqrt{\pi} R(t) D(\theta_t)} \exp[j2\pi/\lambda (a(t) - p - R(t))] \right\} \quad (98)$$

olarak bulunur. Burada,

- E_0 : Doğrudan dalganın alan şiddeti
- $D(\theta_t)$: θ_t yükselme açısında anten gerilim yöneltimi
- ω_0 : Verici frekansı
- β : Faz kayması, $(2\pi/\lambda)vt \sin(\theta_t) \cos(\phi_t)$
- T : Doğrudan dalganın iletimi; gölgeleme yoksa $T=1$, tamamen engelleme varsa $T=0$
- s : Saıcının yankı yüzeyi
- $R(t)$: Alıcı anteni ve saçıcı arasındaki yol uzunluğu
- λ : Dalga boyu

$$a(t) = t \sin(\theta_t) \cos(\phi_t) \quad (99)$$

$$p = x_s \sin(\theta_t) \cos(\phi_t) + y_s \sin(\theta_t) \sin(\phi_t) + z_s \cos(\theta_t) \quad (100)$$

Eşitlik (98) ortamda tek bir saçıcının varlığı kabulü altında elektrik alan şiddetini elde eder. Gerçekte ortamda birden çok saçıcı vardır. Bu durumda alıcıdaki toplam alan şiddetini bulmak için eşitlik (98) ile herbir saçıcının neden olduğu çok yollu bileşen ile sabit genlikli doğrudan dalganın vektörel toplamından oluşan alan şiddeti bulunur. Daha sonra toplam alınan güç P_T eşitlik (101) ve faz ϕ_T eşitlik (102) yardımıyla hesaplanır [39].

$$P_T = \sqrt{(1 + \Sigma e_{gerçel})^2 + (\Sigma e_{sanal})^2} \quad (101)$$

$$\phi_T = \tan^{-1} \left(\frac{\Sigma e_{sanal}}{1 + \Sigma e_{gerçel}} \right) \quad (102)$$

4.5. MEVCUT MODELLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Deneyisel modellerin en önemli üstünlükleri gerçek U-GİS ortamında yayılım ölçümleri sonucu elde edilen verileri kullanarak geliştirilmiş olmalarıdır. BÖ/KÖ deneyisel modelinde, farklı yerel ortam, yön, azimuth, frekans ve yükselme açılarının bayılma derinliğine etkisini doğrudan tek tek inceleme olanağı vardır. Bu önemli bir üstünlüktür. Ancak U-GİS yayılım karakteristiğinin en önemli etkenlerinden ağaç zayıflatmasının etkisini doğrudan inceleme olanağı yoktur. Dolayısıyla model ağaç gölgelemeli U-GİS ortamlarına uygulanabilir değildir. Yol kenarı gölgelemeli deneyisel model ise sadece ağaçlıklı ortamlar için geliştirilmiştir. Deneyisel modellerin ortak ve en önemli sakıncaları, modelin ölçüm yapılan bölge dışındaki ortamlara da uygulanabilmesi için genelleştirilme sorunu vardır. Farklı ortamlara uygulamada model parametrelerini belirlemede zorluklar çıkmaktadır.

İstatistiksel modelleri her türlü U-GİS ortamlarına genelleştirmek kolaydır. Fazla giriş parametrelerine gereksinim yoktur. İstatistiksel modellerde eğer giriş parametreleri dikkatli olarak belirlenmişse çok iyi sonuç alınabilmektedir. En büyük sakıncaları yükselme açısı ve frekans gibi

değişik yayılım karakteristiklerinin etkilerini doğrudan inceleme olanağı olmamasıdır. Ancak modellere ilişkin giriş parametreleri belirli frekans ve yükselme açılarında belirlendiğinden aslında bunların bayılma derinliğine etkisi dolaylı olarak incelenebilmektedir.

Geometrik-Analitik modeller U-GİS de bayılma ortamının fiziksel olarak yorumlanması açısından önemlidir. U-GİS de önemli etken olan ağaç zayıflatmasını içermezler. Dolayısıyla ağaç gölgelemeli ortamlara uygulanabilirlikleri yoktur. Geliştirilen modelde ortamda tek saçıcı düşünülmüştür, gerçekte ortamda birden çok sayıda saçıcı vardır. Çok saçıcı durumunda her bir saçıcıya ilişkin parametreleri belirlemek oldukça güçtür. Parametre sayısının çok ve belirlenmelerinin güç olması modelin pratik kullanımını olanaksız kılmaktadır.

Bununla birlikte mevcut modeller, belirli bir bölgeye ya da bir ülkenin tamamına uygulanabilirlikleri güç hatta olanaksızdır. Çünkü bunlar U-GİS deki tüm olası ortamları tanımlamamaktadırlar. Bu nedenle tüm bölge içerisindeki ortam koşullarını içeren bir modele halen gereksinim vardır.

4.6. BÖLGESEL YAYILIM MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

U-GİS de gezgin birim alıcı anteninde alınan işaret, gezgin birimin içinde bulunduğu coğrafik ortam ile sıkı ilişki içerisindeydir. Aracın hareket ettiği yada bulunduğu karayolunun açık arazi, dağlık, ağaçlıklı veya ormanlık olmasına bağlı olarak alınan işaretin düzeyi değişmektedir. U-GİS de ortamın yapısından bağımsız bir yayılım modeli geliştirmek olanaksızdır. Bu nedenle incelenecek olan bölgenin coğrafik özellikleri belirlenmelidir. Bölgesel modelde olası ortamlar için ayrı yayılım modeller geliştirilir. Bu ayrık modeller birleştirilerek toplam bölgesel model elde edilir.

U-GİS 'de gezgin birimin bulunabileceği farklı olası coğrafik bölgeler;

1. Gölgelemesiz açık bölgeler
2. Ağaç gölgelemeli bölgeler
3. Uyduyu göremeyen bölgeler

Eğer modellenen bölge orman içi yollar içeriyorsa ağaç gölgelemeli bölgeler a)Yol kenarı ağaçlıklı bölgeler ve b) Orman içi yollar olarak ayrı ayrı incelenebilir [43].

4.6.1. GÖLGELEMESİZ AÇIK BÖLGELER

Bu bölgeler kent dışı kırsal bölgeler olup ağaç ve ormanlık içermezler. Bölge içerisinde alıcı antenine doğrudan dalga hiçbir engel ve gölgeleme etkisi altında kalmadan ulaşır. Alıcı anteninde gölgelemesiz doğrudan dalga (R_{db}) ile yakın civardaki dağ ve tepe gibi saçıcılardan saçılmış çok yollu işaretler ($R_{çyb}$) de alınır. Toplam alınan işaret R_1 ,

$$R_1 = R_{db} + R_{çyb} \quad (103)$$

olarak yazılabilir. Çok yollu bileşen rayleigh dağılım özelliği gösterir. Kararlı ve sabit bir doğrudan dalga ile rayleigh dağılıma sahip çok yollu işaretlerin toplamı olan R_1 rician bayılma özelliği gösterir ve rician olasılık yoğunluk işlevi ile modellenir [86]. Alınan işaret genliğinin olasılık yoğunluk işlevi,

$$p_1(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{r^2 + A_c^2}{2\sigma^2}\right] I_0\left(\frac{r A_c}{\sigma^2}\right) \quad (104)$$

Burada; r rastlantı değişkeni, A_c doğrudan bileşenin genliği σ^2 çok yollu bileşenin gücü, I_0 ise sıfırdan birinci tür Bessel işlevine karşılık gelir. Doğrudan bileşen gücü $P_{db} = A_c^2/2$ ve ortalama çok yollu bileşen gücü $P_{çyb} = \sigma^2$ olarak alınırsa, doğrudan bileşen gücünün ortalama çok yollu bileşen gücüne oranı K rician yayılım parametresi olarak tanımlanır.

$$K = \frac{P_{db}}{P_{çyb}} = \frac{A_c^2}{2\sigma^2} \quad (105)$$

olarak bulunur. Eğer $P_{db} = 1$ olarak alınırsa eşitlik (104) tek değişkenli işlev halini alır.

$$p_1(r) = K r \exp\left[-K\left(\frac{r^2}{2} + 1\right)\right] I_0(K r \sqrt{2}) \quad (106)$$

Eğer K faktörü biliniyorsa gölgelemesiz açık bölgeler için alınan işaretin genliğine ilişkin bayılma incelemesi yapılabılır.

4.6.2. AĞAÇ GÖLGELEMELİ BÖLGELER

Bu bölgeler ağaçlıklı yollar ve ormanlardır. Gölgelemeli bölgelerde alıcıya ulaşan doğrudan dalga yol kenarında bulunan ağaçlar tarafından gölgelenir. Bu gölgeleme sonucunda doğrudan dalga ağaç zayıflatmasına uğrar. Bu bölgelerde alıcı anteninde gölgelenmiş doğrudan dalga ile çok yollu bileşenlerin toplamı alınır. Doğrudan bileşenin zayıflama miktarı ağacın türüne ve ağaç tarafından gölgelenmiş yol uzunluğuna göre değişir. Gölgelennmiş doğrudan bileşen ($R_{db'}$) ve çok yollu bileşenlerin toplamından oluşan toplam alınan işaret R_2 , eşitlik (107) ile verilir.

$$R_2 = R_{db'} + R_{çyb} \quad (107)$$

Gölgelemeli doğrudan bileşen lognormal dağılıma, çok yollu bileşenlerin toplamı ise rayleigh dağılıma sahiptir. Bu durumda alınan toplam işaretin olasılık yoğunluk işlevi gölgelemeli rician olasılık yoğunluk işlevi ile verilebilir [36].

$$p_2(r) = \frac{r}{bo\sqrt{2\pi do}} \int_0^{\infty} \frac{1}{z} \exp\left[-(\ln z - \mu)^2/2do - (r^2 + z^2)/2bo\right] I_0(rz/bo) dz \quad (108)$$

Burada, r ; rastlantı değişkeni, bo ; çok yollu saçılmış gücün ortalama değeri, μ ve \sqrt{do} sırasıyla $\ln(z)$ nin ortalama değeri ve standart sapmasıdır. Dolayısıyla μ ağaç

zayıflatmasının ortalama değerine karşılık düşer. Rayleigh faktörü $\bar{K} = 1/b_0$ alınıp eşitlik (108) de yerine yazılırsa,

$$p_2(r) = \frac{\bar{K} r}{\sqrt{2\pi d_0}} \int_0^{\infty} \frac{1}{z} \exp[-(lnz - \mu)^2 / 2d_0 - \bar{K}(r^2 + z^2) / 2] I_0(\bar{K}rz) dz \quad (109)$$

elde edilir. Eğer bölge için \bar{K} , ağaç zayıflatması ortalama değeri μ ve ağaç zayıflatması standart sapması $\sqrt{d_0}$ biliniyorsa gölgelemeli ortamda bayılma çözümlemesi yapılabilir.

U-GİS de ağaç gölgelemeli bölgeleri yol kenarı ağaçlıklı bölgeler ve orman içi yollar olmak üzere iki kısma ayırmak gerekir. Çünkü yol kenarında tek tek ağaçların yarattığı zayıflatma ile orman içi yollardaki çok sayıda ağacın yarattığı zayıflatma değerleri çok farklıdır. Ağaç zayıflatması, gölgelemeli doğrudan bileşenin ağacın içinden geçtiği yol uzunluğu ile orantılı artmaktadır. Bu, yol tek sıralı ağaçlar için düşük orman içinde ise büyüktür. Dolayısıyla iki bölgenin ağaç zayıflatmasının ortalama değeri birbirinden farklıdır.

4.6.3. UYDUYU GÖREMEYEN BÖLGELER

Bu bölgeler genellikle yüksek yapıllı binalardan oluşan kentler, yüksek dağlık bölgelerde bulunan karayolları, vadi içi yollar olarak verilebilir. Bu bölgelerde hareket eden ya da bulunan gezgin birim anteni tarafından uydudan belirli bir yükselme açısıyla gelen doğrudan bileşen alınamaz. Doğrudan bileşen bina ve dağ gibi fiziksel engeller tarafından engellenir. Alıcı anteni sadece gezgin birim yakınlarındaki engellerden saçılıma uğramış yayılmış bileşenlerin toplamı alınır. Alınan toplam işaret R_3 ,

$$R_3 = R_{çyb} \quad (110)$$

Alınan çok yollu işaretlerin toplamı kısa süreli bayılma özelliği taşır ve rayleigh istatistikle modellenir. Alınan işaret genliğinin olasılık yoğunluk işlevi $p_3(r)$,

$$p_3(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad (111)$$

Burada, r işlevin rastlantı değişkenini, σ ise standart sapmayı tanımlar. σ^2 değişinti olup çok yollu bileşen gücünü gösterir. Rayleigh bayılma için yayılım faktörü \bar{K} ,

$$\bar{K} = (P_{\text{çyb}})^{-1} = 1/\sigma^2 \quad (112)$$

olarak alınarak dağılım yeniden yazılırsa,

$$p_3(r) = \bar{K} r \exp(-\bar{K} r^2/2) \quad (113)$$

biçimini alır. \bar{K} , doğrudan bileşene göre çok yollu bileşenin gücünü gösterir. Görüldüğü gibi dağılım tek bir parametreye bağlı olarak elde edilmiştir. Eğer \bar{K} biliniyorsa bölge üzerinde bayılma incelemesi yapılabilir.

4.6.4. TOPLAM BÖLGESEL YAYILIM MODELİ

Farklı bölgelerin olasılık yoğunluk işlevleri önceki bölümlerde elde edilmiştir. Yayılım modellerinin en önemli amacı sistemin uygulanacağı bölge içinde gerçek sistem kurulmadan önce durumunun incelenebilmesi ve sistem tasarımının yapılabilmesidir. U-GİS de en önemli link parametresi bayılma sınırıdır. Bir bölge içerisinde olası ortamlara ait modeller birleştirilerek bölgesel yayılım modeli elde edilir. Gezgin iletişimde bayılma derinliği, sistem tasarımında istenilen kesintisiz ve güvenilir iletişim yüzdesine göre değişir. Toplam iletişim süresinin ya da yolunun belirli bir yüzdesi için bayılma sınırı (derinliği) hesaplanır. Bu yüzde değeri alınan işaret düzeyinin belirlenen bayılma derinliğinden büyük olma olasılığıdır. Eğer belirlenen

bayılma sınırı kadar ek bir kazanç sisteme eklenirse iletişime güvenilir ve kesintisiz olma yüzdesi belirlenen değerdir. Örneğin alınan işaretin düzeyinin doğrudan bileşene göre -10 dB den büyük olma olasılığı % 99 ise, eğer sisteme 10 dB ek kazanç sağlanırsa iletişim % 99 kesintisiz ve güvenilir bir servis olanağı sağlar. Bu nedenle bayılma derinliği aşılma yüzdelerinin işlevi olarak elde edilmeli, dolayısıyla sistem tasarımcıları istenilen yüzdeye göre rahatlıkla bayılma derinliğini belirleyebilmelidirler.

Farklı yayılım ortamları için elde edilen $p_1(r)$, $p_2(r)$ ve $p_3(r)$ olasılık yoğunluk işlevleri, her bir işaret düzeyinin olasılık değerini bulmaya yarar. İşaret düzey istatistiğinde olasılık yoğunluk işlevleri yerine olasılık dağılım işlevleri (yığılımlı olasılık dağılım işlevleri) kullanılır. Çünkü bu durumda toplam iletişim süresinin istenilen yüzdesi için işaret düzeyini belirleme olanağı vardır.

Belirli bir R işaret düzeyinin üzerindeki olasılık isteniyorsa yığılımlı olasılık dağılım işlevi $G(R)$, R işaret düzeyinin altındaki olasılık isteniyorsa yığılımlı olasılık işlevi $F(R)$ ile gösterilir.

$$F(R) = P\{r \leq R\} = \int_{-\infty}^R p(r) dr \quad (114)$$

$$G(R) = P\{r \geq R\} = \int_R^{\infty} p(r) dr \quad (115)$$

Burada, $p(r)$ olasılık yoğunluk işlevidir. $F(R)$ alınan işaretin R düzeyinden küçük, $G(R)$ ise işaretin R düzeyinden büyük olma olasılığıdır.

$$\text{Tüm olasılıkların toplamı, } \int_{-\infty}^{\infty} p(r) dr = 1 \text{ olduğundan,}$$

$F(R)$ ve $G(R)$ için şu özellikler yazılabilir.

$$0 \leq F(R) \leq 1 \quad ; \quad 0 \leq G(R) \leq 1$$

$$F(-\infty)=0, \quad F(+\infty)=1, \quad G(-\infty)=1, \quad G(+\infty)=0$$

$$F(m)=G(m)=0.5 \quad m: \text{ortalama değer}$$

$$F(R_2) \geq F(R_1), \quad G(R_2) \leq G(R_1) \quad ; \quad R_1 \leq R_2$$

$$G(R) = 1 - F(R)$$

Yayıllım modelı çalışmalarında birinci derecede önemli istatistik için $G(R)$ kullanılır. $G(R)$ 'yi grafiksel olarak göstermek için logaritmik olasılık grafik kağıtları ya da rayleigh olasılık grafik kağıtları kullanılır. Rayleigh olasılık grafik kağıdında rayleigh dağılım düz bir çizgi olarak elde edilirken, logaritmik grafik kağıdında lognormal olasılık dağılımı düz bir çizgi olarak elde edilir.

Olası üç bölgeye ilişkin $G(R)$ eşitlik (116) yardımıyla bulunur.

$$G_i(R) = \int_R^{\infty} p_i(r) dr = 1 - \int_0^R p_i(r) dr \quad i=1,2,3 \quad (116)$$

Burada, $G_i(R)$ i. bölgeye ilişkin dağılım işlevi, $p_i(r)$ ise i. bölgeye ilişkin olasılık yoğunluk işlevidir.

Gölgelemesiz açık bölgeler için $G_1(R)$,

$$G_1(R) = 1 - \int_0^R p_1(r) dr \quad (117)$$

$$G_1(R) = 1 - \int_0^R K r \exp \left[-K \left(\frac{r^2}{2} + 1 \right) \right] I_0(Kr\sqrt{2}) dr \quad (118)$$

Eşitlik (118) deki tümlevin analitik çözümü yoktur. Ancak sayısal yöntemlerle çözülebilir. R değeri doğrudan bileşenin gücüne göre negatif işaret düzeyi olarak alınır. Bu negatif işaret düzeyi F pozitif bayılma derinliği olarak alınırsa aşağıdaki dönüşüm yazılabilir.

$$F(\text{dB}) = -R \quad (119)$$

Bu durumda $G_1(F)$ eşitlik (120) daki gibi analitik olarak verilebilir [37, 38].

$$G_1(F) = 1 - \exp[-(F+U_1)/U_2] \quad (120)$$

Burada,

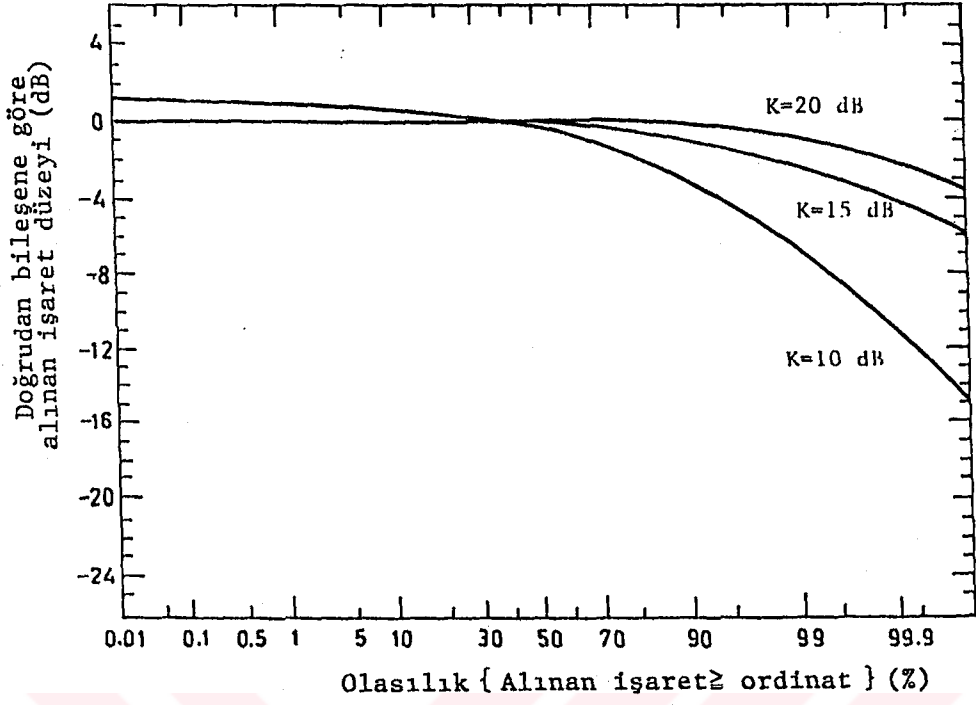
$$U_1 = 0.01 K^2 - 0.378 K + 3.98 \quad (121)$$

$$U_2 = 331.35 K^{-2.29} \quad (122)$$

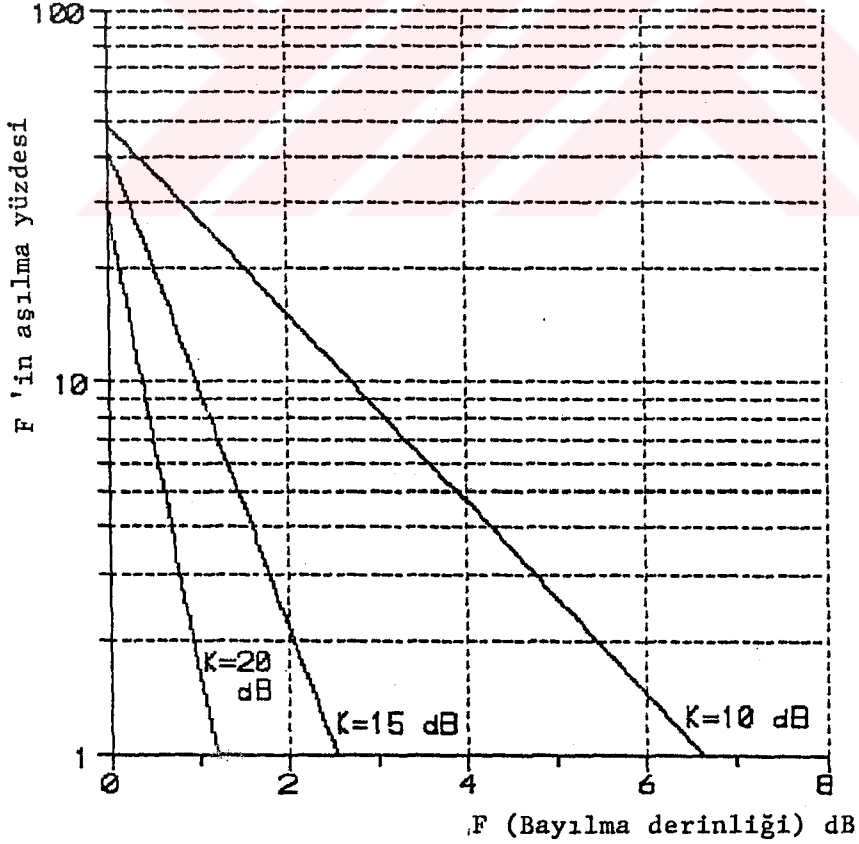
olarak verilir. Burada, F (dB) bayılma derinliği, $G_1(F)$ ise alınan işarette bayılma derinliğinin F dB den daha küçük olma olasılığıdır. K (dB) ise rician yayılım parametresidir. İletişimde güvenilirlik açısından toplam iletişim süresinin % 99'u için bayılma derinliğinin bilinmesi gerekir. Toplam iletişimin % 99'unda en büyük bayılma derinliği,

$$F = 4.605 U_2 - U_1 \quad (123)$$

olarak elde edilir. Şekil 29 da K faktörünün bayılma dağılımına etkisi incelenmiştir. Şekil 30 da ise değişik K değerleri için bayılma derinliğinin değişimi verilmiştir.



Şekil 29. Gölgelemesiz açık bölgeler için bayılma olasılık dağılımının K faktörü ile değişimi



Şekil 30. Açık bölge K faktörü ile bayılma derinliği ilişkisi

Ağaç gölgelemeli bölgeler için $G_2(R)$,

$$G_2(R) = 1 - \int_0^R p_2(r) dr \quad (124)$$

$$G_2(r) = 1 - \int_0^R \frac{\bar{K} r}{\sqrt{2\pi d_0}} \int_0^{\infty} \frac{1}{z} \exp[-(\ln z - \mu)^2 / 2d_0 - \bar{K}(r^2 + z^2)/2] I_0(\bar{K}rz) dz dr \quad (125)$$

$F(\text{dB}) = -R$ olarak bayılma derinliğini göstermek koşulu ile alınan işaretle bayılma derinliğinin F dB den daha küçük olma yüzdesi eşitlik (126) ile verilir [37, 38].

$$G_2(F) = 1 - \left(\frac{50 - F}{V_1} \right)^{V_2} \quad (126)$$

\bar{K} , μ ve σ (dB) cinsinden olmak koşuluyla V_1 ve V_2 ,

$$V_1 = -0.275 \bar{K} + 0.723 \mu + 0.336 \sigma + 56.979 \quad (127)$$

$$V_2 = [-0.006 \bar{K} - 0.008 \mu + 0.013 \sigma + 0.121]^{-1} \quad (128)$$

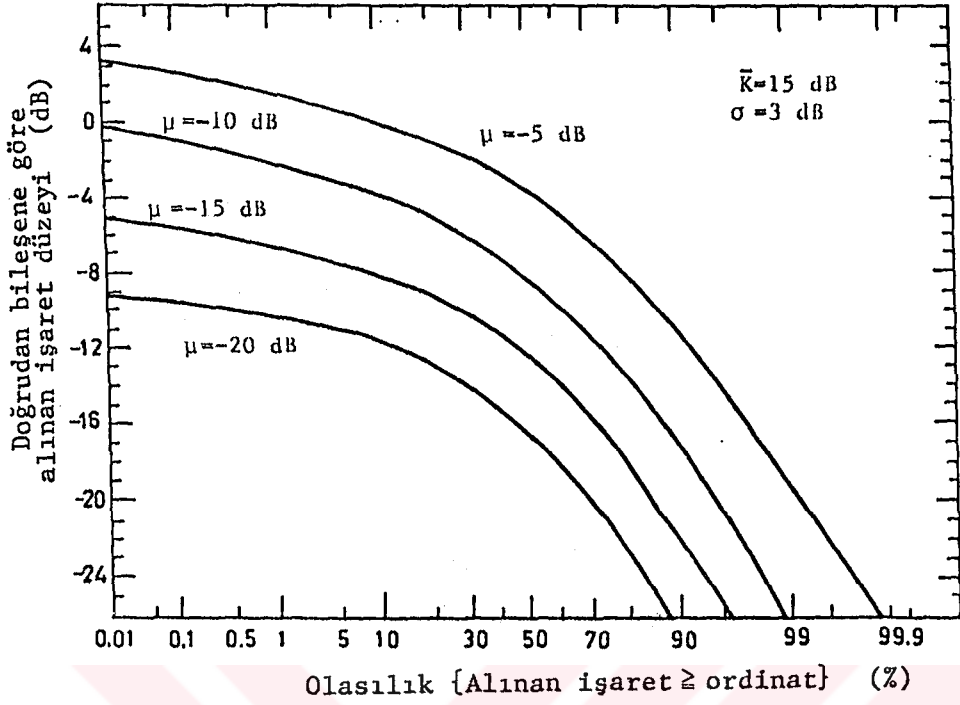
istenilen herhangi bir $G(F)$ yüzdesi için bayılma derinliği F ,

$$F = 50 - V_1 [1 - G_2(F)]^{1/V_2} \quad (129)$$

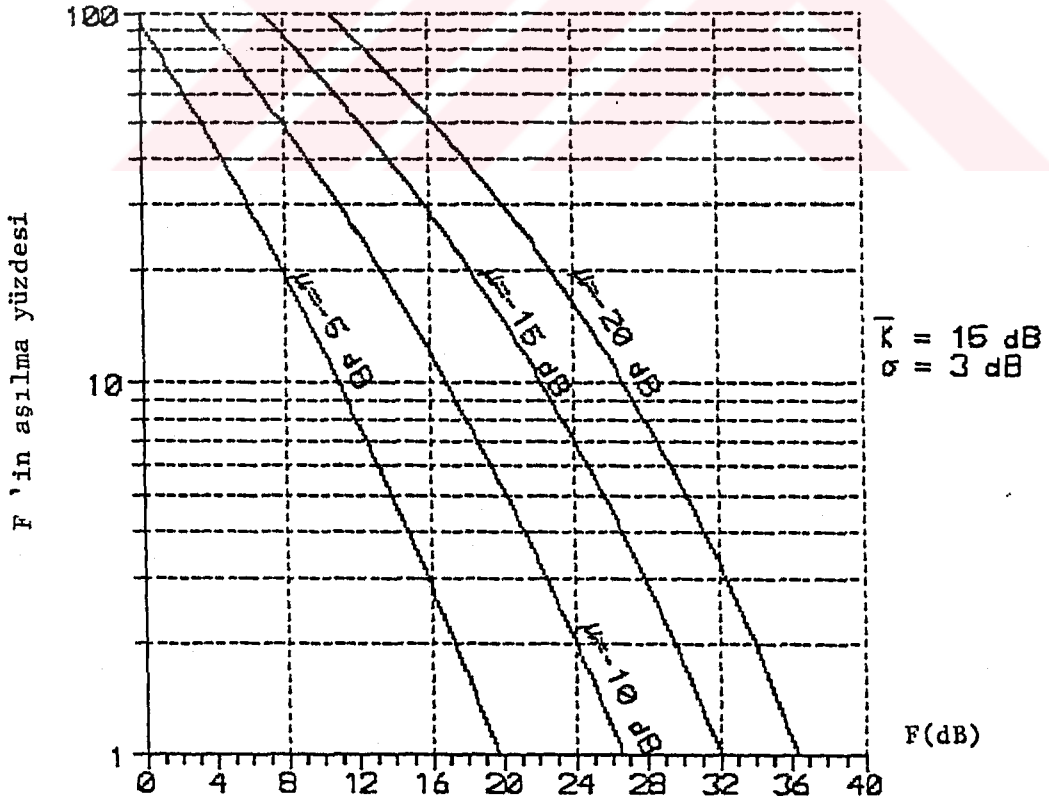
ile hesaplanır. İletişim yapılan bölge için alınan işaretin % 99 'u için en büyük bayılma derinliği,

$$F = 50 - V_1 (0.01)^{1/V_2} \quad (130)$$

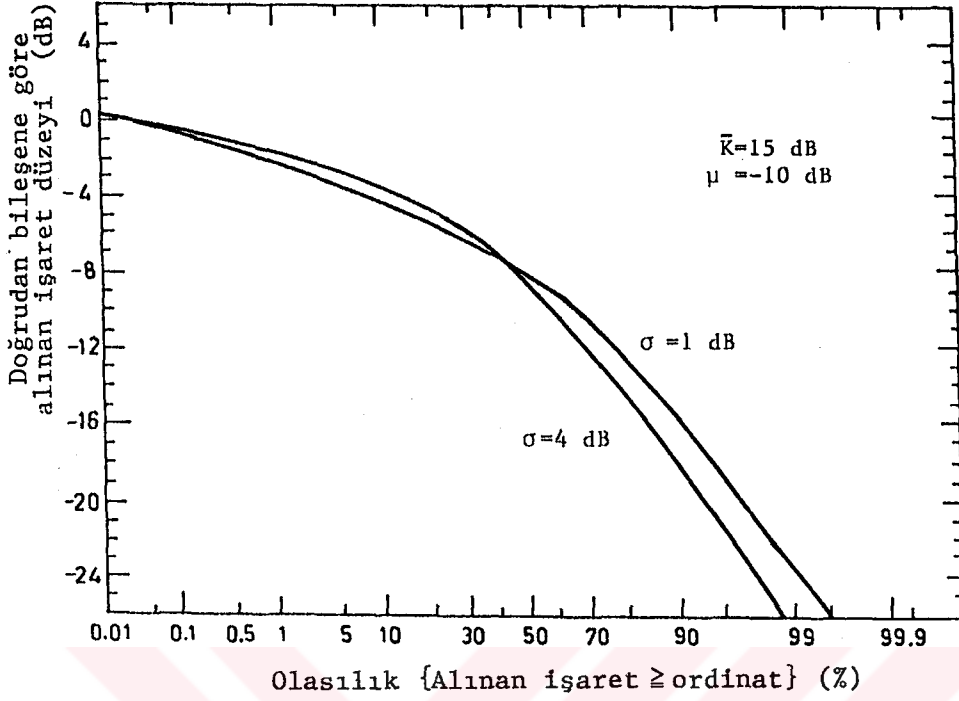
olarak elde edilir. Ağaç gölgelemeli bölgeler için geliştirilen modelde μ ve σ parametrelerinin bayılma olasılık dağılımına ve bayılma derinliğine etkisi Şekil 31 - Şekil 34 de verilmiştir.



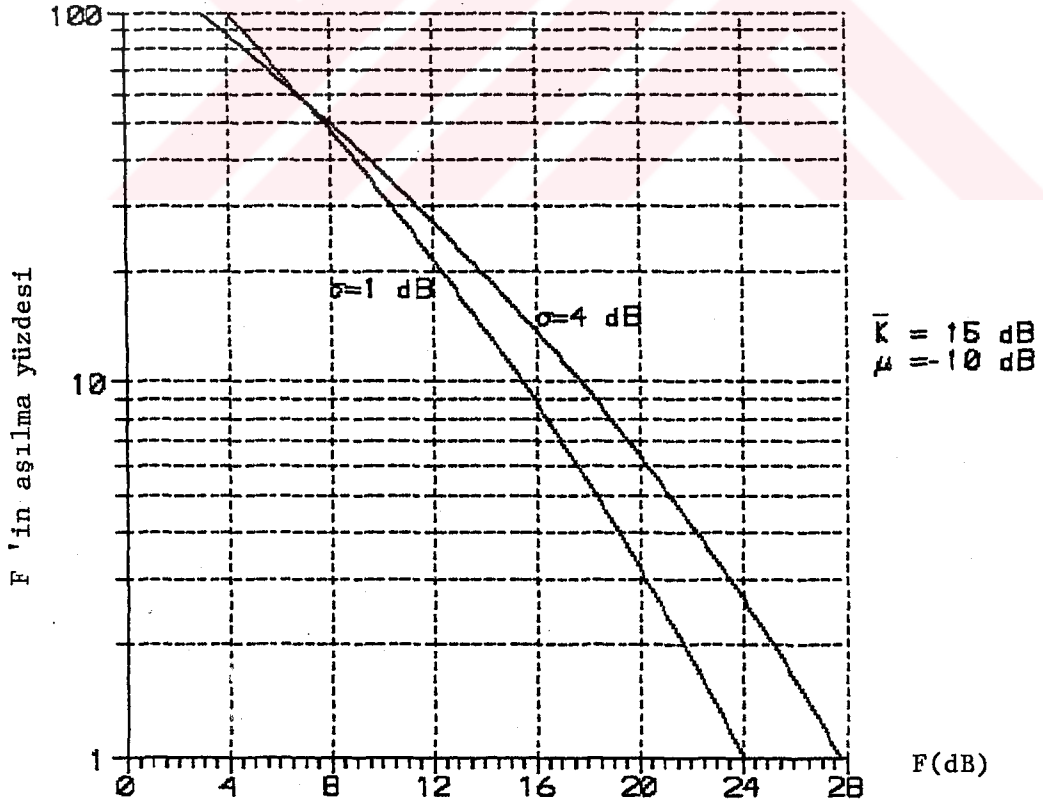
Şekil 31. Ağaçlıklı yollarda değişik μ değerleri için bayılma olasılık dağılımının elde edilmesi



Şekil 32. μ parametresinin bayılma derinliğine etkisi



Şekil 33. Ağaçlıklı yollarda σ 'nın bayılma olasılık dağılımına etkisi



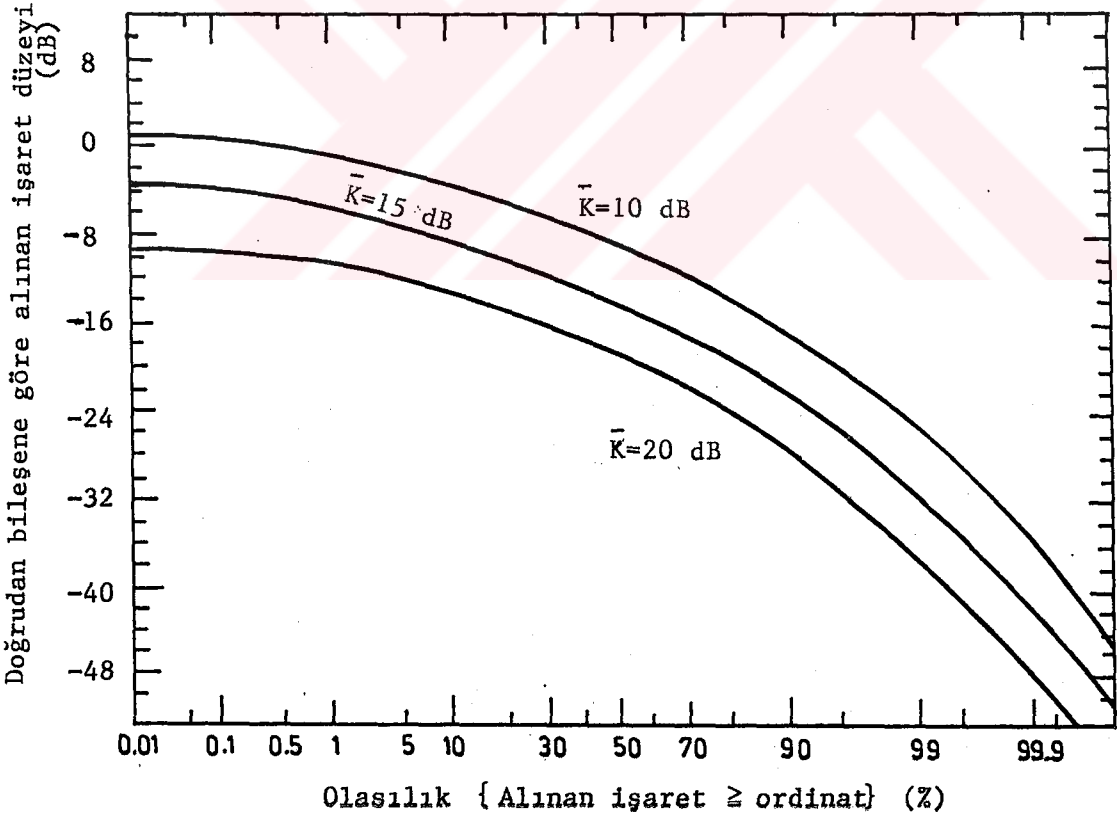
Şekil 34. Değişik σ değerleri için bayılma derinliğinin incelenmesi

Uyduyu göremeyen bölgeler için $G_3(R)$,

$$G_3(R) = 1 - \int_0^R \bar{K} r \exp(-\bar{K} r^2/2) dr \quad (131-a)$$

$$G_3(R) = \exp(-\bar{K} r^2/2) \quad (131-b)$$

olarak elde edilir [89]. Bayılma derinliği, istenilen $G_3(F)$ yüzdesi için \bar{K} ve F dB olmak koşuluyla eşitlik (132) ile bulunur.



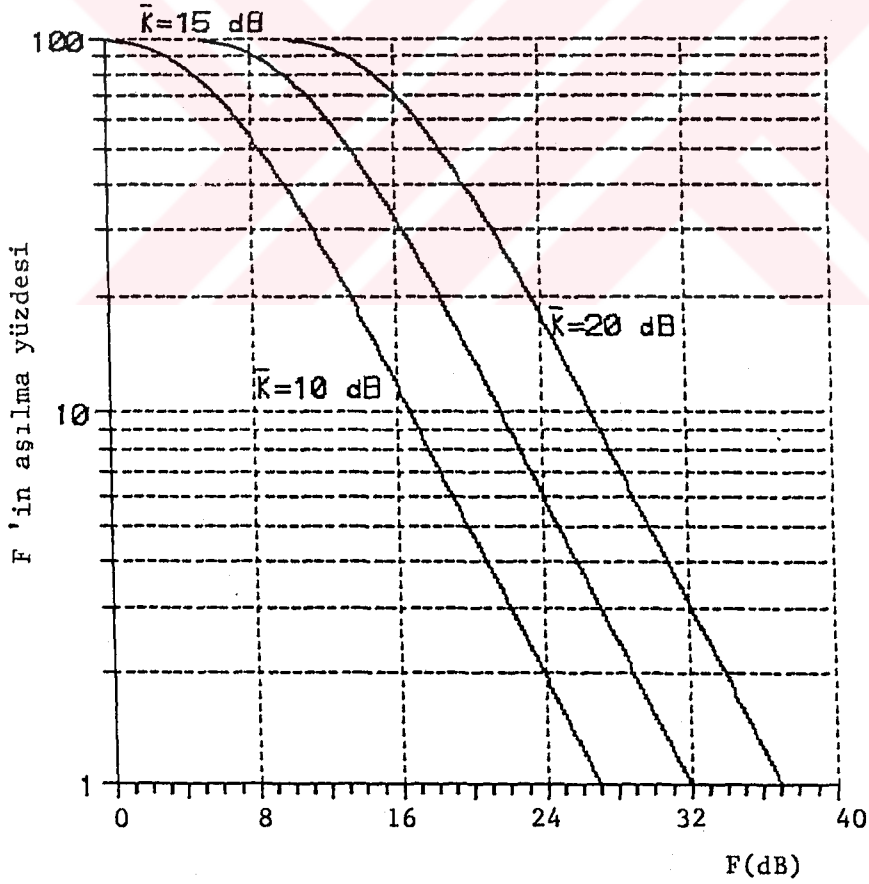
Şekil 35. Uyduyu göremeyen bölgelerde \bar{K} faktörü ile bayılma olasılık dağılımının değişimi

$$F = -20 \log \left(- \frac{2 \ln[G_3(F)]}{10^{0.1\bar{K}}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (132)$$

$G_3(F) = \%99$, yani alınan işaretin % 99 unda en büyük bayılma sınırı,

$$F(\text{dB}) = \bar{K} + 16.968 \quad (133)$$

olarak bulunur. Şekil 35 de \bar{K} faktörü ile $G_3(R)$ nin, Şekil 36 da ise bayılma derinliğinin değişimi verilmiştir.



Şekil 36. Uyduyu göremeyen bölgelerde \bar{K} faktörü ile bayılma derinliği ilişkisi

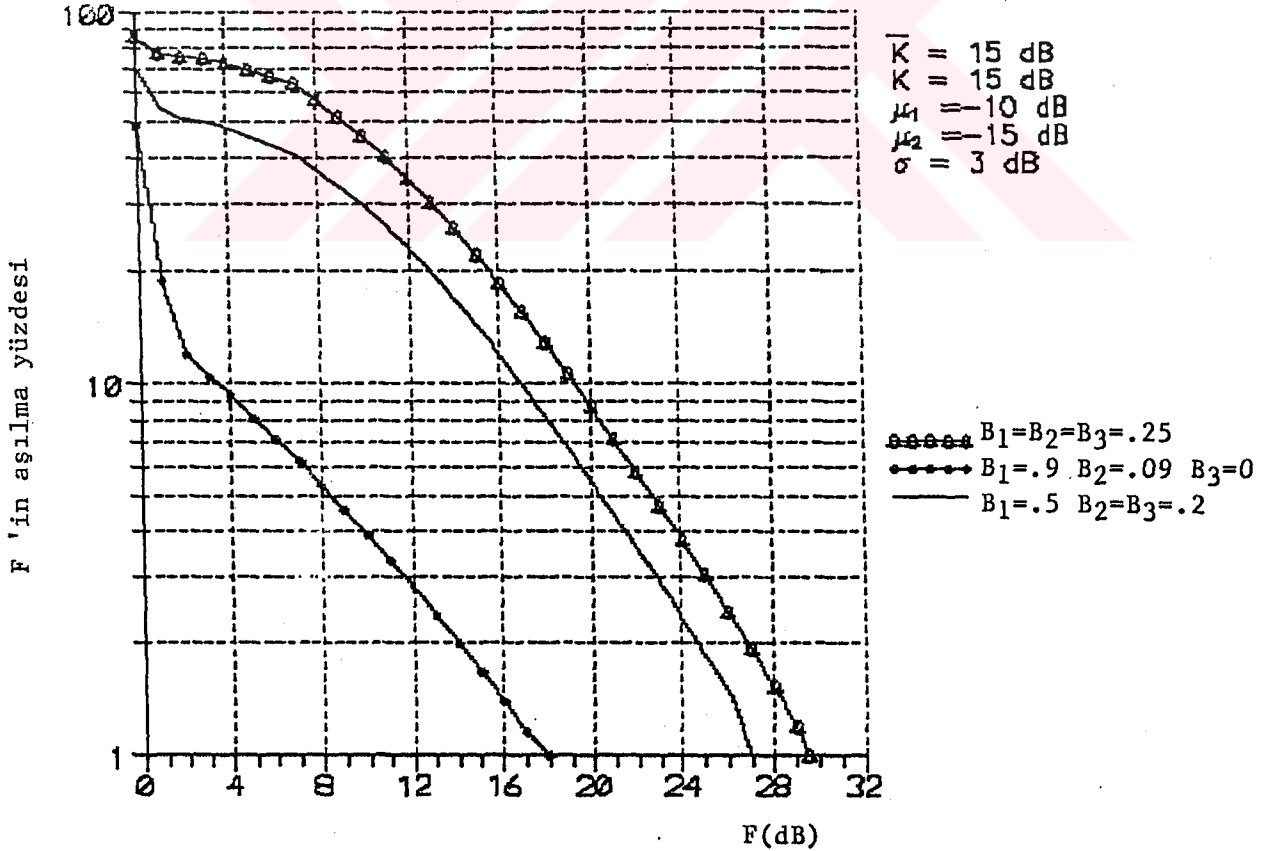
Toplam bölgesel modelde bu ayrık modeller uygun bölge fiziksel katsayıları ile birleştirilir. Gölgelemesiz açık bölgelerin toplam bölge içerisindeki yüzdesi B_1 , ağaçlıklı bölgelerin yüzdesi B_2 ve uyduyu göremeyen bölgelerin yüzdesi B_3 olarak alınırsa toplam model $G(R)$,

$$G(R) = B_1 G_1(R) + B_2 G_2(R) + B_3 G_3(R) \quad (134)$$

olarak verilir. Bölge katsayıları,

$$B_1 + B_2 + B_3 = 1 \quad (135)$$

olmak zorundadır. Burada; B_1 açık bölge, B_2 yol kenarı ağaçlıklı bölge ve B_3 ise uyduyu göremeyen bölge katsayısıdır. Ancak yol kenarı ağaçlıklı yollar ile orman içi yolları modelde ayrı ayrı hesaba katmakta yarar vardır. Çünkü her



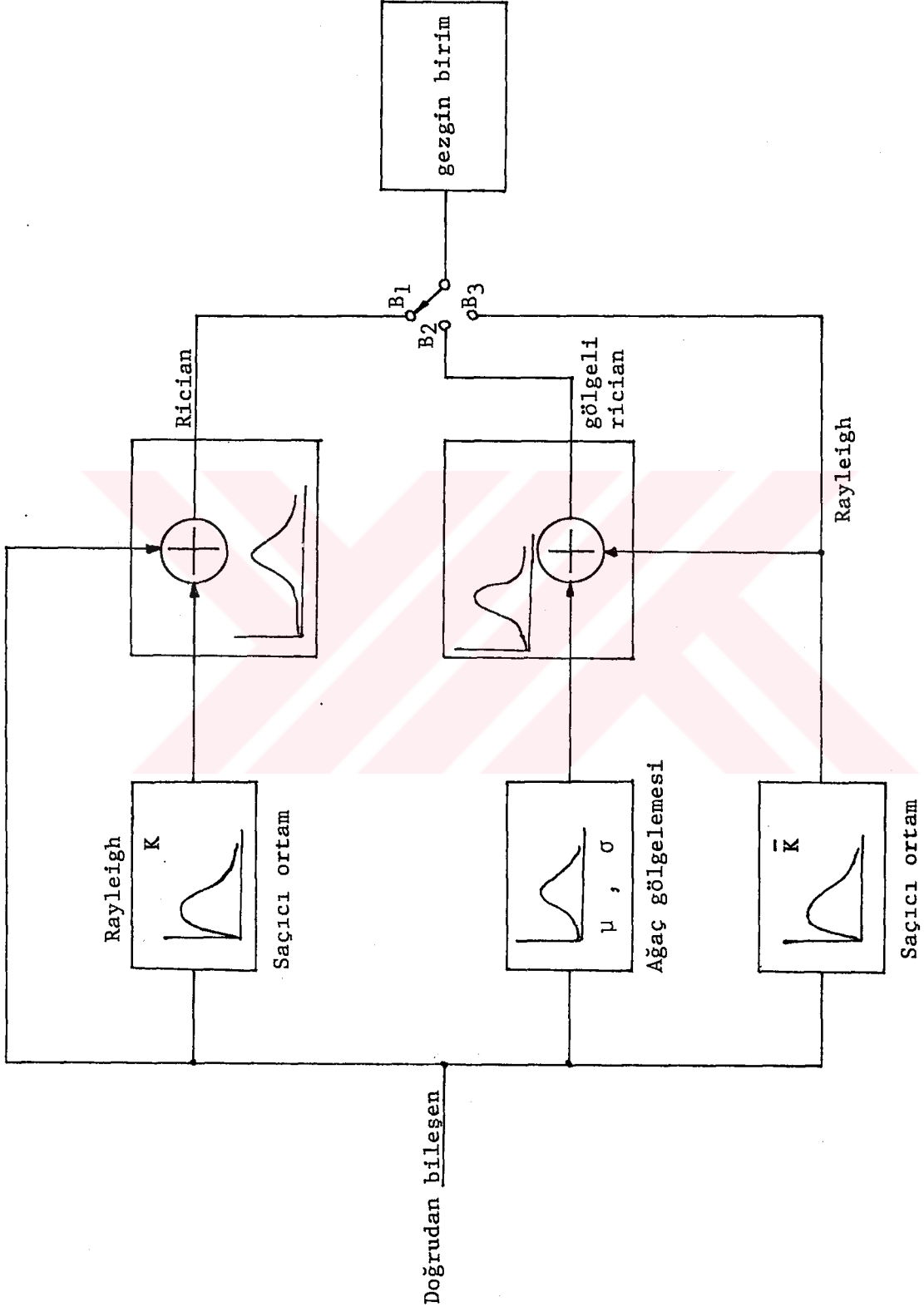
Şekil 37. Toplam bayılma derinliği

iki bölgeye ilişkin ağaç zayıflatma değerleri farklıdır. Bu durumda $B_1+B_2+B_3 < 1$ olur. $1-(B_1+B_2+B_3)$ orman içi bölge katsayısını verir. Şekil 37 de değişik bölge katsayılarına sahip ortamlarda bayılma incelemesi yapılmıştır. μ_1 yol kenarı ağaçlıklı ortama ilişkin, μ_2 ise orman içi ortama ilişkin ağaç zayıflatma değeridir.

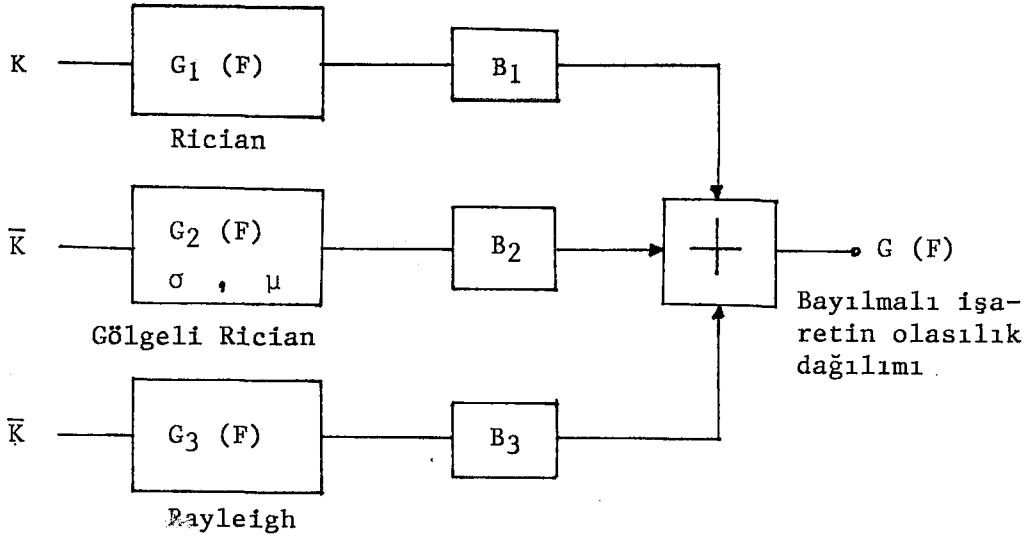
Geliştirilen toplam bölgesel model Şekil 38 deki gibi gösterilebilir. Gezgin birim gölgelemesiz açık ortamda bulunuyorsa alınan işaret, doğrudan dalga ve saçıcı ortam sonucu oluşan rayleigh dağılımlı çok yollu bileşenin toplamıdır. Doğrudan dalga ile çok yollu bileşen dalga gücü arasındaki ilişki K parametresi ile tanımlanır. Modellenek toplam bölge içerisindeki gölgelemesiz açık bölge katsayısı B_1 dir. Alınan işaret rician olasılık dağılımı ile modellenir. Gezgin birim ağaçlıklı yollarda iken doğrudan dalganın istatistiği ağaç zayıflatma ortalama değeri μ ve standart sapması σ olan lognormal dağılıma dönüşür. Alıcı anteninde lognormal dağılımlı doğrudan dalga ile çok yollu bileşenlerin toplamı alınır. Bu durumda toplam bölgenin B_2 yüzdesi kadar alınan işaretin olasılık dağılımı gölgelenmiş rician olur. Toplam bölge içerisinde B_3 katsayısı kadar uyduyu göremeyen bölgede rayleigh dağılımlı ve \bar{K} parametrelili çok yollu bileşen alınır.

Eğer modellenek bölge orman içi yollar içeriyorsa ağaçlıklı bölgeleri, yol kenarı ağaçlıklı ve orman içi yollar olmak üzere ayrı ayrı incelemekte yarar vardır. Çünkü iki duruma ilişkin ağaç zayıflatma değerleri farklıdır. Bu durumda yol kenarı ağaçlıklı bölgenin ağaç zayıflatması μ_1 ve orman zayıflatması μ_2 alınarak her iki durum da gölgelenmiş rician ile modellenir.

Şekil 39 da belirli bir U-GİS yayılımı için istenilen F değeri için yaklaşık olasılık dağılım modeli verilmiş ve modele ilişkin model bağıntıları özetlenmiştir.



Şekil 38. U-GİS bölgesel yayılım benzetimi



Şekil 39. Belirli bir bölge için yaklaşık yayılım olasılık dağılım modeli

Daha önce elde edilen eşitlik (120), (121), (122), (126), (127), (128) ve (132) kullanılarak olasılık dağılım modeline ilişkin bağıntılar aşağıda verilmiştir. Eşitliklerde F , K , \bar{K} , μ ve σ (dB) cinsindedir.

$$G(F) = B_1 G_1(F) + B_2 G_2(F) + B_3 G_3(F) \quad (136-a)$$

$$G_1(F) = 1 - \exp(-h_1), \quad G_2(F) = 1 - h_2^n, \quad G_3(F) = \exp(-h_3) \quad (136-b)$$

$$h_1 = h_1(F, K) = [(3.018F + 12.01)K^{2.29} - 1.14K^{3.29} + 0.03K^{4.29}] 10^{-3} \quad (136-c)$$

$$h_2(F, \bar{K}, \mu, \sigma) = \frac{(1 - 0.02F) 10^3}{-5.5\bar{K} + 14.46\mu + 6.72\sigma + 1139.58} \quad (136-d)$$

$$h_3 = h_3(\bar{K}, F) = 0.5 10^{0.1(\bar{K} - F)} \quad (136-e)$$

$$n = n(\bar{K}, \mu, \sigma) = [6 10^{-3} (-\bar{K} - 1.33\mu + 2.167\sigma + 20.167)]^{-1} \quad (136-f)$$

4.7. BÖLGE KATSAYILARININ BAYILMA DERİNLİĞİNE ETKİSİ

Modelde, bölge katsayılarının bayılma derinliğine etkisini belirleyebilmek için değişik B_1 , B_2 ve B_3 değerleri için bayılma derinliği hesaplanarak Tablo 5 de gösterilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde uyduyu göremeyen bölge ve ağaçlıklı bölge katsayıları büyüdükçe bayılma derinliği hızla büyümektedir. İletişim ortamı sadece uyduyu görmeyen bölge için ($B_3=1$) $F=31.9$ dB iken, tamamen açık ortamlarda ($B_1=1$) $F=2.5$ dB ve ağaçlıklı ortamlarda ($B_2=1$) $F=26$ dB olmaktadır.

Tablo 5 de birinci sütun gölgelemesiz açık bölge katsayısı B_1 , birinci satır ağaç gölgelemeli bölge katsayısı B_2 değerleridir. Burada uyduyu göremeyen kentsel bölge katsayısı $B_3=1-(B_1+B_2)$ dir. Tablodaki diğer değerler istenilen B_1 , B_2 ve B_3 için hesaplanan F (dB) değerleridir. Tablo 5 de modele ilişkin yayılım parametreleri $K=15$ dB, $\bar{K}=15$ dB, $\mu=-10$ dB ve $\sigma=3$ dB olarak alınmıştır. Bu değerler çeşitli ülkelerde gerçekleştirilen yayılım ölçmeleri sonuçlarının ortalama değerleridir.

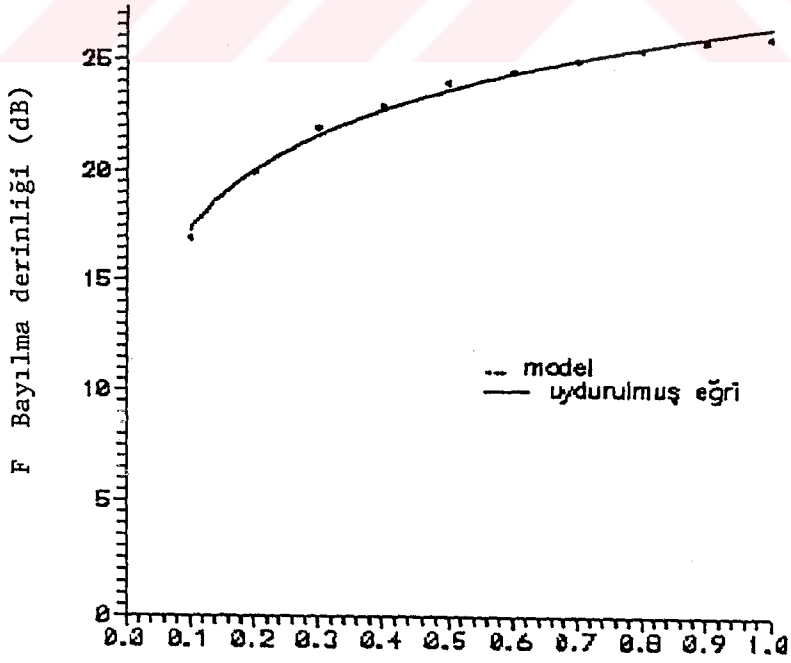
Uyduyu göremeyen kentsel bölgelerde uydu-gezgin yayılımında alınan işaret düzeyi düşük olmaktadır. Bu bölgeler yersel gezgin sistemlerle desteklenmelidir. Bu nedenle $B_3=0$ alınıp, B_1 ve B_2 katsayılarının bayılma derinliğine etkisi Şekil 40 da görülmektedir. Burada $B_1+B_2=1$ olmalıdır.

Şekil 40 da B_2 ye bağlı olarak F 'in değişimi incelenirse $B_2=0$ için $F=2.5$ iken $B_2=0.1$ için $F=17$ dB dir. F , B_2 ile artmaktadır. $0.1 \leq B_2 \leq 1$ için, B_2 ile F arasındaki ilişki yaklaşık olarak eşitlik (137) ile verilebilir.

$$F \text{ (dB)} = 3.93 \ln(B_2) + 26.39 \quad (137)$$

Tablo 5. B_1 , B_2 ve B_3 katsayılarına göre bayılma derinliğinin belirlenmesi

$B_1 \backslash B_2$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.0	31.9	31.5	31.0	30.5	30.3	30.0	29.8	29.0	28.0	27.0	26.0
0.1	31.0	30.8	30.4	30.0	29.8	29.5	28.0	27.5	27.0	26.5	
0.2	30.0	29.5	29.5	29.5	29.0	28.0	27.0	26.0	26.0		
0.3	29.5	29.0	29.0	29.0	28.0	27.0	26.0	25.0			
0.4	29.3	28.5	28.0	28.0	27.0	26.0	25.0				
0.5	29.0	28.0	27.0	27.0	25.5	24.5					
0.6	28.0	27.0	26.0	26.0	23.5						
0.7	27.0	25.0	24.0	22.0							
0.8	25.0	23.0	20.0								
0.9	22.0	17.0									
1.0	2.5										



Şekil 40. F 'in B_2 ye göre değişimi

5. L-BAND YAYILIM ÖLÇÜMLERİ VE MODEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

5.1. GİRİŞ

U-GİS 'de yayılım modeli parametrelerinin elde edilmesi için L-band yayılım ölçümleri yapılması gerekir. Yayılım ölçümleri tüm bölgenin gerçek davranışını belirlemek amacıyla bölgedeki tüm karayolları üzerinde gerçek sistem donanımını kullanarak yapılabildiği gibi, sadece yayılım model parametrelerinin elde edilmesi amacıyla küçük ölçekli olarak da yapılabilir. Küçük ölçekli ölçümlerde verici uygun bir yere yerleştirildikten sonra, alıcı ile birkaç yüz dalga boyunca hareket edilerek alınan işaretten istenilen parametreler elde edilir.

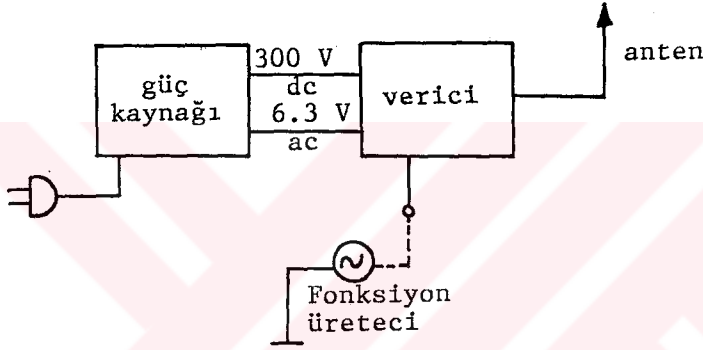
Ölçümler sistem özelliklerine uygun koşullarda yapılmalıdır. Modellenecek bölgenin tipik özelliklerini taşımalıdır. Bu çalışmada U-GİS 'in Doğu Karadeniz Bölgesindeki önemli karayollarına uygulanacağı düşüncesiyle bölgede model parametrelerinin belirlenmesi amacıyla L-band yayılım ölçümleri yapılması kararlaştırılmıştır.

5.2. L-BAND YAYILIM ÖLÇÜM DÜZENİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

U-GİS yayılım model parametrelerinin belirlenmesi amacı ile L-band yayılım ölçümleri için deney düzeneğine gereksinim vardır. Deney düzeneği sistemin özelliklerine uygun olmalıdır. Bu özellikler sistem için ayrılan frekans bandı, sisteme uygun anten seçimi, açık arazide ölçüm yapılacağından taşınabilirlik ve arazi şartlarına uygunluk olarak verilebilir. Geliştirilen deney düzeneği; 1. Verici birimi, 2. Gezgin birim alıcı anteni, 3. Alıcı birimi ve 4. Ölçme birimleri olmak üzere dört kısma ayrılabilir.

5.2.1. VERİCİ BİRİMİ

Yayılım ölçümlerinde uyduyu benzetim için bir verici birimine gereksinim vardır. Verici L-band da uygun bir çıkış gücüne sahip olmalıdır. Verici olarak 0.9 - 2 GHz lockable osilatör kullanılmıştır. Verici birimi güç kaynağı, verici, fonksiyon üretici ve verici anteninden oluşur. Şekil 41 de verici birimi blok olarak gösterilmiştir.



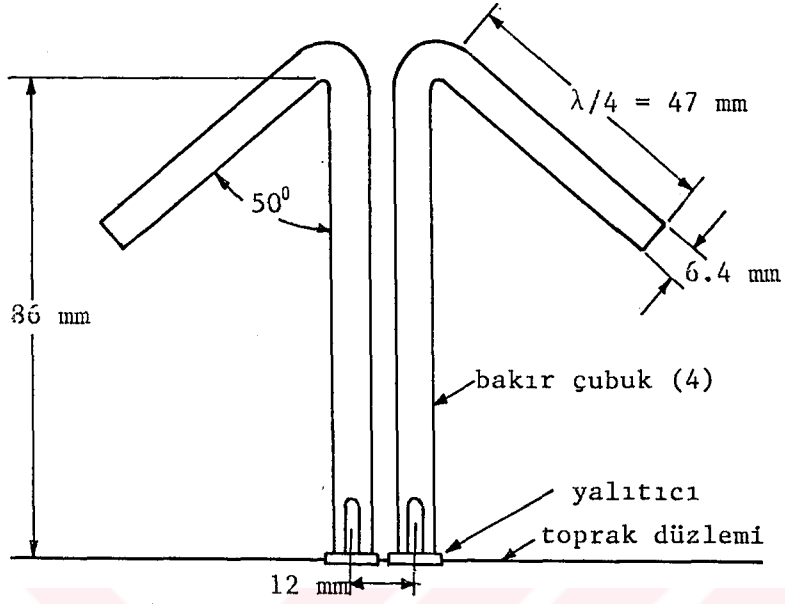
Şekil 41. Verici birimi

Verici üzerinde 0.9-2 GHz frekansları arasında çıkış frekansı seçimi ve çıkış güç düzeyini ayarlama olanağı vardır. Verici çıkışında genlik modülasyonlu işaret elde edilebilmektedir. Bu amaçla dışarıdan bildiri işareti vermek için fonksiyon üretici girişi vardır. Verici çıkışından 1.6 GHz de yaklaşık 300 mW lık bir güç alınabilmektedir. Verici anteni olarak yarım dalga dipol kullanılmıştır.

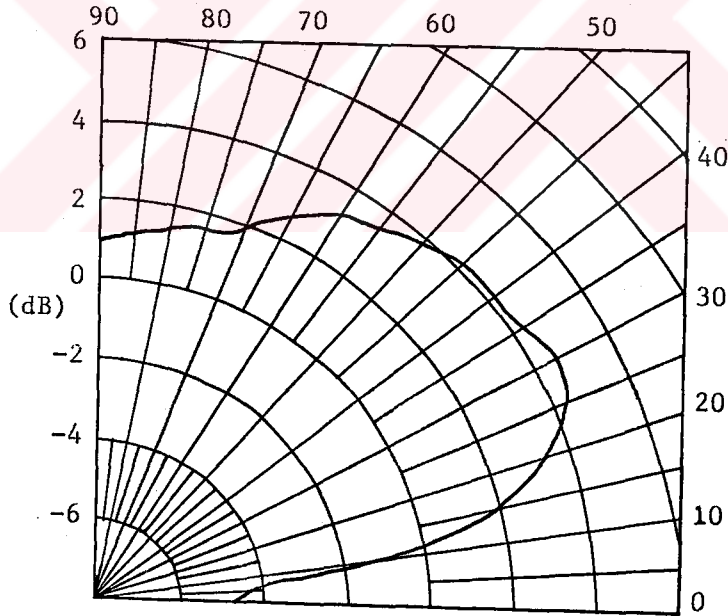
5.2.2. GEZGİN BİRİM ANTENİ

Yayılım ölçümlerinde gezgin birim anteni büyük önem taşır. Ölçümlerde kullanılmak üzere U-GİS için kullanılmaya aday antenlerden düşük kazançlı bükülmüş dipol (drooping dipole) anten gerçekleştirilmiştir. Anten U-GİS 'ne uygun

olarak tüm azimuth açılarında alış yapabilmektedir. Yükselme açısı- kazanç ilişkisi ise sisteme uygundur.



Şekil 42. Bükülmüş dipol antenin fiziksel yapısı [20]

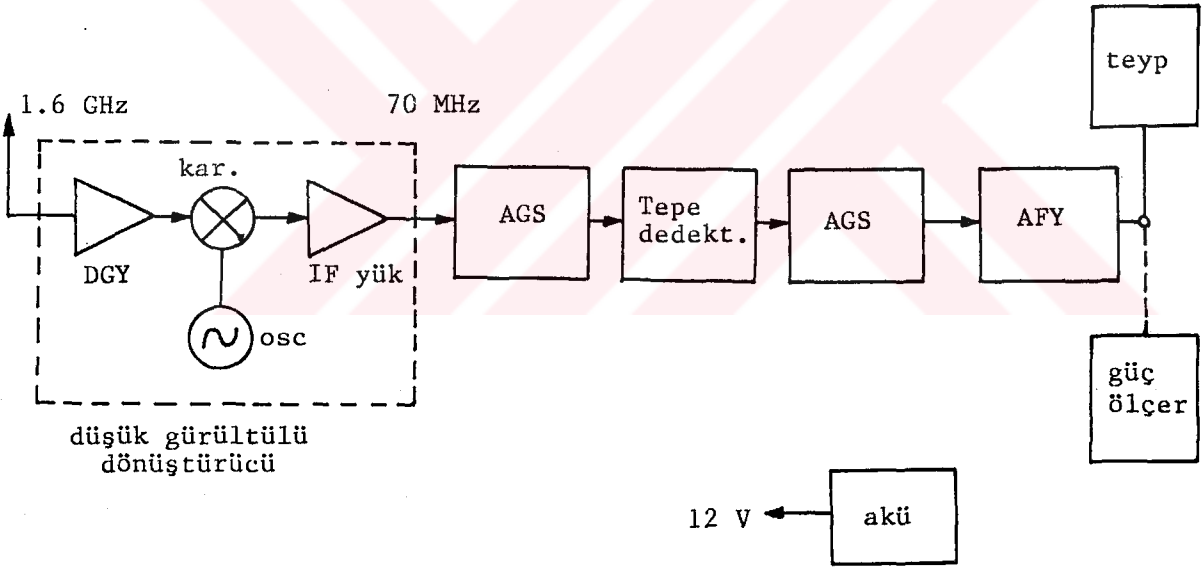


Şekil 43. Bükülmüş dipol anten yükselme açısı-kazanç ilişkisi [41]

Gerçekleştirilen bükülmüş dipol anten U-GİS 'de olası yükselme açıları olan 20°-70° arasında 4-5 dB bir kazanca sahiptir. Antenin 1.6 GHz çalışma frekansı için fiziki yapısı Şekil 42 de, yükselme açısı - kazanç ilişkisi ise Şekil 43 de verilmiştir.

5.2.3. GEZGİN BİRİM ALICISI

Yayımlım ölçümleri için bir ölçme alıcısı gerçekleştirilmiştir. Alıcı aşağı dönüştürücü, ara frekans yükseltici, tepe dedektörü ve alçak frekans yükselticiden oluşmaktadır. Ölçüm amaçlı 1.6 GHz de çalışan alıcının blok olarak gösterimi Şekil 44 de verilmiştir. Giriş duyarlılık düzeyi -60 dBm civarındadır. Giriş frekansı 950 -1750 MHz arasında ayarlanabilmektedir. L-band (1.6 GHz) 'da anten aracılığıyla alınan RF işareti aşağı dönüştürücü ile 70 MHz bandına getirilir. Ara frekans yükselticiyle yükseltildikten sonra tepe değişimlerinin alınması için tepe dedektöründen geçirilir. Bu değişimler alçak frekans yükseltici ile yükseltilerek teybe kayıt edilebilecek duruma getirilir.

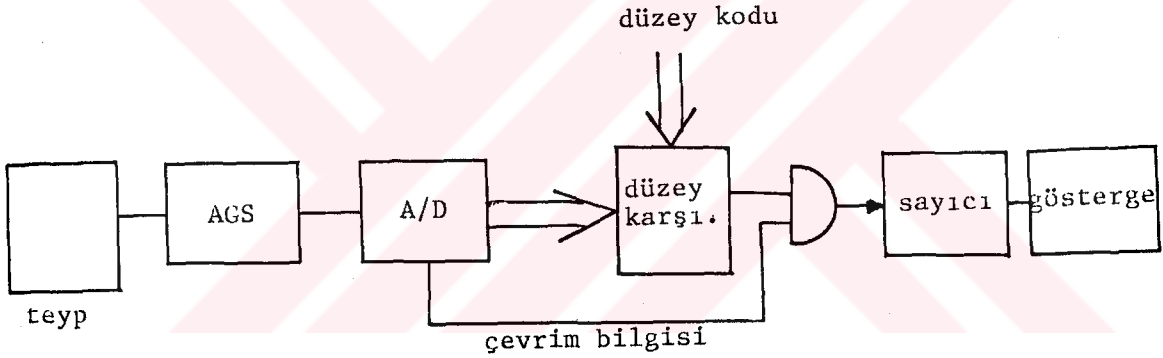


Şekil 44. Gezgin birim ölçme alıcısı

Ölçme alıcısı arazi koşullarına uygun olarak taşınabilir ve 12 V bir akümülatör ile çalışabilir durumda tasarlanmıştır. Ölçümlerde ölçme alıcısı gezgin birimin içerisine yerleştirilmiş ve aracın çatısına yerleştirilen antenle besleme bağlantısı koaksiyel kablo ile gerçekleştirilmiştir.

5.2.4. ÖLÇME BİRİMLERİ

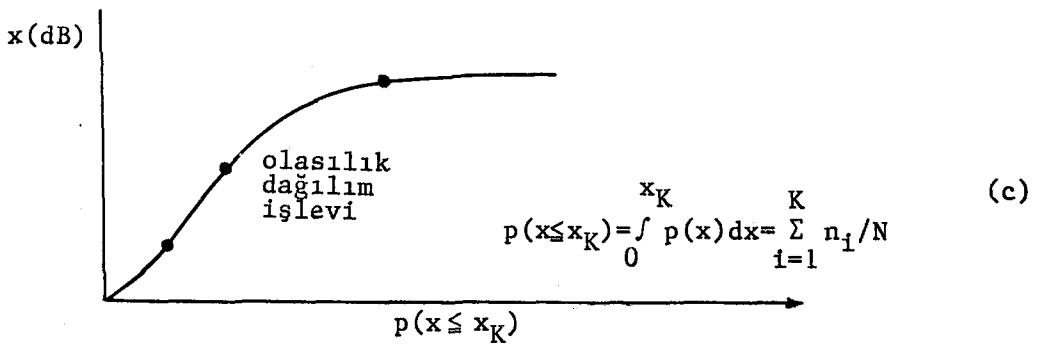
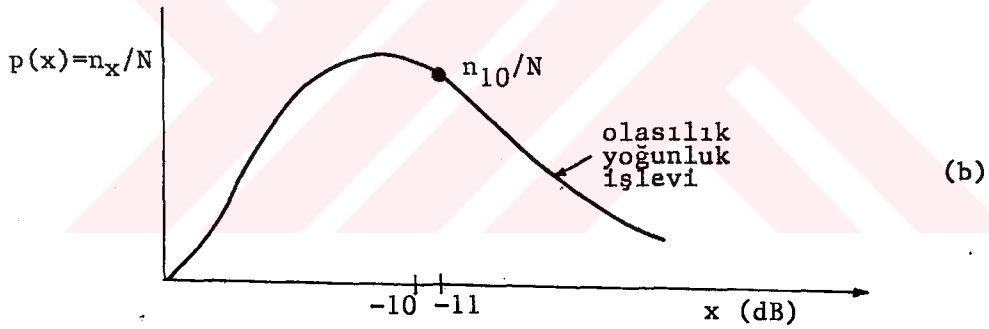
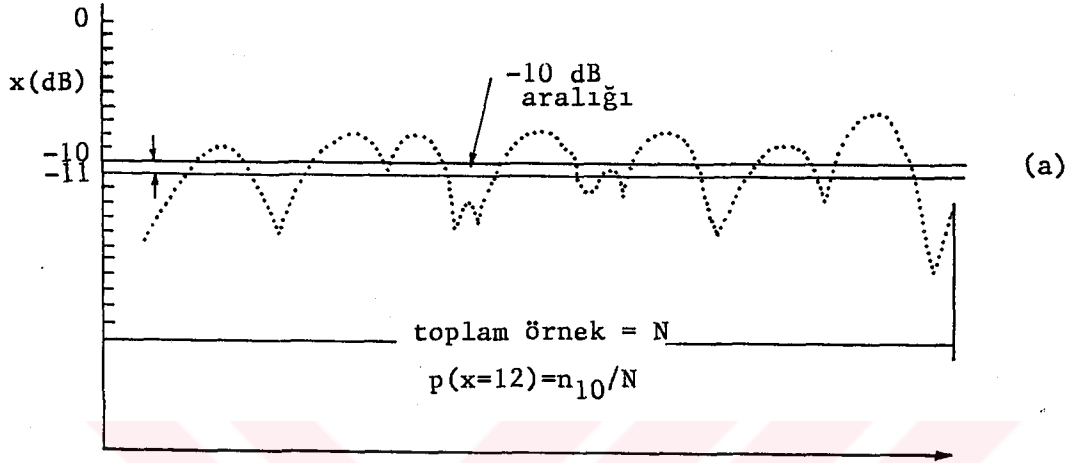
U-GİS yayılım ölçümlerine alınan işaretle genlik değışimlerinin elde edilmesi için alınan işaretle zarfının kayıt edilmesi düşünölmüştür. Kayıt için manyetik teyp ve kasetler kullanılmıştır. Kaydedilen analog işaretleten sayısal verileri elde etmek için bir veri elde etme (data acquisition) birimi gerçekleştirilmiştir. Kayıt ve veri elde etme birimlerinin blok olarak gösterimi Şekil 45 de verilmiştir.



Şekil 45. Kayıt ve veri elde etme sistemi

Veri elde etme biriminde, kayıt edilen yayılım işaretle ti teyp çıkışından alınır ve AGS den geçirilir. Daha sonra 8 bit bir A/D dönüştürücü ile sayısal biçime getirilir. $2^8=256$ ayrı düzeyde basamaklandırılan işaretlete yaklaşık 0 ile -48 dB arasında bir bayılma incelemesi yapılabilir. Düzey karşılaştırıcısının bir girişinde sayısal giriş işaretle diğeri girişinde sayılması istenen düzeyin kodu girilir. istenilen düzey girişten geldiğinde karşılaştırıcı çıkışı lojik 1 olur. A/D çevrim bilgisi ile karşılaştırıcı çıkışı çarpılarak sayıcıya verilir. Sayıcı beş haneli onluk sayma düzenine sahiptir. Sayıcı çıkışında, kayıt süresi içinde

alınan işaretin kodu girilen düzeyi kaçkez aldığı okunur. Okuma işlemi 1 dB aralıklarla yinelenerek işaretin olasılık yoğunluk işlevi değerleri elde edilir. Ölçmelerde bazı anlarda arazide alınan işareti izlemek için osilaskop, güçölçer ve ac milivoltmetrelerden de yararlanılmıştır.



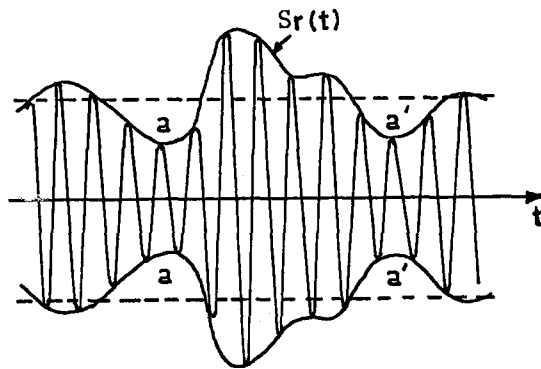
Şekil 46. Alınan işarete istatistiksel büyüklüklerin elde edilmesi

Kayıt ve veri elde etme birimi ile alınan bir işaretin istatistiksel büyüklükleri elde edilebilir. Örnek olarak alınan bir işaretin değişimi Şekil 46-a daki gibi olsun ve işaretin -10 dB düzeyini kaç kez aldığı bulunmak istensin. Veri elde etme sistemi düzey kodu girişine -10 dB 'in kodu girilir. İşaretin bu düzeyi istenilen süre içerisinde kaç kez aldığı sayıcıdan okunur. Bu işlem birer dB aralıklarla yinelenir. Sonuçta olasılık yoğunluk işlevi Şekil 46-b deki gibi çizilir. Olasılık yoğunluk işlevinin ortalama değeri ve standart sapması hesaplanabilir. Şekil 46-c de ise alınan işaretin olasılık dağılım işlevi gösterilmiştir. Olasılık dağılım işlevi alınan işaretin belirli bir düzeyi aşma ya da küçük olma olasılığını tanımlar.

5.3. L-BAND YAYILIM ÖLÇÜMLERİ

U-GİS alıcı anteninde alınan işaret uzun ve kısa süreli bayılma içerir. Vericiden sabit genliğe sahip bir RF taşıyıcı işareti gönderildiği düşünülürse alınan işaret bazı anlarda max. bazı anlarda ise min. değerler alır. Şekil 47 de alınan işaret $S_r(t)$ nin zamana göre değişimi verilmiştir.

Bayımlı kanallarda alınan işaret genlik modülasyonuna uğramış biçime dönüşmektedir. Bazı anlarda işaretin genliği ortalama genlik değerinin altına düşmektedir. $S_r(t)$ nin zarfı tüm bayılma değişimlerini içerir [86]. Eğer alınan işaret $S_r(t)$ bir tepe dedektöründen geçirilirse işaretin genlik değişimleri elde edilir.



Şekil 47. Alınan işaretin zamana göre değişimi

Tepe dedektörü çıkışında $S_r(t)$ ye bağılı olarak bir işaret alınır. Bildiri taşıyıcı üzerinden gönderiliyorsa, genliğin ve fazın değişimleri bildiri işaretinde girişim sonucu bozulma yaratır. Bu durum tüm sayısal veya analog modülasyonlar için geçerlidir. Rastlantılı değişen alınan işaretin zarfı üzerinde incelemeler sonucunda işaretin dedeksiyonunda yani bildirinin alıcı tarafta tekrar elde edilmesinde bayılma etkileri belirlenebilir [86].

Gezgin birim, saçıcıların (ağaç, bina, dağ, tepe, diğer otomobiller vb) bulunduğu ortamda hareket ettiği için alınan işaret çok yönlü yayılımdan ötürü kısa süreli (hızlı) bayılma ve, ağaç gölgelemesinden ötürü uzun süreli (yavaş) bayılma içerir.

Tasarımcılar için alınan işaret karakteristiklerinin herbiri ayrı bir önem taşır. Genlik değişim hızı; sistem güvenilirliği ve bayılma sınırının belirlenmesinde, bayılma hızı ve doppler tayfı; uygun modülasyon ve kodlama seçiminde, açısal spektrum; anten tasarımı için gereklidir [90].

U-GIS işaret karakteristiklerinin herbiri alınan işaretin karmaşık zarf değişimlerinden elde edilebilir. Zarf değişimleri zamanın işlevi olarak gezgin birim hareket ederken kayıt edilir. Tüm işaret karakteristikleri birbiriyle ilişkili olduğundan, herbir karakteristik aynı kayıttan elde edilir. Eğer alıcının herhangi bir karakteristiği değişirse, bu değişiklik tüm işaret karakteristiklerini değiştirir. Örneğin alıcıda yönsüz anten ya da yönlü ve kazançlı bir antenin kullanımı işaretin geliş açısının dağılımını değiştirir. Bu durum alınan işaretin zarfının Fourier dönüşümü olan doppler tayfını değiştirir. Sistemde kazanca sahip bir anten kullanmakla işaret düzeyi artmakla birlikte, bayılma istatistiği ve doppler ayrılmasının değiştiği görülebilir [90].

Yayılm ölçümlerinde ölçüm yapılacak bölge üzerinde uygun L-band uydu yayını yoksa, uyduyu benzetim için birçok alternatif platformlar kullanılır. Bunlar, tepeler, yüksek binalar, helikopterler, balonlar ve uçaklardır [8, 9, 35]. L bandda çalışan verici uygun yükselme açısı

sağlayacak şekilde bu platformların birine yerleştirilir. Helikopterler ve uzaktan pilot kumandalı uçaklar uydu yükselme açısının kontrolü için çok uygundur. Bunlar geniş bölge içerisinde yayılım ölçümleri gerçekleştirilme olanağı sağlarlar. Balonların kumandası ve kontrol donanımı karmaşıktır. Tepeler ve yüksek binalar özellikle ağaç gölgelemesi ve küçük ölçekli dar bölge ölçümleri için elverişlidir ve ekonomiktir. Fakat uygun yükselme açısını tutturmak bazan zor olmaktadır.

L-band yayılım ölçümlerinde yüksek binalar tercih edilmiştir. Verici binanın içine yerleştirilmiş verici anteni ise ölçme yapılacak alanı görecektir şekilde uygun bir yere yerleştirilmiştir. Ölçme alanı için uydu yükselme açısı açı ölçer veya geometrik olarak hesapla belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen L-band yayılım ölçümlerini iki ayrı sınıfa toplamak mümkündür.

1. Ağaç zayıflatmasının ölçülmesi
2. Yayılım faktörlerinin belirlenmesi için yapılan ölçümler

5.4. AĞAÇ ZAYIFLATMASININ ÖLÇÜLMESİ

Yayılım yolu üzerinde ağaç ya da bitki örtüleri homojen olmayan fiziksel yapıları ve dielektrik sabitleri rastlantısal değişiklik gösteren ortamlardır. U-GIS yayılım karakteristiğinde doğrudan dalganın ağaçlar tarafından gölgelenmesi nedeniyle oluşan ağaç zayıflatması önemli yer tutar. Bu nedenle sistem modeli ve tasarımına doğru yaklaşım için ağaç zayıflatmasının özellikle U-GIS nin uygulanacağı bölge içerisindeki ağaçlar için belirlenmesi gerekir.

Bitki örtüsü ya da ağaç gibi homojen olmayan rastlantısal ortamların zayıflatma katsayılarının ölçülmesi için bilinen iki yöntem vardır [83, 90]. Birinci yöntemde, yayılım özellikleri belirlenecek ağaç ya da bitki örtüsünün bir yanına verici diğer yanına alıcı yerleştirilir. Verici ve alıcının çalışma frekansı, ağacın veya bitki örtüsünün hangi frekans için zayıflama değeri ölçülmek isteniyorsa o frekans

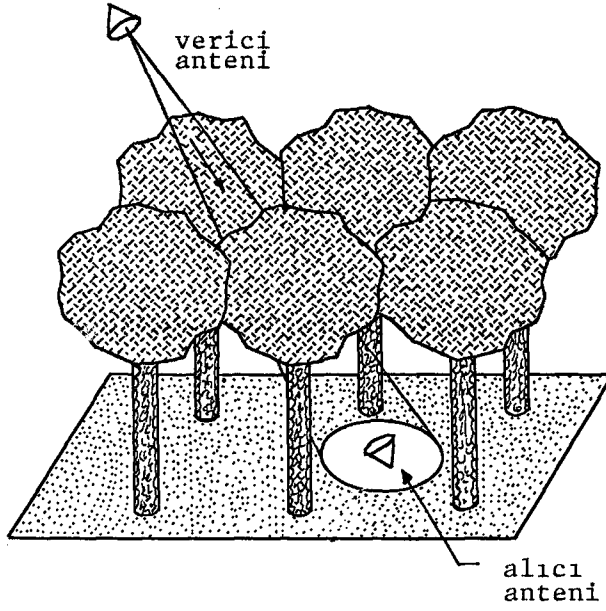
olmalıdır. Ölçülecek ağaç iletişim sisteminin yayılım yolu üzerindedir. Bu durumda vericiden gönderilen işaret ağaç gölgelemesi altında alıcı tarafından alınır ve alınan güç ölçülür. Bu değer, verici-alıcı arasındaki uzaklık ve vericiden gönderilen güç sabit kalmak koşulu ile yayılım yolu üzerinde ağaç olmadığı durumda ölçülen değer ile karşılaştırılır. Bu iki değer arasındaki fark ölçülen ağacın ölçülen frekanstaki tek yöllü zayıflatma değerini verir. Şekil 48 de bu yöntem gösterilmiştir. Ağaç varken ölçülen güce $P_{g.li}$ (dB), ağaç yokken ölçülen güce $P_{g.siz}$ (dB) denirse ağaç zayıflatması eşitlik (138) ile hesaplanır.

$$A \text{ (dB)} = P_{g.siz} - P_{g.li} \quad (138)$$

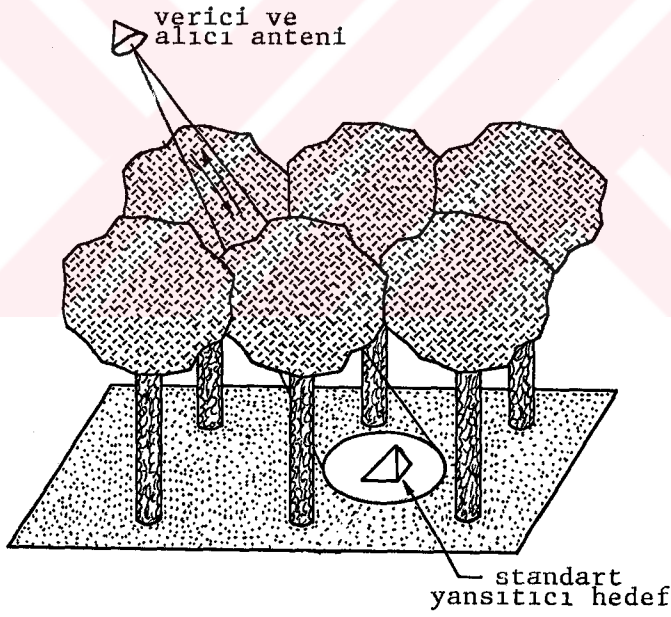
Diğer yöntem, verici ve alıcı ölçülmek istenen ağacın aynı yanına yerleştirilir. Diğer tarafa standart yansıtıcı hedef yerleştirilir. Vericiden gönderilen işaret hedeften geri yansır ve alıcı tarafından tekrar alınır. Bu yöntem radar modu adı verilir. Bu yöntemle ağacın çift yöllü zayıflatması ölçülmüş olur. Bu yöntemde de ağaç gölgelemesi altında ölçülen güç $P_{g.li}$, ağaç gölgelemesi yokken aynı koşullarda ölçülen güç $P_{g.siz}$ ile karşılaştırılarak bulunur. Tek yöllü ağaç zayıflatması ölçüm yöntemi Şekil 49 da verilmiş olup zayıflatma değeri eşitlik (139) ile hesaplanır.

$$A \text{ (dB)} = (P_{g.siz} - P_{g.li})/2 \quad (139)$$

Ağaç zayıflatmasının ölçümünde en önemli sorun, bitki örtüsü ya da ağacın homojen olmaması nedeniyle, ağaç boyunca alınan işaretle büyük değişimler olmasıdır. Yani ağacın farklı noktalarında ölçülen zayıflatma değerleri farklıdır. Bu nedenle herhangi bir ağaç için zayıflatma değerini ölçmek için ağaç boyunca birçok noktada alınan güç ölçülür. Ölçülen güçlerin ortalaması alınarak ortalama zayıflatma değeri belirlenir. Ağaç boyunca alınan ölçme sayısı artırılırsa ölçmenin doğruluk derecesi artar. Ayrıca ölçmeler aynı tür ağaçlar için yinelenerek daha gerçekçi bir sonuç elde edilir.



Şekil 48. Ağaç zayıflatması ölçümü için birinci yöntem



Şekil 49. Ağaç zayıflatması ölçümü için ikinci yöntem

Ağaç zayıflatma değeri, ağacın fiziksel biçimine ve biyolojik yapısına bağlı olarak değişir. Bu nedenle ağaç türleri arasında zayıflatma değerleri farklıdır [83, 91]. Ayrıca her bir ağacın zayıflatma değeri, aynı ağacın yaprak ve nem miktarına göre farklılık gösterir. Yani aynı ağaçtaki yaprak ve nem miktarı değişince zayıflatma değişmektedir.

Bu nedenle ölçmeler farklı ağaç türleri üzerinde ayrı ayrı yapılmalıdır. Bir ağaç türü üzerinde ölçümler, yaprakların açmaya başladığı mevsimden yaprakların dökülmeye başladığı mevsime kadar yinelenmelidir. Bu süre içerisinde ağaçlardaki yaprak yoğunluğu değiştiği gibi nem miktarıda değişmektedir.

Ağaç zayıflatmasının ölçülmesi Doğu Karadeniz Bölgesinde belirlenen 14 değişik ağaç türü üzerinde, nisan 1993 ile eylül 1993 tarihleri arasında yapılması kararlaştırılmıştır. Bu 14 değişik ağaç türleri, çoğunluğu Üniversite kampüsü içerisinde bulunan söğüt, çam, ihlamur, kızilağaç, akasya, kavak, karaağaç, fındık, akçaağaç, ladin, karayemiş, çınar, göknar ve meyva olarak belirlenmiştir. Ölçmelerin bu tür ağaçlar üzerinde ayda en az bir kez yapılması planlanmıştır. Herbir ağacın zayıflatmasını daha doğru belirlemek için mümkün olduğu kadar aynı türden fakat başka yerlerdeki ağaçların ölçülerek ortalamaya katılmasını gerektiği düşünülmüştür. Dolayısıyla aynı ağaç türleri arasındaki fiziksel farklılıktan ötürü dağılabilecek ölçüm sonuçları en aza indirilmiştir. Ölçümler mümkün olduğu kadar gerçek U-GİS yayılım koşullarına uygun olarak yapılması amacı ile L-band (1.6 GHz) da gerçekleştirilmesi tasarlanmıştır.

Bu ölçmeler sonucunda elde edilmesi amaçlanan bilgiler şu şekilde sayılabilir.

1. Değişik ağaçlar hakkında L band (1.6 GHz) zayıflatma değerleri ve zayıflatma katsayılarının elde edilmesi,
2. Ağaçların aylara göre zayıflatmalarının belirlenmesi,
3. Yükselme açısı ile ağaç zayıflatma ilişkisinin belirlenmesi,
4. U-GİS modeli ve tasarımı için ortalama ağaç zayıflatma ve standart sapmasının elde edilmesi.

Ağaç zayıflatması ölçümlerine nisan 1993 tarihinde kararlaştırılan ağaçlar için başlanmıştır. Ölçümlerde yukarıda açıklanan yöntemlerden birincisi kullanılmıştır. Yani verici ağacın bir yanına alıcı ise diğer yanına yerleştirilmiştir. Şekil 48 de ağaç zayıflatması ölçüm yöntemi verilmiştir. 1.6 GHz de çalışan verici bir binanın üzerine ölçülecek ağaç için yeterli yükselme açısı sağlayacak şekilde

yerleştirilmiştir. 1.6 GHz de çalışan alıcı ve diğer ölçme birimlerini içeren gezgin laboratuvar araç boyunca hareket ederek alınan işaret zarfı teybe kaydedilmiştir.

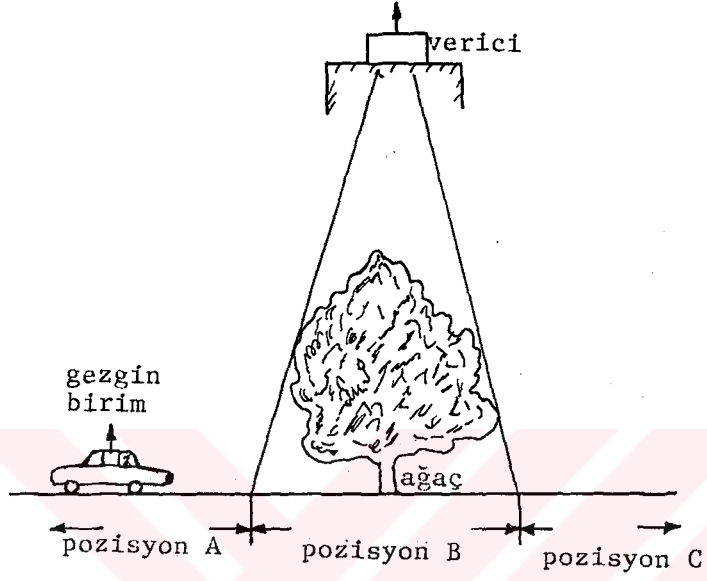
Kayıt işlemi Şekil 50 de görüldüğü gibi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Önce gölgelemesiz durumda (pozisyon A) alınan işaret kayıt edilmiş, sonra gölgelemeli ortamda (pozisyon B) kayıta devam edilmiş ve son olarak yine gölgelemesiz durumda (pozisyon C) kayıt alınmıştır. Ağaç zayıflatması gölgelemesiz işaret düzeyi referans alınarak belirlenmiştir. Gölgelemesiz işaret düzeyi,

$$P_{g.siz}(dB) = (P_{g.siz A} + P_{g.siz C})/2 \quad (140)$$

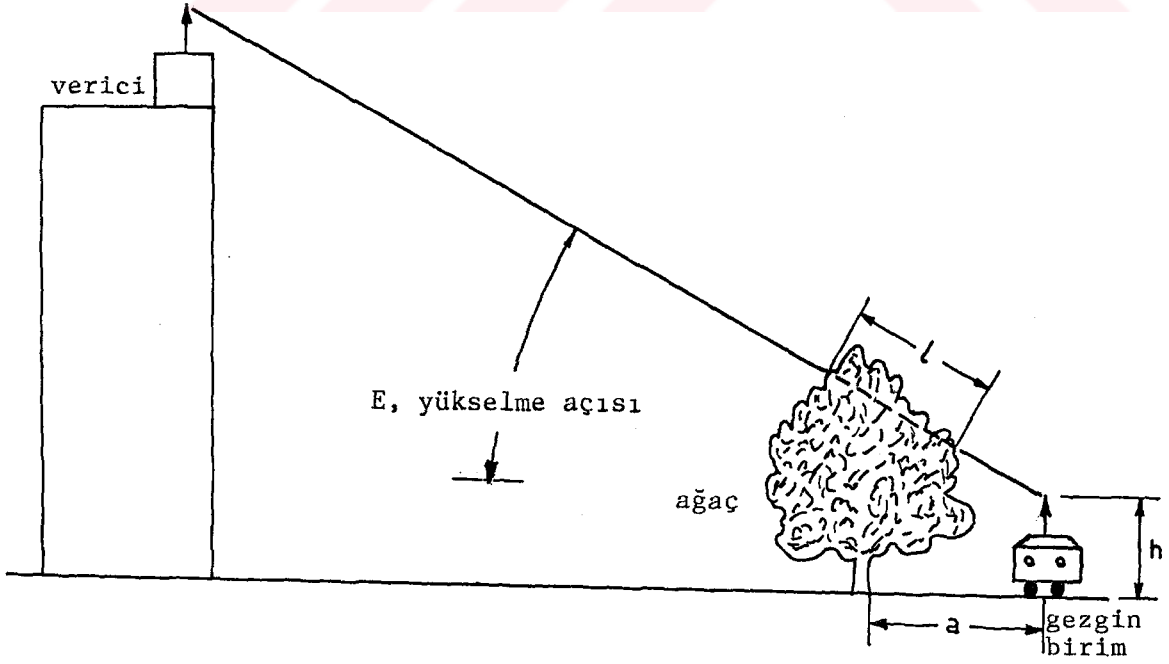
olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0 dB olarak alınmış, dolayısıyla gölgelemeli durumda yani pozisyon B boyunca hareket ederken alınan işaretin ortalama değeri referans işarete göre negatif ağaç zayıflatmasının ortalama değeri olarak belirlenmiştir. Bu değer o ağacın ölçülen aydaki ortalama zayıflatma değeri olarak kaydedilmiştir.

Zayıflatma katsayısı K_a ise o ağacın ölçülen ortalama zayıflatma değerinin toplam gölgeli yol uzunluğu (l) 'na bölünerek (dB/m) olarak hesaplanmıştır. Tablo 6 da ağaç türlerinin değişik aylardaki belirlenen ağaç zayıflatma katsayıları görülmektedir.

Tablo 6 incelendiğinde çam ve ladin gibi iğne yapraklı ağaçlar ile karayemiş gibi yaprak yoğunluğu fazla olan ağaçların zayıflatma katsayıları daha büyük olmaktadır. Kavak, akasya ve akçaağaç gibi yaprak yoğunluğu az olan ağaçların zayıflatma katsayıları daha düşük olmaktadır.



Şekil 50. Ağaç zayıflatması ölçümü



Şekil 51. Ağaç zayıflatması ölçüm geometrisi

Tablo 6. Ağaçların değişik aylarda ölçülen zayıflatma katsayıları ($f=1.6$ GHz, $E=30^\circ$)

ağaç türü	aylar					
	nisan 1993	mayıs 1993	haziran 1993	temmuz 1993	ağustos 1993	eylül 1993
söğüt	1.0	1.5	1.4	1.1	0.9	0.7
çam	1.8	2.5	2.3	1.7	1.5	1.0
ıhlamur	1.7	1.9	1.7	1.3	1.0	0.7
kızılağaç	0.9	1.2	1.3	1.1	0.8	0.7
akasya	0.8	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6
kavak	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
karaağaç	1.3	1.7	1.0	1.0	0.9	1.2
fındık	1.0	1.2	1.3	1.2	1.2	0.7
akçaağaç	0.8	1.4	1.8	1.3	1.2	1.0
ladin	1.5	2.0	2.5	1.8	1.3	1.4
karayemiş	2.3	2.4	2.3	1.7	1.7	1.7
çınar	1.5	1.9	1.6	1.3	1.0	0.8
gök nar	1.4	2.0	1.6	1.3	1.3	1.4
meyva	1.4	1.7	1.6	1.3	1.3	1.0

Tablo 7 de ağaç türlerinin belirlenen ortalama zayıflatma değerleri verilmiştir. Ortalama zayıflatma değeri μ , ortalama gölgeli yol uzunluğu l ve zayıflatma katsayısı K_a 'nın çarpımı olarak hesaplanmıştır. Tablo 7 de verilen ağaçların gölgeli yol uzunlukları, uydu yükselme açısı (E) 30° , gezgin birim alıcı antenin yerden yüksekliği (h) 2.5 metre, ağacın gezgin birime olan uzaklığı (a) 10 metre koşulu altında belirlenmiştir. Bu belirlemede belirtilen ağaçların bilinen fiziksel biçim ve boyutlarından yararlanılmıştır [92]. Şekil 51 de ölçüm ortamında E , h ve a büyüklükleri gösterilmiştir.

K_a ve l değeri büyük olan am, akçaağaç, ladin, karayemiş, ınar ve gök nar diğerlerine göre daha büyük zayıflatma değerine sahiptirler.

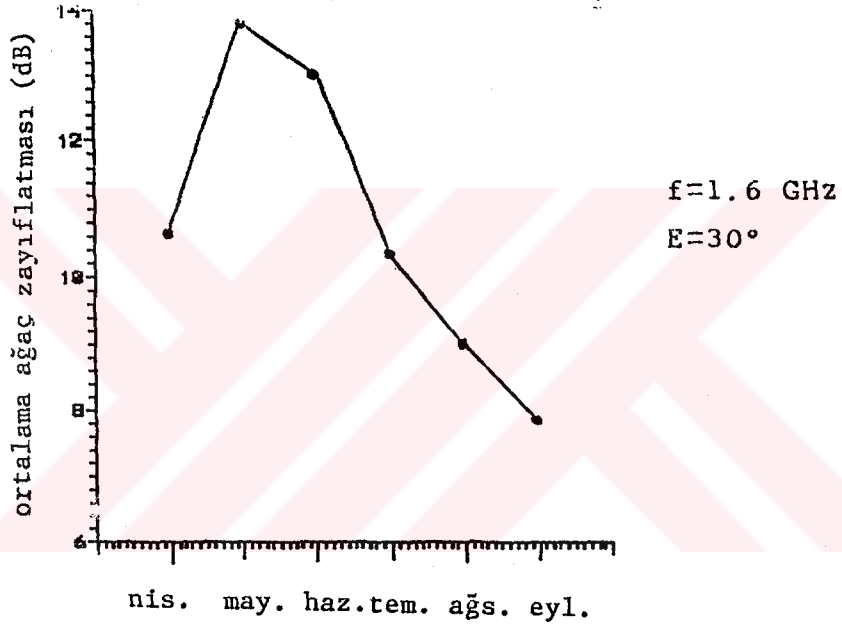
Tablo 7. Ağaç türlerinin ortalama zayıflatma değerleri ve zayıflatma katsayıları ($f=1.6$ GHz, $E=30^\circ$) [93]

ağaç türü	gölgeli yol uzunluğu (m) l	ort. zayıflatma katsayısı (dB/m) K_a	ortalama zayıflatma (dB) $\mu = l K_a$
sögüt	9.50	1.10	10.45
am	10.00	1.80	18.00
ihlamur	6.50	1.40	9.10
kızılağaç	7.00	1.00	7.00
akasya	7.50	0.90	6.75
kavak	5.00	0.70	3.50
karaağaç	7.50	1.20	9.00
fındık	2.50	1.10	2.75
akçaağaç	13.00	1.25	16.25
ladin	11.50	1.75	20.12
karayemiş	6.00	2.00	12.00
ınar	12.50	1.35	16.87
gök nar	8.50	1.50	12.75
meyva	8.00	1.20	9.60
ortalama	8.21	1.30	11.00

Tablo 8. Aylara göre ağaç zayıflatma katsayısı ve ağaç zayıflatma ortalama değerleri ($f=1.6$ GHz, $E=30^\circ$)

aylar (1993 yılı)	ort. zayıflatma katsayısı (dB/m)	ortalama zayıflatma (dB)
nisan	1.30	10.67
mayıs	1.68	13.80
haziran	1.59	13.05
temmuz	1.26	10.34
ağustos	1.10	9.03
eylül	0.96	7.88

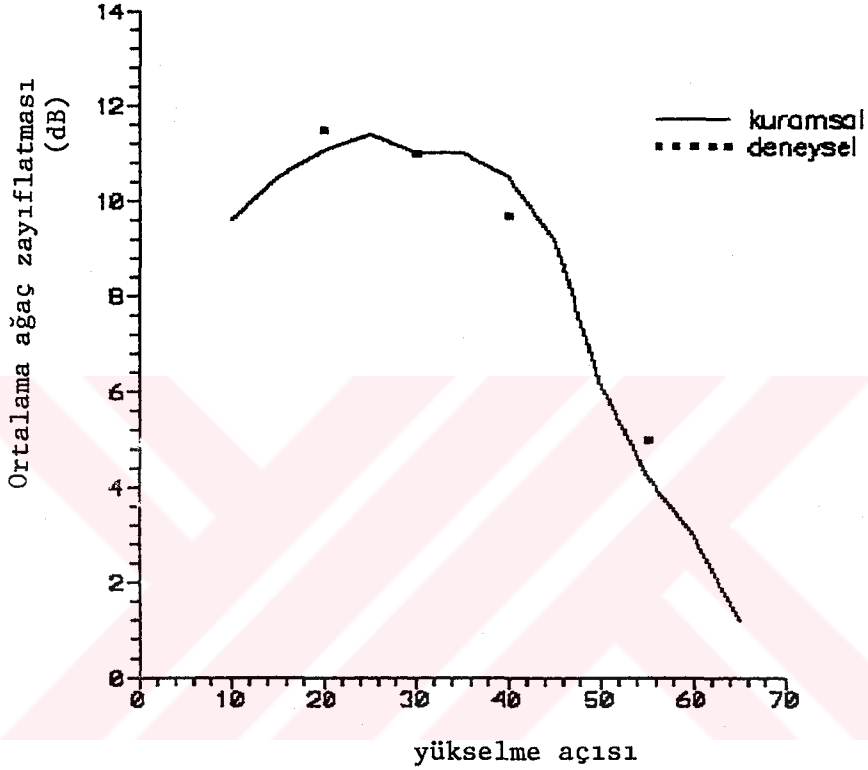
Tablo 8 de değişik aylardaki ağaç zayıflatma katsayıları ve ortalama zayıflatma değerleri gösterilmiştir. Ağaçların zayıflatma değerleri mayıs ve haziran ayında en büyük değere ulaşmaktadır. Bunun nedeni bu aylarda ağaçlardaki yapraklanam yüzdesi en büyüktür. Ayrıca bu aylarda ağaçlardaki nem yüzdesi fazladır. Ağustos ve eylül ayında ortalamanın altında bir zayıflatma belirlenmiştir. Bu aylarda yaprakların dökülmeye başlaması ve nem yüzdelerinin azalması elektromanyetik enerjideki saçılım ve soğurma etkilerini azaltmaktadır.



Şekil 52. Ağaç zayıflatmasının aylara göre değişimi [93]

Ağaç zayıflatması yükselme açısı ile ilişkisini belirlemek için hem kuramsal hem de deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Önce kuramsal olarak Şekil 51 deki iletişim ortamında değişik yükselme açıları için ağaç türlerinin gölgeli yol uzunlukları belirlenmiştir. Bu belirlemede yine ağaçların bilinen ortalama fiziksel boyutlarından yararlanılmıştır [92]. Değişik yükselme açılarında belirlenen gölgeli yol uzunlukları ve ölçülen ortalama zayıflatma katsayılarının çarpımı ile yükselme açısına göre zayıflatma değeri kuramsal olarak bulunmuştur. Sonuç Şekil 53 de sürekli çizgi ile belirtilmiştir.

Yükselme açısı zayıflatma değeri ilişkisi ayrıca deneysel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Verici ile alıcı ölçüm yapılmak istenen açıyı sağlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu işlem değişik yükselme açıları için yinelenmiştir. Sonuçlar Şekil 53 de noktasal olarak gösterilmiştir.



Şekil 53. Ağaç zayıflatmasının 1.6 GHz de yükselme açısıyla değişimi [93]

Şekil 53 incelendiğinde 10°- 40°'lik yükselme açıları arasında ağaç zayıflatmasının büyük, 50° yükselme açısından sonra ağaç zayıflatması oldukça azalmaktadır. Bunun nedeni büyük yükselme açıları arasında elektromanyetik işareti gölgeleyen ağaçta gölgeli yol uzunluğu azalmaktadır.

Şekil 53 de sürekli çizgilerle gösterilen kuramsal sonuçlarla noktasal olarak gösterilen deneysel sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Bu sonuçlar ışığında en uygun yükselme açısı (E) ortalama ağaç zayıflatma değeri (μ) eşitlik (141) daki gibi belirlenmiştir.

$$\mu = 7.062 + 0.337 E - 0.0067 E^2 \quad (141)$$

5.5. YAYILIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Bölüm 4.6. da elde edilen bölgesel yayılım modelinin uygulanabilmesi için K rician yayılım parametresi ve K rayleigh yayılım parametresinin bilinmesi gereklidir.

5.5.1. K RİCIAN YAYILIM PARAMETRESİNİN ÖLÇÜLMESİ

K yayılım parametresi, doğrudan bileşen gücünün çok yollu bileşen gücüne oranıdır. K 'yı belirleyebilmek için herhangi bir yayılım ortamında doğrudan bileşen ve çok yollu bileşen güçlerini doğrudan ölçmek olanaksızdır. Bu yayılım parametresini belirleyebilmek için değişik bir yöntem uygulanmıştır. Ağaç gölgelemesi olmayan açık ortamlarda yayılım ölçümleri yapılarak, K rician yayılım parametresinin kestirilmesi amaçlanmıştır. Çünkü açık ortamlar daha önce belirtildiği gibi rician dağılım karakteristiğine sahiptir. Dağılımın parametresi ise K dir. Farklı açık ortamlar için alınan ölçümlerin sonuçları değerlendirildiğinde ortalama K değeri 15 dB olarak belirlenmiştir.

5.5.2. \bar{K} RAYLEIGH YAYILIM PARAMETRESİNİN ÖLÇÜLMESİ

\bar{K} rayleigh parametresi ($1/P_{\text{çyb}}$) olarak tanımlanır. \bar{K} parametresini doğrudan ölçme olanağı yoktur.

\bar{K} parametresini ölçmek için de yukarıdakina benzer bir yöntem uygulanmıştır. Değişik yol kenarı ağaçlıklı ortamlarda yayılım ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yol kenarı ağaçlıklı ortamlar için bilinen gölgelenmiş rician (Loo modeli) kullanılarak \bar{K} parametresi belirlenmiştir. Gölgelenmiş rician modelinin parametreleri ortalama ağaç zayıflatması (μ), standart sapma (σ) ve \bar{K} dir. Ölçüm yapılan ortamdaki ağacın ortalama zayıflatma değeri ve standart sapması bilindiğine göre \bar{K} faktörünün değişim aralığı belirlenebilir. Ortalama \bar{K} değeri 15 dB olarak belirlenmiştir.

Şekil 54 de yayılım ölçümlerinde kullanılan gezgin birim alıcı anteni bükülmüş dipolün, Şekil 55 de gezgin birim ölçme alıcısının fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 54. Bükülmüş dipol anten

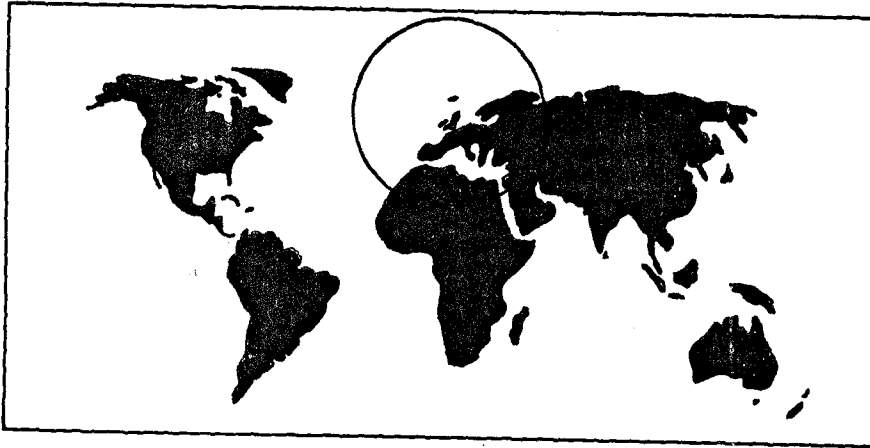


Şekil 55. Ölçme alıcısı

6. U-GİS 'NİN DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNE UYGULANMASI

6.1. GİRİŞ

U-GİS 'nin uygulanacağı bölgenin modellenmesi için coğrafik koşullarının iyi incelenmesi gerekir. Yayılım modelini bölgeye uygulayabilmek için bölgenin fiziksel parametrelerinin belirlenmelidir. Bu parametreler uydunun yerleştirildiği uydu boylamı, yer istasyonu enlemi ve boylamı ile ilişkilidir. Fiziksel parametreleri belirleyebilmek için bölge için uydu yükselme açısı, azimuth ve yol kaybının değişim aralığı saptanmalıdır. Ülkemize servis amacı ile bir U-GİS uydusu şu anda mevcut değildir. Ancak Avrupa 'nın ilk gezgin servis amaçlı uydusu Euteltracs Ocak 1991 'den beri ticari çalışmalarına devam etmektedir [94]. Çalışma alanları özellikle Avrupa taşımacılık endüstrisidir. Bu servis, taşıt filoları ile kendi yöneticileri arasında çift yönlü iletişim olanağı sağlamayı amaçlamaktadır.



Şekil 56. Euteltracs uydusu servis kaplama alanı [94]

Euteltracs uydusu tüm Avrupa, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'nın önemli bir bölümüne servis olanağı sunmaktadır. Bu uydunun servis kaplama alanı Şekil 56 da görülmektedir.

6.2. BÖLGENİN FİZİKSEL PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ

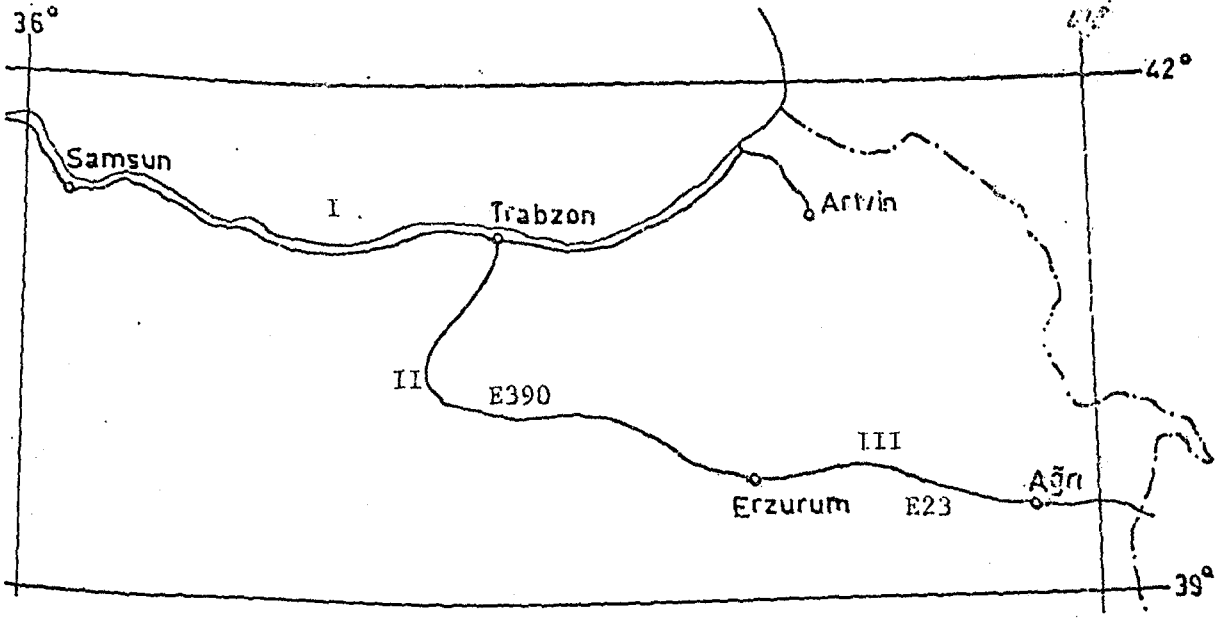
Bölgede, I. Samsun - Trabzon - Artvin devlet sahil karayolu, II. Trabzon - Erzurum (E390) ve III. Erzurum - Ağrı - Gürbulak (E23) karayolları üzerinde bir uygulama yapılması kararlaştırılmıştır.

Bu karayolları üzerinde bulunan illerin enlem ve boylamları Tablo 9 da verilmiştir.

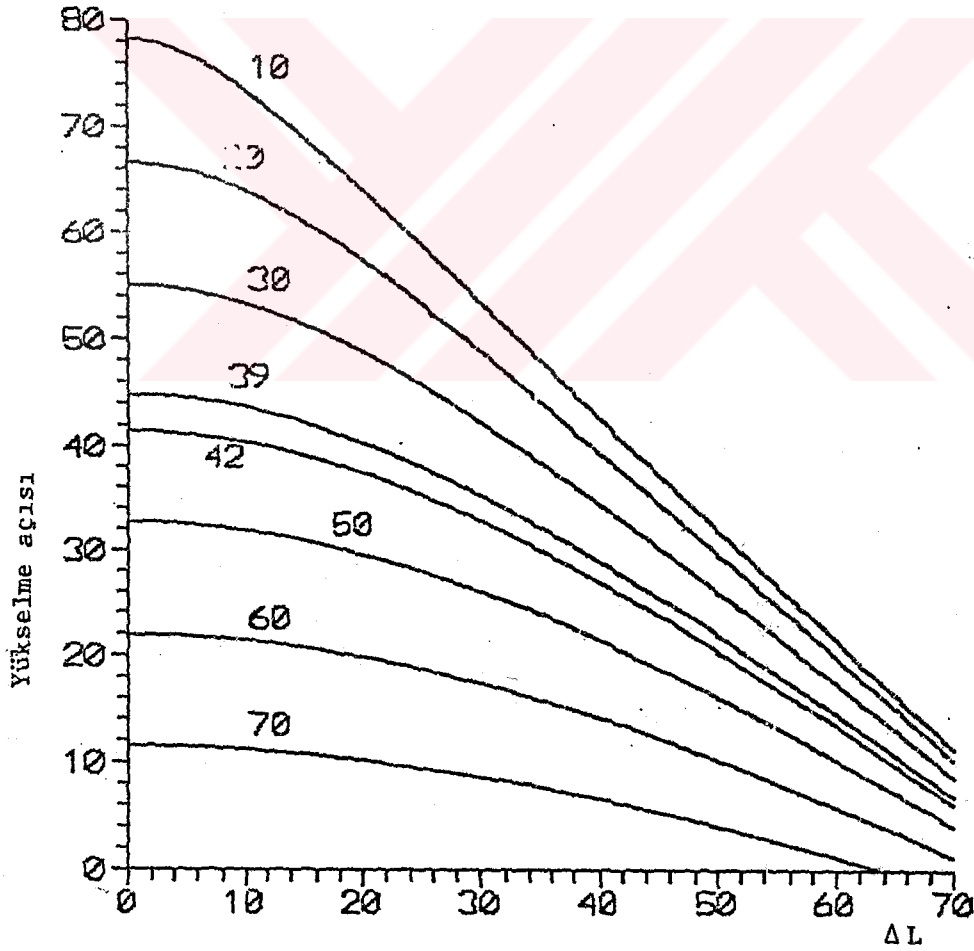
Tablo 9. Bölgedeki illerin enlem ve boylamları

İl	Enlem (°)	Boylam (°)
Ağrı	40.00	43.00
Artvin	41.20	42.00
Bayburt	40.25	40.30
Erzurum	40.00	41.30
Giresun	41.00	38.50
Gümüşhane	40.50	39.50
Kars	40.50	43.00
Ordu	41.00	38.00
Rize	41.00	40.50
Samsun	41.30	36.30
Trabzon	41.00	39.70

Bölgenin karayolu haritası Şekil 57 de verilmiştir. Bölge yaklaşık olarak 39° - 42° kuzey enlemleri ile 36° - 44° doğu boylamları arasında alınabilir. Bölgeye ilişkin yükselme ve azimuth açılarının değişim aralığını belirlemek için Şekil 58 ve Şekil 59 dan yararlanılabilir. Şekil 58 enlem parametre alınarak ΔL ye göre yükselme açısının değişimini, Şekil 59 ise enlem parametre alınarak ΔL ye göre azimuth açısının değişimini göstermektedir. Burada ΔL uydu boylamı ile yer istasyonu boylamı arasındaki farktır.

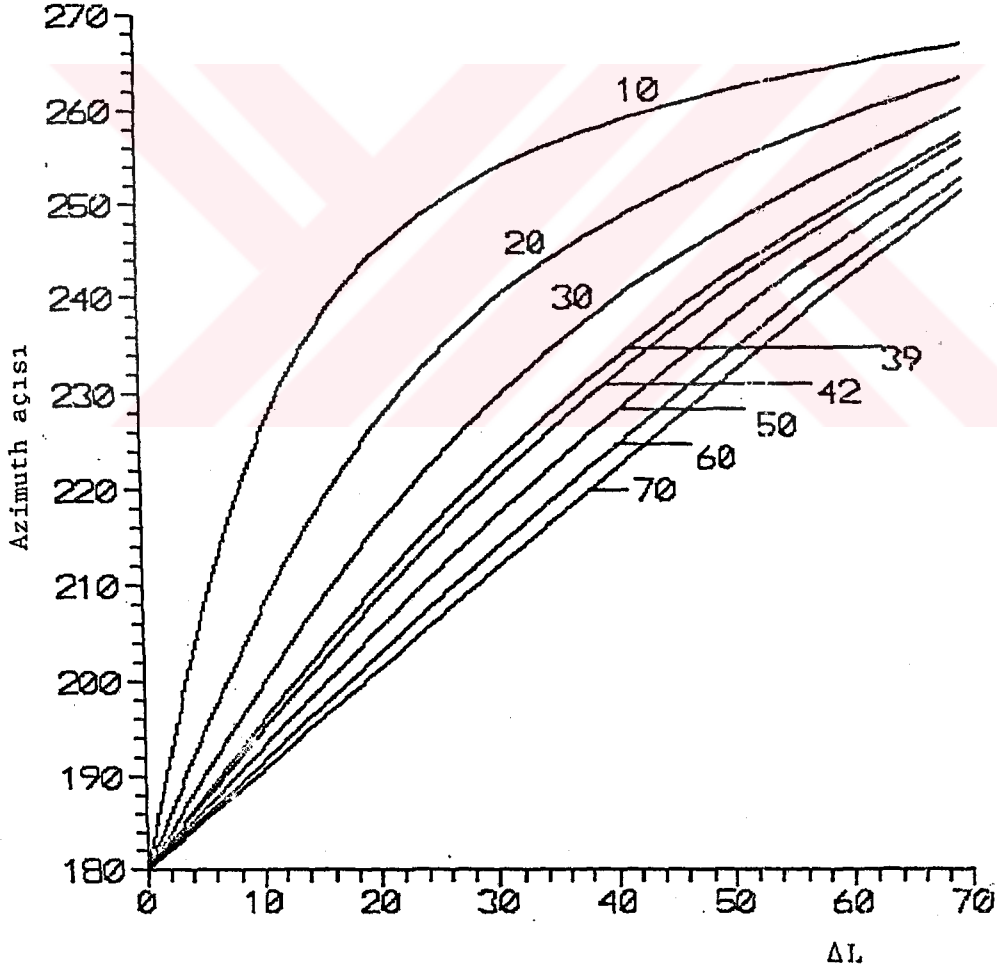


Şekil 57. Bölgenin karayolları haritası



Şekil 58. Enlem parametre alınarak yükselme açısının ΔL ye göre değişimi

Eğer uydu boylamı 10° olarak alınır, bölge için en küçük $\Delta L=36-10=26^\circ$, en büyük $\Delta L=44-10=34^\circ$ olur. Bu ΔL değerleri ile Şekil 58 ve Şekil 59 daki 39° ve 42° enlem eğrileri kullanılarak yükselme ve azimuth açıları değişim aralığı bulunur. Şekil 58 de, 39° enleminde yükselme açısı değişim aralığı $E=32.8^\circ-37.4^\circ$, 42° enlemi için ise $E=30.6^\circ-34.8^\circ$ olarak belirlenir. Azimuth açısı da benzer yöntemle aynı ΔL ve enlemler için Şekil 59 dan, 39° enlemi için $Az=217.8^\circ-227^\circ$, 42° enlemi için $Az=216.1^\circ-225.2^\circ$ olarak belirlenir. Bu durumda bölge için yükselme açısı $E=30^\circ-37^\circ$ arasında, azimuth açısı $Az=216^\circ-227^\circ$ arasında alınabilir.



Şekil 59. Enlem parametresi alınarak azimuth açısının ΔL ye göre değişimi

Bu yükselme açısı ve azimuth açısı uydunun yerleştirildiği boylam 10° için belirlenmiştir. Eğer uydu boylamı değişirse bölge için yükselme ve azimuth açısı değişir. Ancak Şekil 58 incelenirse, en büyük yükselme açılarının değişim aralığı 41.5° - 44.8° dir. Ülkemizin Avrupa ile birlikte bir U-GIS 'ne katılacağı düşünülürse uydu boylamı, uydunun tüm Avrupayı kapsayacak şekilde yerleştirilmesini gerektirir. Bu nedenle Türkiye 'nin 30° dolayında bir yükselme açısına sahip olacağı söylenebilir.

6.3. BÖLGENİN BAYILMA DERİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

İlgilenilen karayollarının toplam uzunluğu 1220 km dir. Bununun 760 km si gölgelemesiz açık bölge, 170 km si kentsel bölge ve 220 km si yol kenarı ağaçlıklı bölgedir. Diğer 70 km ise orman içi bölge olarak alınabilir. Bu belirlemelerde Karayolları bölge haritaları ve bölgenin orman haritasından yararlanılmıştır. Bölgenin orman haritasına göre, Samsun - Trabzon - Artvin sahil devlet karayolu 'nun büyük bir bölümü ağaçlıklıdır. Ancak orman içi bölge değildir, çünkü karayolu hemen hemen sahilden geçmektedir. Halbuki Karadeniz Bölgesinde ormanlar ortalama 500 m yükseklikten başlamaktadır [95].

Buna göre,

Açık bölge katsayısı, $B_1=0.63$

Yol kenarı ağaçlıklı bölge katsayısı, $B_2=0.18$

Uduyu göremeyen bölge katsayısı, $B_3=0.14$

olarak belirlenir.

Bölgenin 1.6 GHz için ölçülen yayılım parametreleri,

Rician yayılım parametresi, $K = 15$ dB

Rayleigh yayılım parametresi, $\bar{K} = 15$ dB

Ortalama ağaç zayıflatması, $\mu_1 = -11$ dB

Orman zayıflatması, $\mu_2 = -17$ dB

Ağaç zayıflatma standart sapması, $\sigma = 3$ dB

olarak verilebilir. Burada orman zayıflatması, orman içi bir yolda doğrudan bileşen genelde bir ya da iki ağaç tarafından engellenmesi esasına dayanılarak belirlenmektedir [8]. Bir

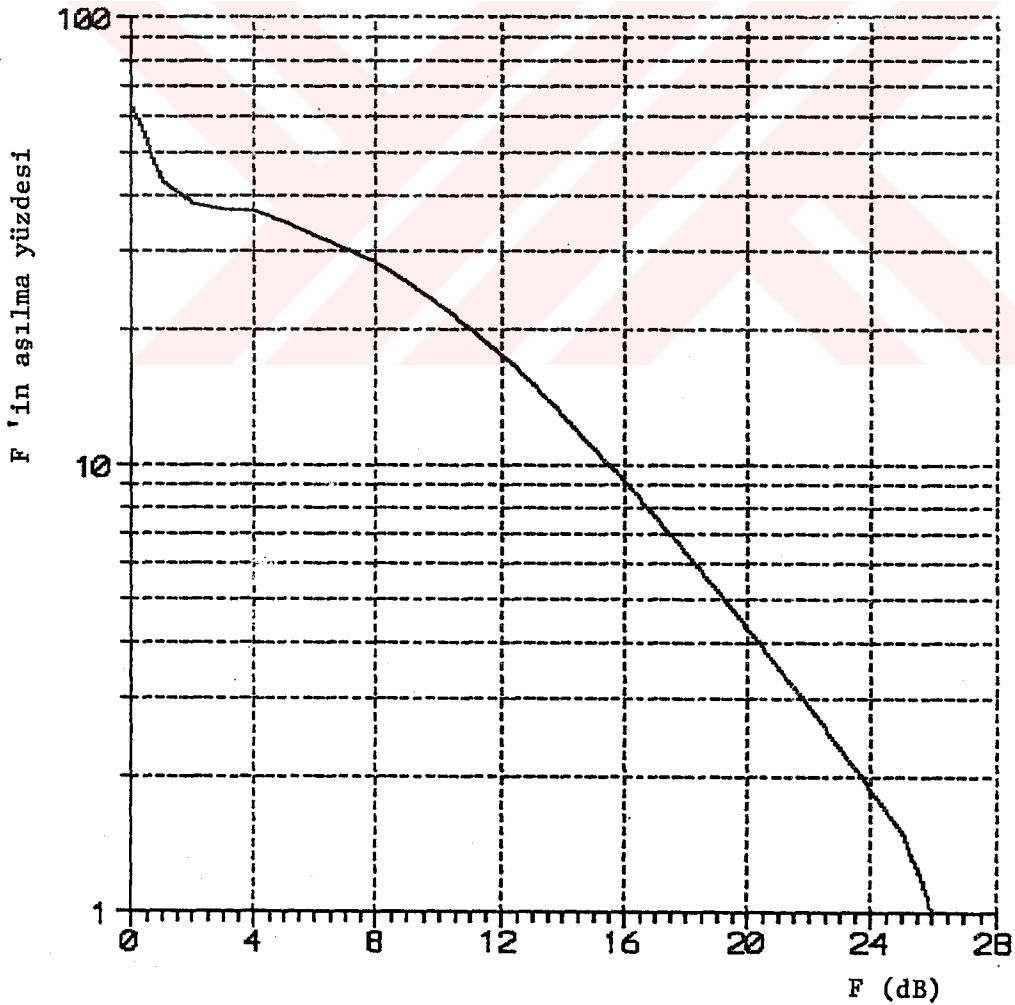
ağacın ortalama zayıflatma değeri $\mu = -11$ dB olarak bulunmuştur. İki ağaç olması durumunda ortalama zayıflatma -22 dB olur. Bu nedenle ortalama olarak $\mu_2 = -17$ dB alınmıştır.

Belirlenen model parametreleri kullanılarak geliştirilen U-GIS yayılım modeli bölgeye uygulanırsa Şekil 60 daki bayılma derinliği değişimi elde edilir. Bölge için en büyük bayılma sınırı $F = 26$ dB alınabilir, alınan işaretle bayılma derinliğinin 26 dB 'i aşma olasılığı $\% 1$ dir.

Şekil 60 da Doğu Karadeniz Bölgesi için bayılma derinliği F ve aşılma yüzdesi $P(\%)$ arasındaki en iyi yaklaşım,

$$P(\%) = 52.35 - 3.8 F + 0.07 F^2 \quad (142)$$

olarak belirlenmiştir.



Şekil 60. Doğu Karadeniz Bölgesi için bayılma derinliği

6.4. BÖLGE SİSTEM BAŞARIMININ BELİRLENMESİ

Elde edilen bu parametrelere göre Doğu Karadeniz Bölgesi için U-GİS link tasarımı yapılabilir. Eşitlik (26) ile sistem C/No değeri belirlenebilir.

$$(C/No)_t = (C/No)_a = (EIRP/kanal)_u - L_a - F + (G/T)_{y1} - k \quad (26)$$

U-GİS için düşünülen uydu verici gücü 3000 W ve anten çapı 5 m dir [4]. Eşitlik (14) ile % 55 verime sahip 5 m çapında bir parabol antenin kazancı $G_t = 35.3$ dB olarak bulunur. Ancak uydu kaplama alanının köşelerinde bu kazanç 29 dB civarındadır [6]. Bu nedenle ortalama kazanç 32 dB olarak alınabilir. Uydu verici gücü $P_t = 3000$ W, besleme kaybı $L_f = 1$ dB, anten kazancı $G_t = 32$ dB ve 4 spotlu bir transponder için $EIRP_u$ eşitlik (143) yardımıyla, $EIRP_u = 59.75$ dBW olarak bulunur. Bu değer MSAT için 60 dBW 'dır [70].

$$EIRP_u = 10 \log(P_t/4) - L_f + G_t \quad (143)$$

Herbir spot için için etkin kanal sayısı $n=100$, uydu eğriselliği nedeniyle çıkış geri çekme değeri Şekil 24 dan $BO=4$ dB olarak alınır, kanal başına düşen EIRP değeri $(EIRP/kanal)$, eşitlik (25) yardımıyla, 35.75 dBW olarak bulunur.

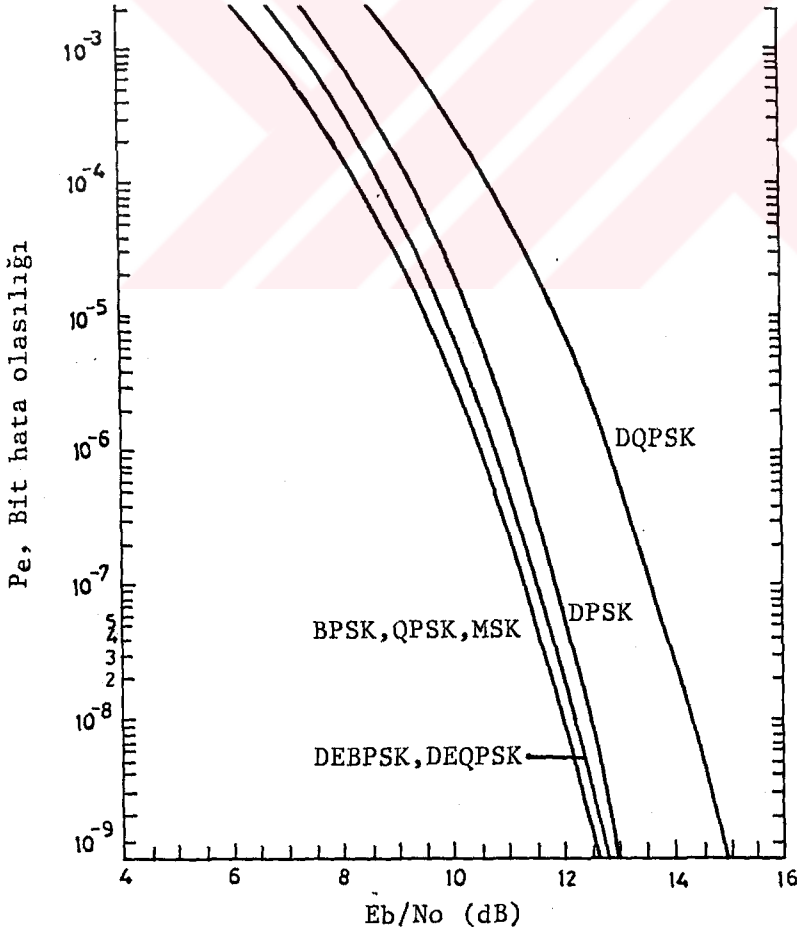
$$(EIRP)/kanal = [(EIRP)_u - BO] - 10 \log n \quad (25)$$

Serbest uzay kaybı eşitlik (15) yardımıyla $L_a = 188$ dB, Boltzmann sabiti $k = -228.6$ dB/K/Hz, gürültü sıcaklığı 400 K ve gezgin birim anten kazancı 12 dB için $(G/T)_{y1} = -14$ dB/K, ve Şekil 60 da toplam iletişim süresi üzerinden aşılma yüzdesi 1 olan en büyük bayılma derinliği $F = 26$ dB dir. Buna göre Doğu Karadeniz Bölgesi için $(C/No)_a$ değeri eşitlik (26) kullanılarak,

$$(C/No)_a = 36.35 \text{ dB-Hz olarak bulunur.}$$

Kaliteli kabul edilebilir bir sayısal iletişim için bit hata olasılığı $P_e=10^{-5}$ olarak alınabilir. QPSK modülasyonu için bu başarıımı sağlayacak en küçük E_b/N_0 değeri Şekil 61 den 9 dB olarak bulunur. U-GİS için kullanılması düşünülen bit hızı 2400 bit/s dir [45, 46]. Bu durumda gerekli olan C/No eşitlik (22) yardımıyla 42.80 dB-Hz dir. Bölge için belirlenen C/No ise 36.35 dB-Hz dir. Aradaki fark yaklaşık 6.5 dB dir. Yani $P_e=10^{-5}$ 'lık bit hata olasılığına sahip başarıımı iletişim süresinin %99 'unda sağlayabilmek için yaklaşık 6.5 dB lik ek bir kazanç sisteme eklenmesi gerekir. Ancak bu durumda iletişim sisteminin güvenilirliği % 99 olur. Eğer bu kazanç sağlanmadığı takdirde, eşitlik (26) dan 42.80 dB-Hz C/No değeri için izin verilen en büyük bayılma derinliği,

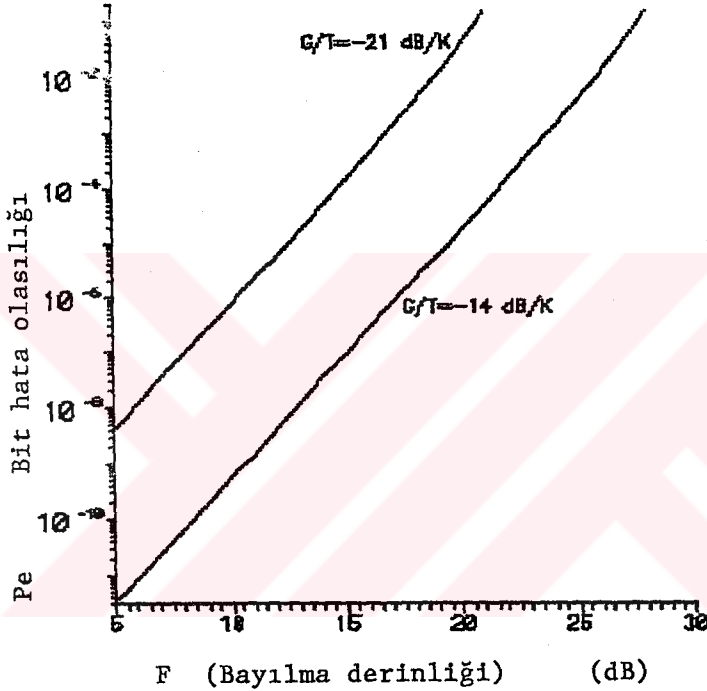
$F = 19.55 \approx 20$ dB olarak bulunur.



Şekil 61. Değişik modülasyonlar için iletişim başarıımı [96]

Şekil 60 dan alınan işaretin $F=20$ dB bayılma derinliğini aşma yüzdesi 4 civarındadır. Diğer bir ifadeyle eğer sistem bu bayılma sınırı ile çalışacaksa % 96 güvenilirlikle bir iletişim olanağı sağlar.

Şekil 62 de QPSK modülasyonu için uydu-gezgin radyo terminalinde kullanılabilecek değişik iki antene göre bayılma derinliği sistem başarımı ilişkisi gösterilmiştir. Bükülmüş dipol için $G/T=-21$ dB/K, yönlendirilebilen anten için $G/T=-14$ dB/K 'dir.



Şekil 62. QPSK modülasyonunda değişik iki anten için sistem başarımı

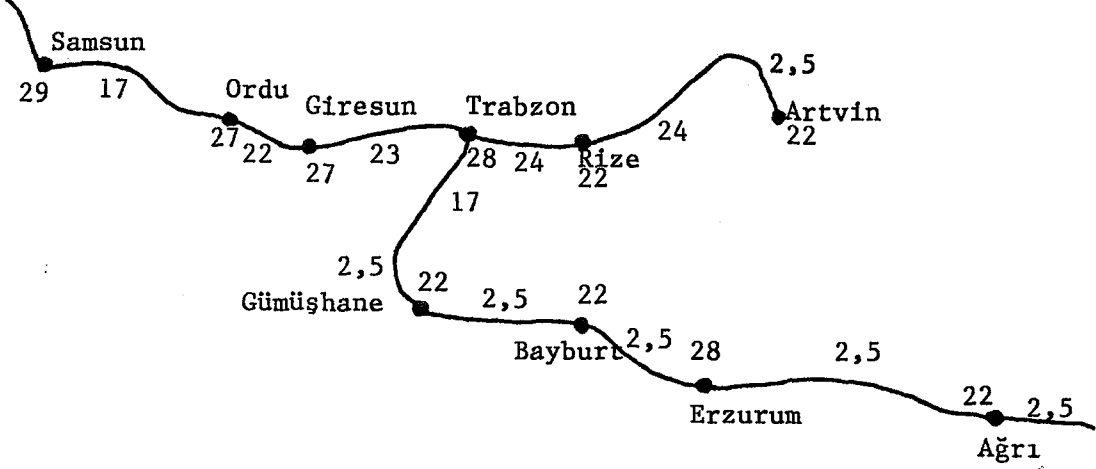
6.5. DEĞERLENDİRME

Doğu Karadenizin özellikle sahil şeridi oldukça ağaçlıklı ve kentleşme oranı yüksek olan bir bölgedir. Türkiye'nin U-GİS açısından en kötü koşullara sahip bölgesi olarak verilebilir. Çünkü yapılan incelemelerde U-GİS için en önemli bozucu yayılım etkisi ağaç gölgelemesi ve kentsel bölgelerdeki bina engellemesidir. Bu iki etki de bu bölgede

çok büyük bayılma derinliğine neden olmaktadır. Yukarıda yapılan bölgesel başarımların belirlenmesinde iletişim güvenilirliği % 96 olarak belirlenmiştir. İletişimde her zaman % 99 'luk bir güvenilirlik istenir. Gerçi % 96 lık değer çeşitli hata düzeltme kodlaması ve bit sıkıştırma teknikleri ile iletim hızını azaltmak gibi yöntemlerle daha yükseğe çıkartılabilir. Ancak yine de sistem güvenilirliği sınır değere çok yakın değerdedir.

Sistemin ekonomikliği bu bölge için araştırılacak olursa, sistemde gezgin birim anten kazancı 12 dB olarak alınmıştır. Bu anten yönlü ve pahalı bir antendir. Sistemin güvenilirliğini artırmak için uygulanacak teknikler maliyeti artıracaktır. Öte yandan bölgenin sahil şeridinde kentleşme yoğunluğu giderek artmaktadır. Kentleşme arttıkça başarımlar ve güvenilirlik düşecektir. Bu nedenlerle Karadeniz Bölgesi özellikle sahil şeridinde uydu-gezgin iletişim sistemi hücreli sistemlerle desteklenmelidir.

Türkiye 'nin diğer bölgelerinde sistem başarımlarını incelenirse, özellikle gölgelemesiz açık bölgeler olan İç ve Doğu Anadolu ile Güney Doğu Anadolu Bölgesi için U-GİS 'nin çok ekonomik ve güvenilirliği yüksek bir servis sunacağı söylenebilir. Çünkü gölgelemesiz bölgelerde Tablo 5 den $K=15$ dB için $F=2.5$ dB dir. Tasarlanan sistemde izin verilen en büyük bayılma derinliği ise $F=20$ dB dir. Bu bölgelerde gezgin birim için kazancı 5 dB civarında olan daha ucuz bükülmüş dipol kullanıldığında sistemde izin verilecek en büyük bayılma derinliği 12.5 dB olur. Bu durumda % 99 'u aşan güvenilirliğe sahip ve daha ekonomik bir sistem kullanılmış olur. Doğu Karadeniz Bölgesi Türkiye 'nin ağaç ve kentleşme açısından yoğunluğu büyük olan bölgedir. Dolayısıyla Türkiye 'nin sistem açısından en olumsuz koşullarına sahip bölgesi olduğu söylenebilir. Bu bölgede yukarıda belirtildiği gibi U-GİS sınıra yakın bir iletişim güvenilirliği sağlamaktadır. Türkiye 'nin Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde Doğu Karadeniz Bölgesi kadar ağır gölgeleme yoktur. Bu nedenle U-GİS buralarda da yeterli güvenilirlik ve başarımlar ile bir iletişim sağlayabilir.



Şekil 63. Doğu Karadeniz Bölgesinde U-GIS için bayılma derinliği F(dB)

Şekil 63 de Doğu Karadeniz Bölgesi karayollarında U-GIS için bayılma derinliği F(dB) hesaplanarak, önemli noktalardaki değerleri gösterilmiştir. Buna göre sahil şeridi ve kent merkezlerinde F büyük olmaktadır. Buralarda iletişim sistem başarımları % 96 civarında olmaktadır. Başarımları artırmak için kent merkezleri yersel gezgin iletişim servislerle desteklenebilir. Diğer bölgelerde özellikle Trabzon-Ağrı karayolunda uydu-gezgin iletişim sisteminin çok başarılı olacağı ve % 99 un üzerinde bir sistem başarımları sağlayacağı gözükmektedir.

7. SONUÇLAR

Tez çalışmasının başında amaçlanan çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar ilgili bölümlerde verilmiştir. Bunlar burada tekrar şu şekilde özetlenebilir.

U-GİS 'nin yapısal incelemesi yapılmıştır. Sistem gezgin iletişime daha kısa sürede ekonomik bir çözüm sunmaktadır. Bu sistemle kara, deniz ve hava taşıtlarına iletişim olanağı sunmak olasıdır.

U-GİS 'nin yayılımında bozucu etkiler incelenmiştir. Bu etkiler iyonosferik, troposferik ve yer etkileri olarak üç ayrı kısımda incelenmiştir. İyonosferik ve troposferik etkilerin 1.6 GHz için değerleri elde edilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, atmosferik yayılım etkilerinin Faraday dönmesi dışındakilerin gözardı edilebileceği sonucuna varılmıştır. Faraday dönmesi de dairesel polarizasyonlu dalga kullanılarak sistem için etkisiz duruma getirilebilir. En önemli yayılım etkileri yer etkileri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yansıma, saçılım, gölgeleme ve engelleme gibi yer etkileri uydudan gönderilen doğrudan işarete rastlantısal değişen zayıflamaya neden olmakta bu da sistem iletişim kalitesini sınırlandırmaktadır. En önemli yer etkileri, saçılımlar sonucu ortaya çıkan çok yönlü yayılım ve ağaç gölgelemesidir.

U-GİS tasarımıda sistemin iletişim başarımını belirlemek için bayılma derinliğini bilmek gereklidir. Bayılma derinliği gezgin birimin içinde bulunduğu ortama göre değişir. Bayılma derinliğini belirlemek için geliştirilmiş modeller vardır. Bu modeller incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanılarak yeni bir U-GİS bölgesel yayılım modeli geliştirilmiştir. Modelde U-GİS 'nin uygulacağı bölge üç farklı ortama ayrılarak ayrı ayrı modellenir.

Model, uygulama yapılacak bölgenin coğrafik koşullarına göre belirlenecek fiziksel parametrelerle bölgede yayılım ölçmeleri sonucu belirlenecek yayılım parametrelerini giriş parametresi olarak alır. Sonuçta bayılma olasılık dağılımı ve bayılma derinliği hesaplanır. Modelle farklı iletişim ortamları ayrı ayrı incelenebildiği gibi karmaşık yani olası tüm ortamları içeren ortamları inceleme olanağı vardır.

Model parametrelerinin bayılma derinliğine etkisi incelenmiştir. Ağaçlıklı bölge katsayısı B_2 ve uyduyu göremeyen bölge katsayısı B_3 'ün bayılma derinliği üzerinde etkisinin büyük olduğu gözlenmiştir. B_2 ile bayılma derinliği F arasında doğrudan bir bağıntı geliştirilmiştir.

Geliştirilen modelin Doğu Karadeniz Bölgesine uygulanabilmesi için yayılım ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılmak üzere bükülmüş dipol anten ve ölçme alıcısı gerçekleştirilmiştir. 1.6 GHz de gerçekleştirilen ölçmelerde Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan 14 farklı ağaç türünün zayıflatma katsayıları ve ortalama zayıflatma değerleri belirlenmiştir. Nisan 1993 - Eylül 1993 arasında gerçekleştirilen ölçmeler sonucunda ağaç zayıflatmasının aylara göre değişimi belirlenmiştir. Ortalama ağaç zayıflatması 30° yükselme açısı için 11 dB olarak belirlenmiştir. Ağaç zayıflatması yapraklanma ve nem yüzdesinin çok olduğu nisan, mayıs ve haziran aylarında daha büyük olduğu saptanmıştır. Kuramsal ve deneysel olarak yükselme açısı - ortalama ağaç zayıflatması ilişkisi belirlenmiştir. En büyük ağaç zayıflatması 20° - 40° yükselme açıları arasında olmaktadır. Çünkü bu açılar için uydudan gönderilen işaretin gölgelenme yolu daha büyüktür. 40° den daha büyük yükselme açılarında ortalama ağaç zayıflatması düşmektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesine örnek bir uygulama yapılarak bayılma derinliği belirlenmiştir. Bölgenin yükselme açısı ve azimuth açısı değişim aralığı ΔL 'nin işlevi olarak elde edilmiştir. Buna göre Samsun-Trabzon-Artvin devlet sahil karayolu, E23 ve E390 karayolu için yükselme açısı $E=30^\circ$ - 37° ve azimuth açısı $Az=216^\circ$ - 227° arasında olmaktadır. Bölgenin

coğrafik haritaları kullanılarak bölgesel katsayılar şu şekilde elde edilmiştir. Açık bölge katsayısı $B_1=0.63$, yol kenarı ağaçlıklı bölge katsayısı $B_2=0.18$ ve uyduyu göremeyen bölge katsayısı $B_3=0.14$ 'dir. Bölgenin diğer yayılım parametreleri, ortalama ağaç zayıflatması $\mu_1=-11$ dB, ortalama rician yayılım parametresi $K=15$ dB, ortalama rayleigh yayılım parametresi $\bar{K}=15$ dB, ortalama orman zayıflatma değeri $\mu_2=-17$ dB ve ağaç zayıflatması standart sapması $\sigma=3$ dB olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler kullanılarak geliştirilen yayılım modeli bölgeye uygulanmış ve bölge için alınan işarette bayılma derinliğinin 26 dB 'i aşma olasılığı % 1 olarak belirlenmiştir. Yani bölge içerisinde hareket eden bir gezgin birim tarafından doğrudan bileşene göre alınan işaretin -26 dB 'i aşma olasılığı % 99 dur. Doğu Karadeniz Bölgesi için istenilen aşma yüzdesine göre bayılma derinliğini veren bir bağıntı geliştirilmiştir.

Bu bayılma derinliği ile U-GIS link tasarımı yapılmıştır. Bit hata olasılığı $P_e=10^{-5}$ lik bir başarımlık için gereken C/No değeri 42.80 dB olarak bulunmuştur. Buna göre bu başarımlık için sisteme eklenmesi gereken ek kazanç 6.5 dB dir. Eğer sisteme ek kazanç sağlanmadığı durumda bölge için U-GIS güvenilirliği % 96 olarak belirlenmiştir. Ancak ağaçların yapraksız ve nem yüzdelerinin düşük olduğu sonbahar ve kış aylarında bayılma derinliği düşeceğinden sistem güvenilirliği yükselecektir.

Türkiyenin diğer bölgelerinde Doğu Karadeniz Bölgesi sahil şeridi kadar ağaçlık ve kentleşme yoğunluğu olmadığı için U-GIS bu bölgeler için % 99 güvenilirlikli iletişim olanağını hücreli gibi yersel sistemlerden daha ekonomik olarak sağlayabilir. Ancak sınıra yakın bir başarımlık sağlanan Doğu Karadeniz Bölgesinde U-GIS hücreli sistemlerle desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

8. ÖNERİLER

Bu tez çalışması sonuçlarına dayanılarak sunulacak öneriler iki ayrı sınıfta toplanabilir.

Birincisi, Türkiye 'de gezgin iletişime büyük bir gereksinim vardır. İki kıta arasında bir geçiş bölgesinde bulunan ülkemiz uluslararası kara, deniz ve hava taşımacılığında önemli bir konuma sahiptir. Bu taşımacılık kuruluşları verimi artırmak için kendilerine ait taşıt filoları ile iletişim kurmak istemektedirler. Ayrıca Türkiye 'de özellikle yoğun bir iç karayolu taşımacılığı vardır. İç yolcu ulaşımının % 90 'ından büyük bir bölümü karayolu ile yapılmaktadır ve bu taşımacılık sektöründe günden güne büyümektedir. Öte yandan uç yanı denizlerle çevrili ülkemizin güvenilir bir deniz-gezgin iletişim sistemine de gereksinimi vardır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de gezgin iletişim servisi sağlanmalıdır.

Gezgin iletişime son yıllarda iki yaklaşım vardır. Birincisi hücreli sistemler diğeri uydu-gezgin servislerdir. Bu iki serviste birbirini destekler bir durumda gelişmelerini sürdürmektedirler. Bu çalışmada U-GİS teknik açıdan incelendikten sonra Türkiye 'deki uygulanabilirliği araştırılmıştır. U-GİS açısından en kötü koşullara sahip Doğu Karadeniz üzerinde yapılan bir uygulama da iletişim sistemi açısından sınır değere yakın bir başarı ve güvenilirlik elde edilmiştir. Bu bölge sonuçları aynı zamanda Türkiye 'nin sistem tasarımında sınır değerleri olarak kabul edilebilir.

Diğer öneriler ise bundan sonra bu konuda araştırma yapacak olan araştırmacılara sunulacaktır. Bu araştırma sonucunda bayılma derinliğinin önemli bir parametre olduğu, U-GİS 'nin uygulanabilirliği o bölgenin coğrafik koşullarına dolayısıyla bölgenin bayılma derinliği değerine bağlı olduğu

anlaşılmiştir. Bayılma derinliği azaltma teknikleri araştırılabilir ve geliştirilebilir. Böylece sistemin uygulanabilirliği artırılabilir. Ağaç engellemesinin kış aylarında özellikle kar ile kaplı ağaçların zayıflatma katsayıları üzerinde herhangi bir çalışma yoktur. Aslında daha sağlıklı bir sistem tasarımı bu bilgilere gereksinim vardır. Ayrıca bugünkü koşullarda U-GİS için L bandı ayrılmıştır. İleride daha yüksek frekanslara çıkılabilir. Daha yüksek frekanslarda yayılım ölçümleri yapılabilir, ağaç zayıflatması ve bayılma derinliği frekans ilişkisi belirlenebilir.

Öte yandan gezgin iletişime büyük gereksinim duyulan ülkemizde geniş ölçekli yayılım ölçümleri yapılarak bölgesel yayılım karakteristikleri belirlenebilir. Böylece ülkemiz açısından daha sağlıklı bir gezgin iletişim servisi tasarlanıp ve gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Brisken, A. F., Anderson, R.E., Frey, R.L. and Lewis, J.R., Land Mobile Communications and Position Fixing Using Satellites, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 28, 3 (1979) 153-170.
2. Anderson, R.E., Frey, R.L., Lewis, J.R. and Milton, R.T., Satellite Aided Mobile Communications: Experiments, Applications, and Prospects, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 30, 2 (1981) 54-61.
3. Knouse, G.H. and Castruccio, P.A., The Concept of an Integrated Terrestrial/Land Mobile Satellite System, IEEE Tran. on Vehicular Technology, 30, 3 (1981) 97-101.
4. Dinçer, H., Uydu Gezgin Radyo Terminali, III. Bilgisayar ve Haberleşme Sempozyumu, 24-28 Nisan 1991, Bursa, Bildiriler Kitabı, 139-141.
5. Kiesling, J.D., Land Mobile Satellite Systems, Proceedings of the IEEE, 78, 7 (1990) 1107-1115.
6. Pattan, B., The Advent of Land Mobile Satellite Systems, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, 23, 5 (1987) 691-703.
7. Hess, G.C., Land-Mobile Satellite Excess Path Loss Measurements, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 29, 2 (1980) 290-297.
8. Goldhirsh, J. and Vogel, W.J., Propagation Effects for Land Mobile Satellite Systems: Overview of Experimental and Modeling Results, NASA Reference Publication No. 1274, Washington, USA, 1992.
9. Vogel, W.J. and Goldhirsh, J., Fade Measurements at L-Band and UHF in Mountainous Terrain for Land Mobile Satellite Systems, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 36, 1 (1988) 104-112.
10. Vogel, W.J. and Goldhirsh, J., Mobile Satellite System Propagation Measurements at L-Band Using MARECS-B2, IEEE Tran. on Antennas and Propagation, 38, 2 (1990) 259-263.
11. Vogel, W.J., Hong, U., Measurements and Modeling of Land Mobile Satellite Propagation at UHF and L-Band, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 36, 5 (1988) 707-719.

12. Jedrey, T.C., Dessouky, K.I. and Lay, N.E., An Aeronautical-Mobile Satellite Experiment, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 40, 4 (1991) 741-749.
13. Nicholas, D.C., Land Mobile Satellite Propagation Results, Mobile Satellite Conference, May 1988, Pasadena CA, in Proc. of JPL Pub. 88-9, 125-131.
14. Lemmon, J.J., Multipath Measurements for Land Mobile Satellite Service Using Global Positioning System Signals, Mobile Satellite Conference, May 1988, Pasadena CA, in Proc. of JPL Pub. 88-9, 139-144.
15. Goldhirsh, J. and Vogel, W.J., Mobile Satellite System Fade Statics for Shadowing and Multipath from Roadside Trees at UHF and L-Band, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 37, 4 (1989) 489-497.
16. Butterworth, J.S. and Matt E.E., The Characterization of Propagation Effects For Land Mobile Satellite Services, IEE 3rd Int. Conf. on Satellite Systems for Mobile Communications and Navigation, June 1983, London U.K., Conference Publication No. 222, 51-54.
17. Huck, R.W., Butterworth, J.S. and Matt, E.E., Propagation Measurements For Land Mobile Satellite Services, IEEE 33rd Vehicular Tech. Conference, 1983, Toronto-Canada, 265-268.
18. Loo, C., Matt, E.E., Butterworth, J.S. and Dufour, M., Measurements and Modelling of Land-Mobile Satellite Signal Statistics, IEEE Vehicular Tech. Conference, 1986, London, U.K., 262-267.
19. Butterworth, J.S., Propagation Measurements for Land Mobile Satellite Systems in the 800 MHz Band, Communication Research Centre, Department of Commun., CRC Technical Note No. 724, Canada, August, 1984.
20. Butterworth, J.S., Propagation Measurements for Land Mobile Satellite Systems at 1542 MHz Band, Communication Research Centre, Department of Commun., CRC Technical Note No. 723, Canada, August, 1984.
21. Loo, C., Measurements and Models of a Mobile-Satellite Link Applications, IEEE Global Telecommunications Conference, December 1985, Canada, 1177-1180.
22. Ohmori, S., Hase, Y. and Wakana, H., The World's First Experiments on Aeronautical Satellite Communications Using the ETS-V Satellite, IEEE Tokyo Section, 29, 5 (1990) 113-116.

23. Ohmori, S., Hase, Y., Wakana, H. and Taira, S., Experiments on Aeronautical Satellite Communications Using ETS-V Satellite, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, 28, 3 (1992) 788-796.
24. Matsumoto, Y., Suzuki, R., Kondo. and Khan, M.H., Land Mobile Satellite Experiments in Kyoto City, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, 28, 3 (1992) 718-727.
25. Saruwatari, T. and Hirofumi, R., Propagation Characteristics for Land Mobile Satellite Systems in 1.5-GHz Band, International Symposium Antennas and Propagation, ISAP '89, 1989, Tokyo, Japan, 769-773.
26. Wakana, H., Propagation Characteristics in Mobile Satellite Communications, Tokyo Forum '91 on Asia-Pacific Mobile Communications, 26 Feb. - 2 March 1991, Tokyo, Japan, 1-8.
27. Wakana, H., Propagation Research in Japan, NASA Propagation Experiments Meeting (NAPEX XV), June 1991, London, Canada, in Proc. of NAPEX XV, 88-94.
28. Obara, N. and Wakana, H., Fade / Non-Fade Duration Characteristics and a Model for Land Mobile Satellite Communications channels, IEEE Antennas and Propagation Symposium, July 1992, Chicago, USA, 1-4.
29. Vogel, W.J., Goldhirsh, J. and Hase Y., Land-Mobile Satellite Fade Measurements in Australia, Journal of Spacecraft and Rockets, 29, 1 (1992) 123-128.
30. Hase, Y., Vogel, W.J. and Goldhirsh, J., Fade-Durations Derived from Land-Mobile-Satellite Measurements in Australia, IEEE Trans. on Communications, 39, 5 (1991) 664-668.
31. Bundrock, A. and Harvey, R., Propagation Measurements for an Australian Land Mobile-Satellite System, Mobile Satellite Conference, May 1988, Pasadena, USA, in Proc. JPL Pub. 88-9, 119-124.
32. Benarroch, A. and Mercader, L., LMSS Propagation Model Based on a European Experiment Using MARECS Satellite, Electronics Letters, 27, 4 (1991) 298-300.
33. Benarroch, A. and Mercader, L., Signal Statistics from a LMSS Propagation Experiment in Europe, IEEE Int. Telecommunications Symposium, 1990, Rio de Janeiro, Brasil, 227-232.

34. Benarroch, A., Mercader, L. and Gaspar, S., Propagation Experiment in Europe for Land Mobile Satellite Systems at 1.5 GHz, IEEE Int. Symposium on Antenna and Propagation ISAP '89, 1989, Tokyo, Japan, 815-818.
35. Richharia, M., Evans, B.G. and Butt, G., A Propagation Experiment for Modelling High Elevation Angle Land Mobile Satellite Channels, in AIAA Conference Proc., March 1992, London, 1-15.
36. Loo, C., A Statistical Model for a Land Mobile Satellite Link, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 34, 3 (1985) 122-127.
37. Barts, R.M. and Stutzman, L., Modeling and Simulation of Mobile Satellite Propagation, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 40, 4 (1992) 375-381.
38. Barts, R.M. and Stutzman, L., Propagation Modeling for Land Mobile Satellite Systems, Mobile Satellite Conf., May 1988, Pasadena, CA, in Proc. JPL Pub. 88-9, 95-100.
39. Vishakantaiah, P. and Vogel, W.J., LMSS Drive Simulator for Multipath Propagation, NASA Propagation Experiments Meeting (NAPEX XIII), June 1989, San Jose, CA, in Proc. of NAPEX XIII, JPL Pub. 89-26, 42-47.
40. Wakana, H., A Propagation Model for Land Mobile Satellite Communications, IEEE Antennas and Propagation Symposium, June 24-28, 1991, Ontario, Canada, in Proc. of IEEE AP-S '91, 1526-1529.
41. Davarian, F., Channel Simulation to Facilitate Mobile Satellite Communications Research, IEEE Trans. on Communications, 35, 1 (1987) 47-55.
42. Davarian, F., Fade Margin Calculation for Channels Impaired by Rician Fading, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 34, 1 (1985) 41-44.
43. Cavdar, i.H. and Dinçer, H., Propagation Modeling and Simulation for Land Mobile Satellite Systems, First Eurasian Symposium on Space Sciences and Technologies (SPACE EURASIA '93), October 25-27, 1993, Gebze, Turkey, 254-259.
44. Lodge, J.H., Moher, M.L. and Crozier S.N., A Comparison of Data Modulation Techniques for Land Mobile Satellite Channels, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 36, 1 (1987) 28-34.

45. Rafferty, W. and Divsalar D., Modulation and Coding for Land Mobile Satellite Channels, IEEE Int. Conference on Communications '88, June 12-15, 1988, Philadelphia, PA, in Proc. of Conference, Vol. 2, 1105-1111.
46. Simon, M.K. and Divsalar, D., The Performance of Trellis Coded Multilevel DPSK on a Fading Mobile Satellite Channel, IEEE Trans. on Vehicular Technology 37, 2 (1988) 78-91.
47. Liu, C.L. and Feher K., $\pi/4$ -QPSK Modems for Satellite Sound/Data Broadcast System, IEEE Trans. on Broadcasting, 37, 1 (1991) 1-8.
48. Korn, I., Offset DPSK with Differential Phase Dedector in Satellite Mobile Channel with Narrow-Band Receiver Filter, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 38, 4 (1989) 193-203.
49. Divsalar, D. and Simon, M.K., Trellis Coded Modulation for 4800-9600 bits/s Transmission Over a Fading Mobile Satellite Channel, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 5, 2 (1987) 162-175.
50. Loo, C., Measurements and Models of a Land Mobile Satellite Channel and Their Applications to MSK Signals, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 35, 3 (1987) 114-121.
51. Korn, I., Error Probability of M-ary FSK with Differential Phase Dedection Satellite Mobile Channel, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 38, 2 (1989) 76-84.
52. Morinaga, N., Komaki, S. and Hara, S., Trends in Modulation/Demodulation and Coding Techniques for Mobile Satellite Communications Systems, IEICE Trans. 74, 8 (1991) 2211-2219.
53. Mclane, P.J., Wittke, P.H., Ho, P.K. and Loo, C., PSK and DPSK Trellis Codes for Fast Fading, Shadowed Mobile Satellite Communication Channels, IEEE Trans. on Communications, 36, 11 (1988) 1242-1246.
54. Simon, M.K. and Divsalar, D., The Performance of Trellis Coded Multilevel DPSK on a Fading Mobile Satellite Channel, IEEE International Conference on Communications '87, June 7-10, 1987, Seattle, WA, in Proc. of 1987 ICC, Vol. 2, 732-738.
55. Mclane, P.J., Wittke, P.H., Ho, P.K. and Loo, C., PSK and DPSK Trellis Codes for Fast Fading, Shadowed Mobile Satellite Communication Channels, IEEE International Conference on Communications '87, June 7-10, 1987, Seattle, WA, in Proc. of 1987 ICC, Vol. 2, 726-731.

56. Katoh, H. and Feher, K., SP-QPSK: A New Modulation Technique for Satellite and Land-Mobile Digital Broadcasting, IEEE Transactions on Broadcasting, 36, 3(1990) 195-201.
57. Wachira, M., Bossler D. and Skerry, B., FDMA Implementation for Domestic Mobile Satellite Systems, IEEE Global Telecommunications Conference & Exhibition, November 1989, Dallas, Texas, in Proc. of Conf. Vol. 2, 754-759.
58. Guadenzi, R.D. and Viola, R., High Efficiency Voice Activated CDMA Mobile Communication System Based on Master Code Synchronization, IEEE Global Telecommunication Conference & Exhibition, November 1989, Dallas, Texas, in Proc. of Conf. Vol. 2, 733-737.
59. Yan, T.Y., Wang, C., Cheng, U., Dessouky, K. and Rafferty, W., A FD/DAMA Network Architecture for the First Generation Land Mobile Satellite Services, IEEE Global Telecommunications Conference & Exhibition, Nov. 1989, Dallas, Texas, in Proc. of Conf. Vol. 2, 738-749.
60. Leung, C.M., Ali, M.O. and Spolsky, A.I., An Efficient Demand-Assignment Multiple-Access Scheme for Satellite Mobile Radio Dispatch Networks, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 38, 4 (1989) 204-210.
61. Li, V.O.K. and Yan, T.Y., Adaptive Mobile Access Protocol (AMAP) for the Message Service of Land Mobile Satellite Experiment (MSAT-X), IEEE Trans. on Vehicular Technology, 33, 3 (1984) 237-243.
62. Johannsen, K.G., Code Division Multiple Access Versus Frequency Division Multiple Access Channel Capacity in Mobile Satellite Communication, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 39, 1 (1990) 17-26.
63. Morinaga, N., Advanced Technologies in Radio Communications, Anritsu News, 11, 61 (1991) 2-9.
64. Hills, A., Satellites and Mobile Phones: Planning and Marriage, IEEE Spectrum, August 1985, 62-67.
65. Maile G., Mobile Satcoms, Communications International, March 1991, 47-52.
66. Kato, S., Ohmori, S. and Yasuda, Y., Current and Future Mobile Satellite Communication Systems, IEICE Trans., 74, 8 (1991) 2201-2210.
67. Bhargava, V.K., Haccoun, D., Matyas, R. and Nussli, P., Digital Communication by Satellite, Second Edition, John Wiley & Sons. Inc., USA, 1981.

68. Chouinard, G., Satellite Beam Optimization for the Broadcasting Satellite Service, IEEE Trans. on Broadcasting, 27, 1 (1981) 7-20.
69. Ha, T.T., Digital Satellite Communications, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Co., New York, 1986.
70. Norbury, J.R., Mobile Satcoms for the Future, IEEE Spectrum, No. 207, 1987, 5-7.
71. Pritchard, W.L. and Ogata, M., Satellite Direct Broadcast, Proceedings of the IEEE 78, 7 (1990) 1116-1140.
72. Lee, W.C.Y., Mobile Communications Engineering, First Edition, Mc Graw-Hill Book Co., New York, 1982.
73. Dinçer, H. ve Çavdar, İ.H., Uydu Gezgin Haberleşme Sistemi, Elektrik Mühendisliği 4. Ulusal Kongresi, 16-22 Eylül 1991, İzmir, Bildiriler Kitabı, Cilt 2, 689-692.
74. Hagenauer, J., Dolainsky, F., Lutz, E., Papke, W. and Schweikert, R., The Maritime Satellite Communication Channel-Channel Model, Performance of Modulation and Coding, IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 5, 4 (1987) 701-713.
75. Ghais, A., Berzins, G. and Wright D., INMARSAT and the Future of Mobile Satellite Services, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 5, 4 (1987) 592-600.
76. Hara, S., Post-detection Diversity Improvement of Differential Phase Shift Keying System in Mobile Satellite Communications, Ph.D. Thesis, Osaka University, Dept. of Commun. Eng. Osaka, Japan, 1989.
77. Çavdar, İ.H. ve Dinçer, H., Uydu-Kara, Deniz ve Hava Gezgin Haberleşme Sistemlerinin Propagasyon Modelleri, Elektrik Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi, 13-18 Eylül 1993, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 759-764.
78. Rogers, D.V., Radio-Wave Propagation, Electronic Communications Handbook, Editor: A.F. Inglis, First Edition, Mc Graw-Hill Book Co., USA, 1988, 1-21.
79. Brussard, G. and Rogers, D.V., Propagation Consideration in Satellite Communication Systems, Proceedings of the IEEE, 78, 7 (1990) 1275-1282.
80. Schmier, R.G. and Bostian, C.W., Fade Duration in Satellite-Path Mobile Radio Propagation, Virginia Tech. Rep EE Satcom 86-5, performed for JPL sponsored by NASA under Contract 956512, December 1986.

81. Vogel, W.J. and Goldhirsh, J., Tree Attenuation at 869 MHz Derived from Remotely Piloted Aircraft Measurements IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 34, 12 (1986) 1460-1464.
82. Goldhirsh, J. and Vogel, W.J., Roadside Tree Attenuation at UHF for Land Mobile Satellite Systems, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 35, 5 (1987) 589-595.
83. Ulaby, F.T., Whitt, M.W. and Dobson, M.C., Measuring the Propagation Properties of a Forest Canopy Using a Polarimetric Scatterometer, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 38, 2 (1990) 251-258.
84. Campbell, R.L. and Estus, R., Attenuated Direct and Scattered Wave Propagation on Simulated Land Mobile Satellite Service Paths in the Presence of Trees, Mobile Satellite Conference, May 1988, Pasadena CA, in Proc. of JPL Pub. 88-9, 125-131.
85. Reed, H.R. and Russel, C.M., Ultra High Frequency Propagation, First Edition, Boston Technical Publishers Inc., Cambridge, MA, 1966.
86. Schwartz, M., Information Transmission, Modulation, and Noise, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Co., Tokyo, Japan, 1970.
87. Şeker, Ş.S., İletişim Sistemlerinin Planlanması, 1. Basım, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 1993.
88. Lee, W.C.Y., Mobile Communications Design and Fundamentals, First Edition, Howard W. Sams & Co., USA, 1986.
89. Proakis, J.G., Digital Communications, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Co., Singapore, 1985.
90. Campbell, R.L., A Study of Land Mobile Satellite Service Multipath Effects Using SATLAB Software, NASA Propagation Experiments Meeting (NAPEX XV), June 28-29 1991, Ontario Canada, in Proc. of NAPEX XV, JPL Pub. 91-31, 176-185.
91. Ulaby, F.T, Moore R.K. and Fung, A.K., Microwave Remote Sensing, Active and Passive, Vol. 3, First Edition, Artech House Inc., USA, 1986.
92. Robinette, G., The Design Characteristics of Plant Materials Plant Form Studies, First Edition, Colloge Printing & Typing Co., Inc. - 453., Madison, Wisconsin-53703, USA, 1967.

93. Cavdar, i.H, Dinçer, H. and Erdoğan, K., Propagation Measurements at L band for Land Mobile Satellite Link Design, MELECON '94 Mediterranean Electrotechnical Conference, April 12-14, 1994, Antalya, Turkey, 1162-1165.
94. Colcy, J.N., Steinhauser, R. and, Mock, K., Euteltracs: the European Land Mobile Satellite Service, Electrical Communication, 1st Quarter 1993, 60-65.
95. Atalay, i., Doğu Ladini (Oieca orientails L.) Tohum Transfer Rejyonlaması, Çağ Matbaası, Orman Genel Müd. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Enstitüsü, Yayın No. 2, Ankara, 1984.
96. Feher, K., Advanced Digital Communications, First Edition, Prentice-Hall, Inc., USA, 1987.



ÖZGEÇMİŞ

1964 yılında Trabzon 'da doğan İ. Hakkı Çavdar ilk ve orta öğrenimini Trabzon 'da tamamladı. 1985 yılında Gazi Üniversitesi Elektronik Bölümünden lisans derecesi aldı. 1988 'de K.T.Ü. Elektronik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimini tamamladı. Aynı yıl Doktora öğrenimine başladı. 1990 yılında Goethe Enstitüsü bursuyla Almanya 'da Almanca dil öğrenimi yaptı. 1986 yılından beri K.T.Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Müh. Böl. de Arş. Gör. olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babası olan Çavdar Almanca ve İngilizce bilmektedir.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ