

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139674

UMTS / WCDMA ÜÇÜNCÜ NESİL MOBİL
HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE MODEL AYARLAMA
VE SEÇİLEN BİR BÖLGE İÇİN PLANLAMA
UYGULAMASI

Elektronik ve Haberleşme Müh. Sarper SÜMER

F.B.E Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Haberleşme Programında
Hazırlanan

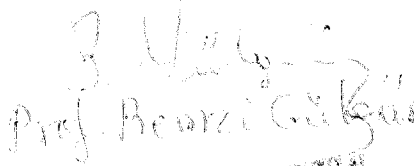
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

Prof. Metin YÜCEL


Prof. Dr. Ümit AYĞÖLÜ

İSTANBUL, 2003


Prof. Beirazi GÜNGÖR
TEZ YETKİLİSİ
YERİNE KALDIRILAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. Giriş	1
2. Mobil Haberleşme	3
2.1 İlk Aşamalar	3
2.1.1 Tek Hücreli Sistemler	4
2.1.2 Çok Hücreli Sistemler	5
2.1.2.1 Birinci Nesil : 1G	5
2.1.2.2 İkinci Nesil : 2G	6
2.2 İkinci Nesilden Üçüncü Nesile Geçiş	7
2.2.1 GSM	7
2.2.1.1 BSC (Base Station Controller) : Baz İstasyonu Deneticisi	7
2.2.1.2 RBS (Radio Base Station) : Radyo Baz İstasyonu	8
2.2.1.3 TRC (TRanscoder Controller) : Transcoder Deneticisi	8
2.2.1.4 MSC/VLR (Mobile Services Switching Center/Visitor Location Register) : Mobil Servisler Anahtarlama Merkezi/Ziyaretçi Konum Sicili	8
2.2.1.5 GMSC (Gateway Mobile services Switching Center) : Ağgeçit Mobil Servisleri Anahtarlama Merkezi	9
2.2.1.6 HLR (Home Location Register) : Dahili Konum Sicili	9
2.2.1.7 VLR (Visitor Location Register) : Ziyaretçi Konum Sicili	9
2.2.1.8 AUC/EIR (Authentication Center and Equipment Identity Register) : Kimlik Doğrulama Merkezi ve Ekipman Kimlik Sicili	9
2.2.1.9 NMC (Network Management Center) : Şebeke Yönetim Merkezi	9
2.2.1.10 OMC (Operation and Maintenance Center) : İşletim ve Bakım Merkezi	9
2.2.1.11 OSS (Operation and Support System) : İşletim ve Destek Sistemi	10
2.2.2 GSM'den WCDMA/UMTS'e Geçiş	10
2.2.3 HSCSD	10
2.2.4 GPRS	10
2.2.4.1 Devre Anahtarlama ve Paket Anahtarlama	11
2.2.4.2 Paket Anahtarlama ve Radyo	12
2.2.4.3 Paket Verinin Yönlendirilmesi	13

2.2.4.4	GPRS Mimarisi.....	13
2.2.5	EDGE.....	14
2.2.6	UMTS	15
3.	Standartlaşma Çalışmaları	16
3.1	ITU: IMT-2000.....	16
3.2	Radyo İletim Teknolojileri	16
3.3	3GPP	17
3.4	UMTS Forum	18
3.5	UMTS Frekans Tahsisi	18
3.5.1	UMTS Kapsama Alanları	18
3.5.2	Avrupa Spektrumu.....	19
3.5.3	Asya Spektrumu.....	20
3.5.4	Kuzey Amerika.....	20
3.6	UMTS Lisansları	21
4.	Çekirdek Şebeke	24
4.1	Katmanlı Mimari Yapısı : Yatay Katmanlaşma	24
4.1.1	Katmanlı Yapının Önemli Yararları	25
4.2	Yatay Katmanlaşmanın GSM/UMTS Çekirdek Şebekesinde Benimsenmesi – Genel Prensipler.....	26
4.2.1	Bağlantı Katmanı.....	27
4.2.1.1	MGW fonksiyonları.....	27
4.2.1.2	GGSN Fonksiyonları	28
4.2.1.3	Taşıma Teknolojileri.....	28
4.2.2	Kontrol Katmanı	29
4.2.2.1	MSC Sunucusu Fonksiyonları	30
4.2.2.2	SGSN Sunucusu Fonksiyonları	30
4.2.3	Uygulama Katmanı.....	31
4.3	Katmanlı Yapıda Trafığın Yürütülmesi.....	31
4.3.1	Mobil Başlangıçlı Çağrı.....	32
4.3.2	Mobil Sonlandırmalı Çağrı	33
4.3.3	PDP-Kontekst Aktivasyonu.....	34
4.3.4	Paket Gönderimi	35
5.	Radyo Şebekesi.....	36
5.1	WCDMA Tekniği	36
5.1.1	WCDMA Önemli Özellikleri	36
5.1.2	Çoklu Erişim Teknolojileri	37
5.1.2.1	FDMA – Frekans Bölmeli Çoklu Erişim.....	37
5.1.2.2	TDMA – Zaman Bölmeli Çoklu Erişim	37
5.1.2.3	CDMA – Kod Bölmeli Çoklu Erişim	38
5.1.3	Spektrum Yayılması Avantaj ve Dezavantajları.....	39
5.2	Yayılma Temelleri	40
5.2.1	Kod İle Yayılma	40
5.2.2	Yayılma Kod Grupları	42
5.2.3	OVSF Kodları	42
5.2.3.1	Dikeylik ve Çapraz İlişki	44
5.2.4	Sözde Gürültü Kodları (PN – Pseudo Noise)	45
5.2.5	Modülasyon	46
5.2.6	Kod Özellikleri	47

5.3	Çift yönlü Frekans Bölme – FDD (Frequency Division Duplex)	48
5.3.1	FDD Kanal Yapısı	48
5.3.1.1	DCH (Dedicated Channel) : Tahsis Edilmiş Kanal	48
5.3.1.2	BCH (Broadcast Channel) : Yayın Kanalı.....	48
5.3.1.3	FACH (Forward Access Channel) : İleri Erişim Kanalı.....	48
5.3.1.4	PCH (Paging Channel) : Çağrı Bildirme Kanalı.....	48
5.3.1.5	RACH (Random Access Channel) : Raslantısal Erişim Kanalı	48
5.3.1.6	Fiziksel Kanallar	49
5.3.2	Yukarı Hat İçin Yayılma ve Modülasyon.....	51
5.3.2.1	Yukarı Hat DPDCH ve DPCCH'in Yayılması.....	51
5.3.3	Aşağı Hat İçin Yayılma ve Modülasyon	52
5.4	DS-CDMA'ye Bakış.....	53
5.4.1	Güç Kontrolü	53
5.4.1.1	Açık-Döngü (yavaş) Güç Kontrolü	54
5.4.1.2	İç-Döngü (hızlı) Güç Kontrolü	54
5.4.1.3	Dış-Döngü Güç Kontrolü	55
5.4.2	Tırmık Alıcısı.....	56
5.4.3	Hücreler Arası Geçiş Senaryoları	57
5.4.3.1	Frekans İçi Geçiş, Hücreler Arası Yumuşak ve Daha Yumuşak Geçiş.....	57
5.4.3.2	Frekans Arası Geçiş, Hücreler Arası Sert Geçiş.....	59
5.4.4	Hücre Soluması.....	59
5.5	Çift yönlü Zaman Bölme – TDD (Time Division Duplex)	60
6.	Modeller.....	63
6.1	Basit Modeller	63
6.1.1	Boşlukta Yayılma	63
6.1.2	Düz Yerkürede Yayılma	64
6.1.3	Çift Eğim Modeli	65
6.1.4	Egli Modeli	66
6.1.5	Bıçak Ucu Kırılması	66
6.2	Okumura Hata Tabanlı Modeller.....	67
6.2.1	Genel Model Yaklaşımı	67
6.2.2	Okumura Yöntemi	67
6.2.3	Hata Modeli	68
6.2.4	COST-231 Hata Modeli.....	69
6.2.5	Boyutlandırma İçin Kullanılan Formül	70
6.3	Model Ayarlama	71
6.3.1	Ölçüm Cihazları.....	71
6.3.2	Radyo Frekansı Ölçümlerindeki Gereksinimler	72
6.3.3	Ayarlama Süreci	73
7.	Üçüncü Nesil (3G) Şebekeler İçin Planlama Temelleri ve Türkiye'de Bir Bölge İçin Planlama Uygulaması.....	75
7.1	Planlamaya Giriş.....	75
7.1.1	Kapsama Planlaması ve Hat Bütçesi	75
7.1.2	Kapasite Planlaması.....	78
7.1.3	Planlamanın Temel Noktaları	80
7.1.4	Radyo Erişim Şebekesi Planlaması	81
7.1.5	Çekirdek Şebeke Planlaması.....	83
7.2	Uygulama.....	84

7.2.1	Simülasyon Programının Tanıtılması	85
7.2.2	Model Ayarlama ve Bölge Kayıpları.....	85
7.2.3	Kapsamaya Göre Hesaplamalar.....	86
7.2.4	Kapasiteye Göre Hesaplamalar.....	90
7.2.5	Kapsama Hesabına Göre Çıkan Sonuçların Simülasyon Programında Kıyaslanması.....	90
8.	Sonuçlar ve Öneriler.....	92
KAYNAKLAR.....		93
EKLER		95
Ek 1 Simülasyon programında İstanbul'un bölge, yol ve yükseklik yapılarının gösterilmesi .		96
Ek 2 Seçilen alanın yol, yükseklik ve bölge yapılarının gösterilmesi		99
Ek 3 Planlama sonucu kapsamaların gösterimi		101
ÖZGEÇMİŞ.....		104



SİMGE LİSTESİ

$a(h_m)$	h_m anten yüksekliği için düzeltme faktörü
d	Mobil istasyon ile baz istasyonu arası mesafe
d_{brk}	Kırılma noktası uzaklığı
h_b	Baz istasyonu yüksekliği
h_m	Mobil istasyon yüksekliği
L	Kayıplar
ν	Frenel parametresi fonksiyonu
Σ	Mobil istasyon ile baz istasyonu yükseklikleri toplamı
Δ	Mobil istasyon ile baz istasyonu yükseklikleri farkı



KISALTMA LİSTESİ

AMPS	Advanced Mobile Phone System
ANSI T1	Standards Committee T1 of the American National Standards Institute
ARIB	Association of Radio Industries and Business
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AUC	Authentication Center
BCH	Broadcast Channel
BER	Bit Error Rate
BTS	Base Transceiver System
CATT	China Academy of Telecommunication Technology
CDMA	Code Division Multiple Access
D-AMPS	Digital AMPS
DCH	Dedicated Channel
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DS-CDMA	Direct Sequence CDMA
E_b/N_0	Energy per Bit to Noise power density ratio
EDGE	Enhanced Data rate for the GSM Evolution
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunications Standardization Institute
FACH	Forward Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FER	Frame Error Rate
FH-CDMA	Frequency Hopping CDMA
FNR	Flexible Number Register
GCP	Gateway Control Protocol
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communication
HCS	Hierarchical Cell Structure
HLR	Home Location Register
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
IMT	International Mobile Telecommunications
IS-95	Interim Standard
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunications Union
MGW	Media Gateway
NMC	Network Management Center
NMT	Nordic Mobile Telephone
NTT-MTS	Nippon Telegraph & Telephone Co. Mobile Telephone System
OMC	Operation and Maintenance Center
OSS	Operation and Support System
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
PCH	Paging Channel
PCS	Personal Communication Systems
PDC	Personal Digital Communication
PDP	Packet Data Protocol
PN	Pseudo Noise

PSTN	Public Switched Telephone Network
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access Channel
RAN	Radio Access Network
RNC	Radio Network Controller
RTT	Radio Transmission Technology
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDO	Standardization Developing Organizations
SF	Spreading Factor
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIR	Symbol-to-Interference Ratio
SMS	Short Message Service
TACS	Total Access Communication System
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TFCI	Transport Format Combination Indicator
TIA	Telecommunication Industry Association
TPC	Transmit Power Control
TRC	Transcoder Controller
TTA	Telecommunication Technology Association
TTC	Telecommunication Technology Committee
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
WAP	Wireless Area Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Tek hücreli sistemler	4
Şekil 2.2 Çok hücreli sistemler	6
Şekil 2.3 İkinci nesilden üçüncü nesile geçiş	7
Şekil 2.4 GSM şebekesi sistem modeli	8
Şekil 2.5 GPRS şebeke mimarisi	11
Şekil 2.6 Devre anahtarlama / paket anahtarlama	12
Şekil 2.7 EDGE için şebekede gerekli olan değişiklikler	14
Şekil 3.1 Bölgelere göre UMTS kapsama alanları	19
Şekil 3.2 Avrupa UMTS spektrumu	20
Şekil 3.3 Frekans spektrumu	21
Şekil 4.1 Dikey ve yatay bütünleşmiş şebekeler	24
Şekil 4.2 Yeni şebeke mimarisi	25
Şekil 4.3 AAL2/ATM/SDH kullanan devre modlu, IP/AAL5/ATM/SDH kullanan paket modlu haberleşme	29
Şekil 4.4 SDH üzerinden IP kullanan devre ve paket modlu haberleşme	29
Şekil 4.5 Mobil başlangıçlı çağrı	32
Şekil 4.6 Mobil sonlandırmalı çağrı	33
Şekil 4.7 PDP kontekst aktivasyonu	34
Şekil 4.8 Yukarı hat yönünde paket gönderimi	35
Şekil 5.1 FDMA – Frekans Bölmeli Çoklu Erişim	37
Şekil 5.2 TDMA – Zaman Bölmeli Çoklu Erişim	38
Şekil 5.3 CDMA – Kod Bölmeli Çoklu Erişim	39
Şekil 5.4 Düz sıra yayılma spektrumu işaretleri	41
Şekil 5.5 OVFSF kodları	42
Şekil 5.6 OVFSF kodları için kod ağacı	43
Şekil 5.7 Kod ağacı kısıtlamaları	44
Şekil 5.8 Dikey OVFSF kodu örneği	44
Şekil 5.9 Sözde Gürültü (PN) kodu üretimi	45
Şekil 5.10 QPSK modülatörü blok diyagramı	47
Şekil 5.11 Yukarı hat DPDCH ve DPCCH için çerçeve yapısı	50
Şekil 5.12 Aşağı hat DPCH için çerçeve yapısı	51
Şekil 5.13 Yukarı hat için yayılma ve modülasyon	52
Şekil 5.14 Aşağı hat için yayılma ve modülasyon	52
Şekil 5.15 Sistemde güç kontrolü olması/olmaması durumlarının kıyaslanması	53
Şekil 5.16 İç-döngü güç kontrolü	55
Şekil 5.17 Çok yönlü sönümlenme	56
Şekil 5.18 Tırmık alıcısı	57
Şekil 5.19 Hücre soluması	59
Şekil 5.20 Yukarı hat / aşağı hat tahsisleri	61
Şekil 6.1 Radyo dalgasının boşlukta yayılması	63
Şekil 6.2 Farklı yayılma yolları	64
Şekil 6.3 Çift eğim modelinde sinyal seviyesinin davranışı	65
Şekil 6.4 Bıçak ucu kırılması	66
Şekil 6.5 Frenel parametresi v'nin fonksiyonu olarak bıçak ucu kırılması kaybı	67
Şekil 6.6 Okumura eğrileri	68
Şekil 6.7 Model ayarlama iletim ekipmanları	71
Şekil 6.8 Omni anten montaj örneği	72
Şekil 7.1 Farklı trafik türleri	79

Şekil 7.1 Hücre sınırı bilinen istasyonun kapsama alanı hesabı.....	88
Şekil Ek 1.1 İstanbul bölge yapısı	96
Şekil Ek 1.2 İstanbul yol yapısı	97
Şekil Ek 1.3 İstanbul yükseklik yapısı	98
Şekil Ek 2.1 Seçilen alanın bölge yapısı	99
Şekil Ek 2.2 Seçilen alanın yükseklik ve yol yapısı	100
Şekil Ek 3.1 384 kb/s için yapılmış planın genel kapsamı.....	101
Şekil Ek 3.2 384 kb/s için mesafe ve sinyal seviyesi kıyaslama	102
Şekil Ek 3.3 144 kb/s için mesafe ve sinyal seviyesi kıyaslama	103



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Elektromagnetik dalgalar	3
Çizelge 3.1 Ülkelere göre lisans durumları (Şubat 2002 tarihli).....	22
Çizelge 5.1 Sabit chip oranında farklı veri oranları ve yayılma faktörleri	41
Çizelge 5.2 WCDMA’de kullanılan kodların özellikleri	47
Çizelge 7.1 Hat bütçesi kullanarak hücre kapsamı hesabı	77
Çizelge 7.2 Aşağı hat için örnek kapasite hesabı	79
Çizelge 7.3 UMTS kod kullanımı.....	81
Çizelge 7.4 Bölge yapılarına göre sinyal kayıpları.....	86
Çizelge 7.5 Veri oranına göre Eb/No değerleri	87
Çizelge 7.6 Farklı veri hızlarına göre kapsama hesabı.....	89
Çizelge 7.7 Kapasite hesabı.....	90



ÖNSÖZ

Bu çalışma, geleceğin mobil haberleşme sistemi adıyla anılabilecek olan UMTS'i anlayabilmek yolunda öncü bir adım olması amacıyla hazırlanmıştır. İçeriği ve kullanacağı sistemler hakkında fikir vermenin yanı sıra verilen örneklerle konunun pekiştirilmesi düşünülmüştür.

İlk bölümlerde teorik kısımlar üzerinde durulmuş, son kısımda yapılan uygulama ile şebeke planlama hakkında da birtakım bilgiler verilmiştir.

Sonuç olarak teorik hesaplamalar ile simülasyon programı sonucu varılan değerlerin birbirleriyle uyumlu oldukları kanıtlanmıştır.

Bu çalışmanın hazırlanması süresince vermiş olduğu fikirler ve göstermiş olduğu yakın ilgi için danışman hocam Prof. Metin Yücel'e teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2002

Sarper SÜMER



ÖZET

Mobil haberleşmenin ilk aşamalarından başlayıp tek hücreli ve çok hücreli sistemler, birinci ve ikinci nesil ardından da günümüz sistemlerinden üçüncü nesile geçiş üzerinde durulmuştur. Farklı sistemler arasındaki uyum problemlerini ortadan kaldırmak için yürütülen standartlaşma çalışmaları incelenmiş, ardından UMTS'in iç yapıları olan çekirdek şebeke ve radyo şebekesi konuları üzerinde detaylı olarak durulmuştur.

Sinyal yayılmasıyla ilgili model yapılarına ve özelliklerine değinilmiş, ardından planlama temelleri anlatılmış ve seçilmiş olan bir bölge için kapsama ve kapasiteye göre planlama uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulama sonuçlarını kıyaslamada kullanılacak olan simülasyon programı örnek şekillerle tanıtılmış, planlama sonuçları ve karşılaştırmalar yine şekiller yardımıyla açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: UMTS, WCDMA, OVSF, model ayarlama, şebeke planlama.



ABSTRACT

Beginning from the first phases of mobile communication, to single cell and cellular systems, first generation and second generation systems, up to the contemporary systems like third generation systems have been included. Standardization studies, in order to remove the convenience problem between different systems have been investigated and the intra-structure of UMTS like, core network and radio network subjects have been investigated, in a detailed manner.

The model structure and characteristics for the signal propagation have been mentioned, the fundamentals of planning have been described. Coverage and capacity based planning application has been performed for a selected area. The simulation software to use for comparison of the results of the planning application, have been introduced with the sample figures, and the planning results and comparisons, have been presented again with the help of figures.

Keywords: UMTS, WCDMA, OVSF, model tuning, network planning.



1. Giriş

Günümüzde kullanılmakta olan ikinci nesil sistemlerin piyasaya sürülmesiyle birlikte mobil haberleşme sektöründe çok büyük bir patlama gerçekleşmiş, ve neticesinde cep telefonu gereksiz bir lüks olmaktan çıkıp lüzümlü bir ihtiyaç halini almıştır. Yakın zamanda milletçe yaşamış olduğumuz deprem gibi felaketler, insanların birbirleriyle haberleşebilmelerinin ne kadar mühim bir gereksinim olduğunu bir kez daha kanıtlamıştır.

Örneğin Finlandiya’da kullanılan mobil telefon sayısı, 1999 yılında sabit hatlı telefonların sayısını aşmıştır. Cep telefonuna talep o kadar hızlı bir şekilde artmaktadır ki, içinde bulunduğumuz 2002 yılında tüm dünyada 600 milyondan fazla abone olması beklenmektedir.

Piyasa her geçen gün büyüdükçe, mobil servisler ses iletiminin ötesinde internet erişimi ve multimedya servisleri yönünde bir gelişme göstermekte, kullanıcıların bu yöndeki talepleri daha yüksek bant genişliği ve kalite gerektirmektedir. İkinci nesil sistemler kablosuz internet uygulamalarındaki ihtiyacı karşılamak için gelişmekte fakat dünya çapında bir erişim için yetersiz kalmaktadır. Bunun sebebi bu sistemlerin farklı frekans spektrumlarında birbirleriyle uyumsuz radyo teknolojileri kullanması, bunun sonucunda da uzun periyotta uluslararası bir pazar yakalayamamasıdır.

Bu faktörler, abonelere daha çok tercih imkanı sunmayı hedefleyen ve aynı zamanda kablosuz terminallerle bilgi, haberleşme ve eğlence servislerini destekleyecek olan ‘üçüncü nesil sistemler kavramı’na yöneltmiştir. Gerekli servislerin kurulumu, günümüzde hali hazırda kullanılmakta olan sayısal mobil şebeke yapısı üzerine oturacak şekilde gerçekleştirilecektir. İhtiyaç duyulan, mevcut sistemleri desteklemesinin yanı sıra radyo bağlantılarında daha yüksek kapasite ve kurulacak tüm sistemler arasında uyumluluktur.

UMTS, üçüncü nesil bir mobil haberleşme sistemidir. En önemli özelliği telekomünikasyon, bilgisayar ve tüm kitle erişim araçlarını bir noktada birleştirmesidir.

UMTS şebekesi, hem geleneksel telekomünikasyon servislerini hem de yeni internet tabanlı servisleri geniş alanlarda 384 kbit/s, yerel alanlarda ise 2 Mbit/s’lik yüksek veri oranlarında destekleyecek çok servisli bir şebeke olacaktır. Farklı şebekeler arasındaki devre-paket anahtarlama, darbant-genişbant ve ses-veri bağlantılarını bir araya getirecek yani bağdaştıracaktır.

UMTS çekirdek şebekesinin açık mimari yapısı, varolan ikinci nesil sistemlerden geleceğin teknolojilerine geçişin sorunsuz bir şekilde olmasını sağlama almaktadır. Daha yüksek veri

oranlarını destekleyebilmek için WCDMA teknolojisi kullanılacak ve mevcut mobil sistemlerle kıyaslandığında tek bir kullanıcıya sağlanan bant genişliği daha fazla olacaktır. Bant genişliğindeki bu artış, yüksek hızlı internet erişimi ve çok sayıda multimedya uygulamalarını beraberinde getirecektir.



2. Mobil Haberleşme

2.1 İlk Aşamalar

Elektromagnetik dalgalar, haberleşme alanında kullanılacak bir ortam olarak 19. yüzyılın sonlarına doğru keşfedilmiştir. J.C Maxwell, elektromagnetik dalgalar teorisini 1873 yılında geliştirmiştir. H. Hertz ise 1887 yılında kendi ürettiği salıngaç yardımı ile elektromagnetik dalgaların varlığını kanıtlayan kişi olmuştur.

1895’de G.M. Marconi salıngaç kullanarak ilk kez bir bilginin iletilmesini sağladı. Kendi ismini verdiği Marconi cihazıyla atlantik okyanusu üzerinden bilgi transferini 1901 yılında gerçekleştirdi.

1906 yılında insan sesinin ilk kez kablosuz iletim yöntemleriyle transferi, R.Fesseden imzasını taşımaktadır. O tarihe kadar bilgi iletimi Mors alfabesi yardımıyla yapılmaktaydı. İlk radyo yayını ile iletim 1909 yılında New York’da gerçekleştirilmiştir. Sabit bir baz istasyonu ve hareketli bir araç (tren) arasındaki bilgi iletimi ilk kez 1917’de Almanya’da başarı ile test edilmiştir. Baz istasyonu ve araba arasındaki bilgi iletimiyle ilgili deneyler 1920’den sonra Amerika’da yapılmış, ancak ilk gerçek mobil istasyon servislerinin başlaması için 20 yıl daha geçmesi gerekmiştir.

1940’ların sonlarına doğru Amerika’da kullanılmaya başlanan araç telefonu sistemleri, 50’li yılların başlarında Avrupa’ya kaymıştır. Bu sistemlerde genellikle 150 MHz aralığındaki frekanslarla çalışılmıştır.

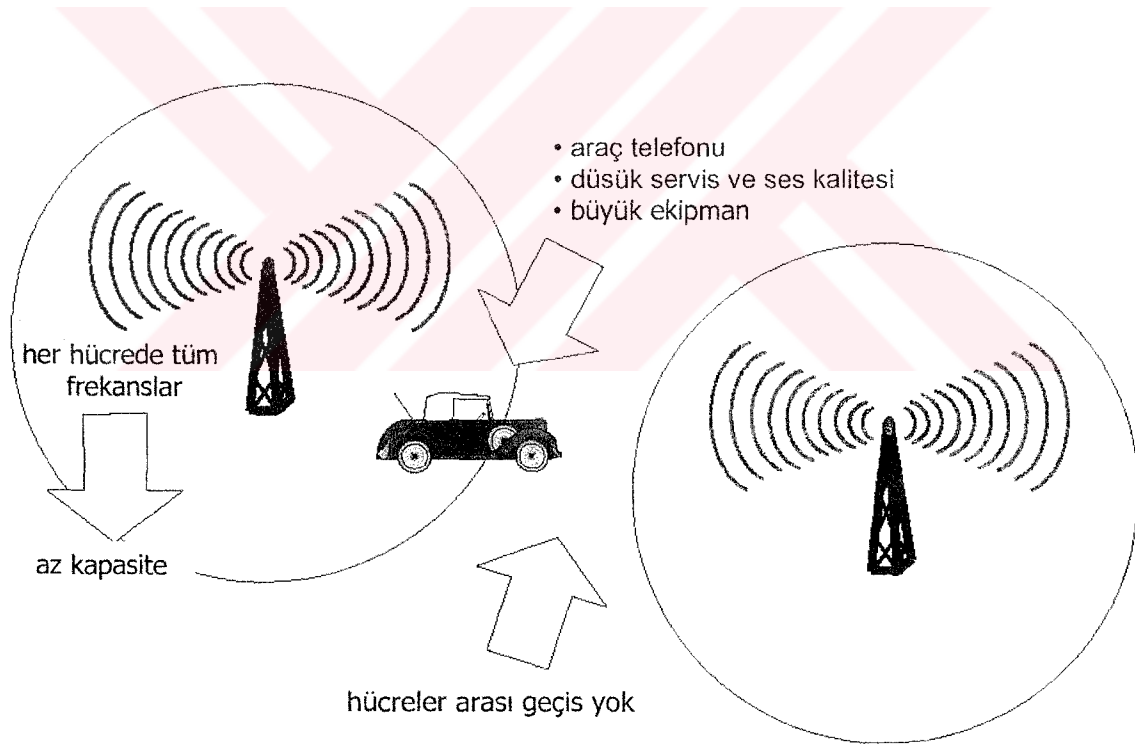
Çizelge 2.1 Elektromagnetik dalgalar

1873	J.C. Maxwell - Teori
1887	H. Hertz – Deneysel
1895	G.M. Marconi – Radyo İletimi
1901	İlk Transatlantik İletim
1906	R. Fesseden – Kablosuz yöntemlerle insan sesi iletimi
1909	İlk radyo yayını iletimi
1917	İlk radyo haberleşmesi: Baz istasyonu – Tren
1946	İlk araç telefonu

2.1.1 Tek Hücreli Sistemler

Mobil haberleşme sistemlerinin ilk zamanlarında eldeki tüm frekanslar her hücrede kullanılmaktaydı. Frekans karışmasını önlemek için bitişik hücreler arasındaki mesafe yeterli derecede büyük olmalıydı. Mobil olarak hareket imkanı tek hücreyle kısıtlıydı. Bu sebeplerden dolayı da mobilitiyi arttırmak için, tek bir BTS (Base Transceiver Station) tarafından desteklenen hücre alanı mümkün olabildiği kadar geniş (kimi yerlerde 50-100 km) tutulmaktaydı. Hücreler arasında geçiş ve uluslararası dolaşım mümkün değildi. Özetleyecek olursak tek hücreli sistemler sınırlı kapasiteyle çalışan, düşük servis ve konuşma kapasiteli sistemlerdi.

Tek hücreli sistemler 1950'lerden 1980'lere kadar geliştirilmiş ve iyileştirilmiş, 80'lerin başında çok hücreli sistemlere geçilmeden önce tüm dünyada bir milyona yakın kullanıcıya hizmet vermiştir¹.



Şekil 2.1 Tek hücreli sistemler

¹ Andreas Annen, **The Evolution From 2G To 3G**, İsveç, Stockholm: Ericsson Radio Systems AB, 1999, s.6

2.1.2 Çok Hücreli Sistemler

1970’li yıllarda mikroprosesör ve yarı iletken teknolojisinin gelişmesi, daha karmaşık sistemlere geçilmesi konusunda önemli bir adım olmuştur. Bu adım, 80’li yılların başında mobil haberleşme sistemlerinde tek hücreden çok hücreye geçişteki en büyük destek olarak düşünülebilir.

Bu sistemlerde çok sayıda baz istasyonu (BTS), bal peteği modelinde yerleştirilir ve birbirleriyle koordineli bir şekilde çalışır. Baz istasyonu hücrelerinin kapsama alanları kısmen örtüşmektedir. Tek bir hücrede, o bölgedeki trafik ihtiyacına göre uygun frekanslardan sadece bir veya birkaçı kullanılır. Aynı frekanslar, o hücreye yeterli uzaklıktaki başka hücrelerde de tekrar tekrar kullanılabilir. Bu çeşit bir tekrar kullanım yapılmadan, uygun frekansların bir kez kullanılmasıyla oluşturulan hücre topluluğuna da küme (cluster) ismi verilir. Hücre arttırınımı sırasında en önemli noktalardan biri, aynı frekansların birbirine karışıp ses kalitesini düşürmemesi için hücrelerin yeterli mesafede yerleştirilmesidir.

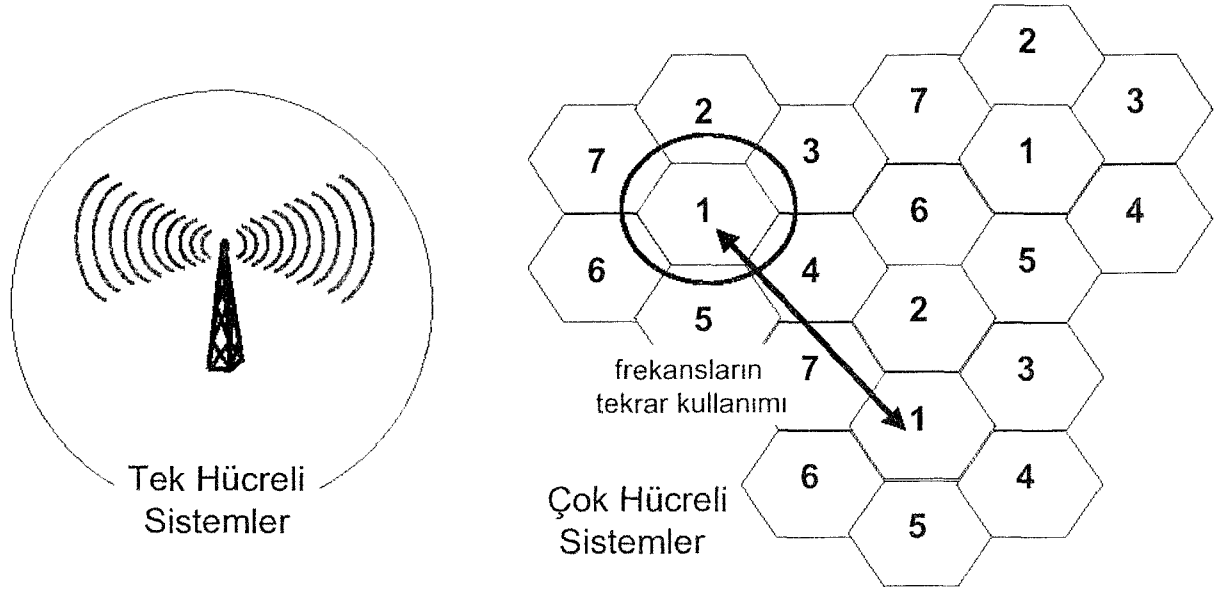
2.1.2.1 Birinci Nesil : 1G

Birinci nesil çok hücreli sistemlerde bilgi iletimi analog biçimde yapılmış, sadece ses iletimi yapmak mümkün olmuştur. Birçok ülkede 70’li yıllarda kurulmaya başlanmış, ticari faaliyete 70 sonu 80’li yılların başında geçilmiştir:

- İskandinav ülkelerinde NMT
- Amerika’da AMPS
- Japonya’da NTT-MTS
- İngiltere’de TACS
- Almanya’da C450

Birinci nesil sistemler için Avrupa’da 450 ve 900 Mhz, Kuzey Amerika ve Japonya’da 800 Mhz frekans aralığı kullanılmıştır².

² Andreas Annen, a.g.e, s.10



Şekil 2.2 Çok hücreli sistemler

Şekil 2.2’de çok hücreli sistemlerin bal peteği yapısındaki hücre dizilimi ve 7 farklı frekansın kullanıldığı hücre kümeleri gösterilmektedir.

2.1.2.2 İkinci Nesil : 2G

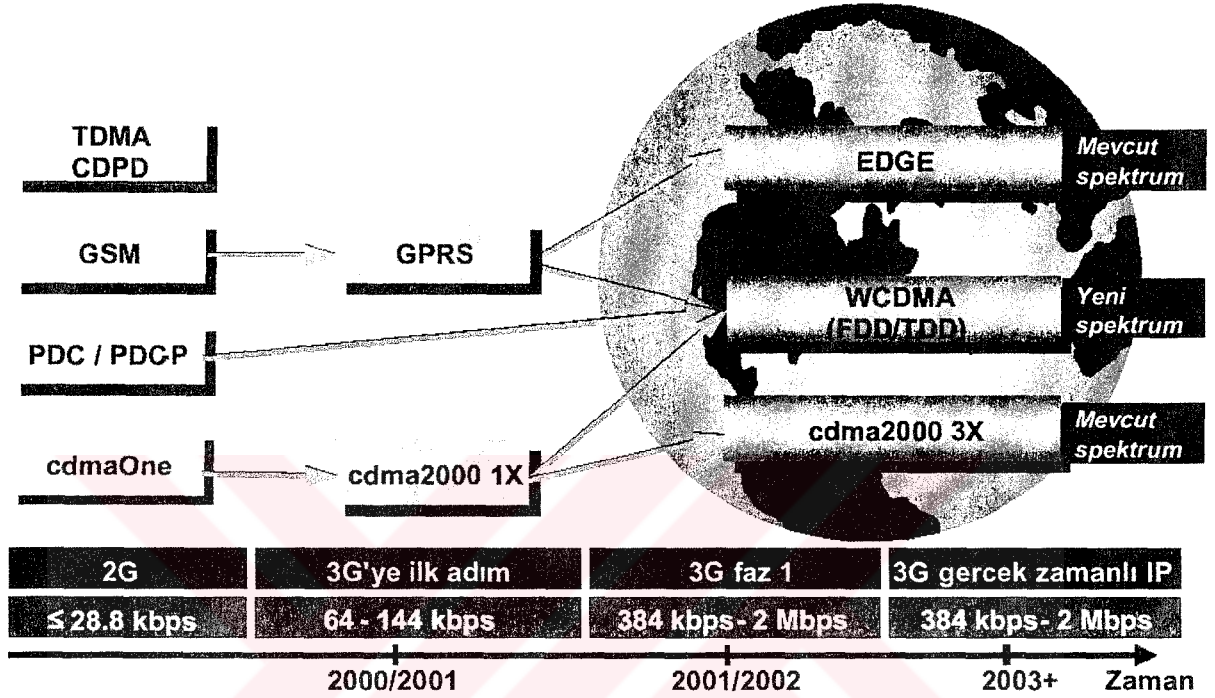
İkinci nesil çok hücreli sistemler, sayısal bilgi iletimi temeline dayanmaktadır. İletim kalitesi, sistem kapasitesi ve kapsama alanındaki artışa duyulan ihtiyaç, ikinci nesil sistemlerin geliştirilme sebepleri arasında sayılabilir. Özellikle Avrupa’da tek hücreli sistemlerin kullanılmasından kaynaklanan problemlerden biri olan uluslararası dolaşım anlaşmaları operatörler arasında büyük sıkıntılara yol açmış, çok hücreli sistemlerle birlikte dolaşım konusunda genel standartların belirlenmesi acil ihtiyaç olarak görülmüştür.

İkinci nesil standartları 80’li yıllar ve 90’lı yıllar başlarında geliştirilmiş, 1992’de ticari faaliyetlere başlamış ve piyasaya ilk olarak GSM sürülmüştür. 1993-94’te Japonya’da PDC, Amerika’da D-AMPS, 1995-96’da ise Hongkong ve yine Amerika’da IS-95 ticari faaliyetlere başlamıştır.

Konuşma, ikinci nesil sistemlerde hala egemendir fakat fax, kısa mesaj ve veri iletimi ilk kez kullanıma sunulmuştur. Sabit hatlı telefon şebekesine kıyasla çok sayıda ilave servis mevcuttur. Örneğin kullanıcı verisi şifrelenebilmektedir. Mobil ekipmanları birinci nesile göre daha küçük ve hafif, fiyatları daha düşüktür.

2.2 İkinci Nesilden Üçüncü Nesile Geçiş

Mevcut ikinci nesil sistemlerden üçüncü nesile değişim için izlenebilecek farklı yollar Şekil 2.3'de gösterilmektedir³. Tahminler 2002'de mobil şebekelerin yaklaşık 55%'inin GSM tabanlı olacağı sonucunu çıkarmaktadır.



Şekil 2.3 İkinci nesilden üçüncü nesile geçiş

2.2.1 GSM

GSM'den WCDMA/UMTS'e geçişi daha iyi anlayabilmek için mevcut GSM sistemlerine kısaca değinmemiz faydalı olacaktır. Şekil 2.4, şu anda kullanılmakta olan ikinci nesil sistemlerin yapısındaki temel elemanları göstermektedir.

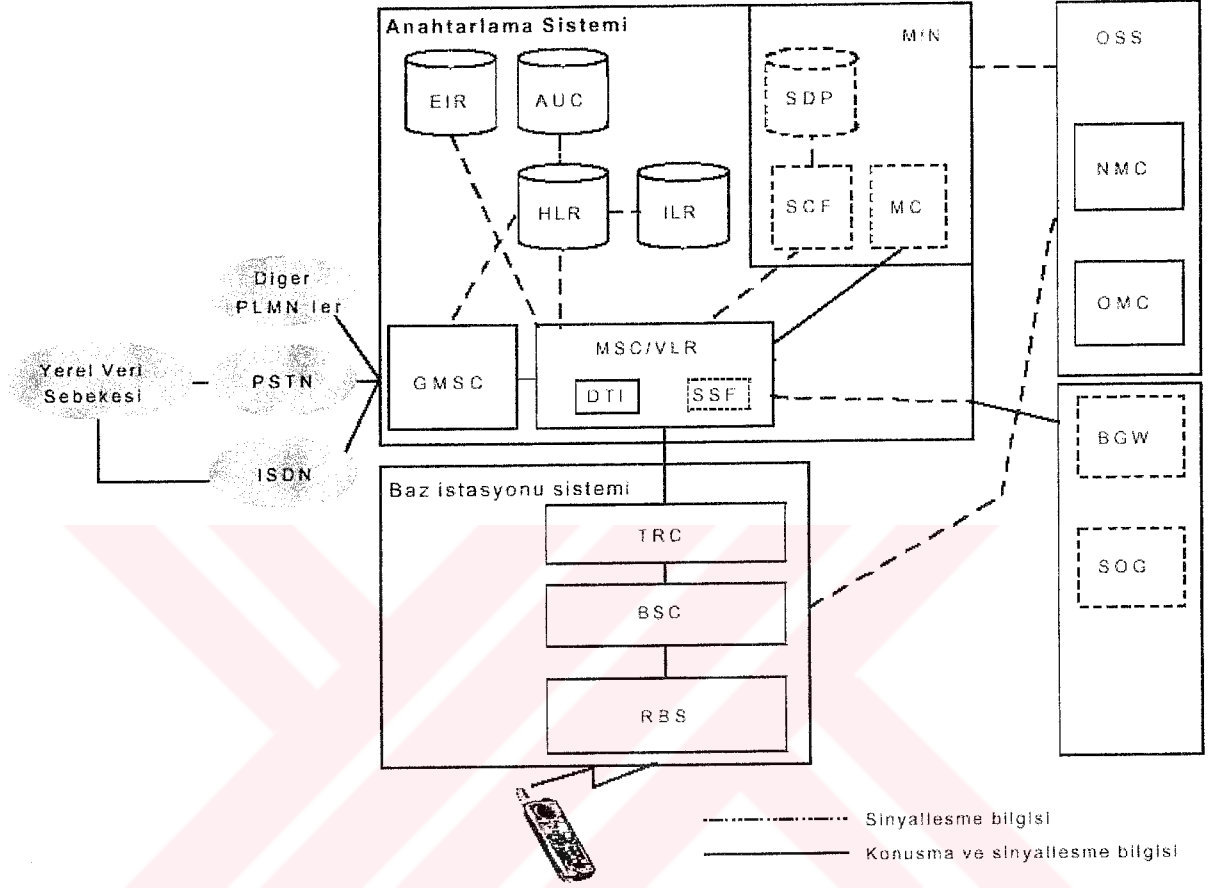
2.2.1.1 BSC (Base Station Controller) : Baz İstasyonu Deneticisi

GSM şebekesinin, radyo ile ilgili tüm fonksiyonlarını yönetir. Hücreler arasındaki geçişler, radyo kanalı tahsisi ve hücre konfigürasyon verilerinin toplanması gibi fonksiyonları içeren yüksek kapasiteli bir anahtarlama mekanizmasına sahiptir.

³ Lars Jansson, WCDMA/UMTS System Overview, R1C, İsveç, Stockholm: Ericsson Radio Systems AB, 2001

2.2.1.2 RBS (Radio Base Station) : Radyo Baz İstasyonu

Cep telefonu yönündeki radyo arabirimini kontrol eder. Şebekedeki hücrelere servis veren antenler ve kabinet gibi ekipmanlardan oluşur.



Şekil 2.4 GSM şebekesi sistem modeli⁴

2.2.1.3 TRC (TRanscoder Controller) : Transcoder Deneticisi

TRC'nin görevi, birçok BSC'den gelen trafik kanallarını çoğullayarak bir adet 64 Kbit/s'lik PCM kanalına çevirmektir. Bu sayede şebeke iletim maliyeti düşürülmektedir. TRC tek başına bir düğüm olarak ya da BSC ile birleştirilmiş olarak bulunabilir.

2.2.1.4 MSC/VLR (Mobile Services Switching Center/Visitor Location Register) :

Mobil Servisler Anahtarlama Merkezi/Ziyaretçi Konum Sicili

MSC, mobil şebeke için anahtarlama fonksiyonlarının gerçekleştirildiği yerdir. PSTN, ISDN,

⁴ Nicolas Anthony, PDC/UMTS Delta, R1D, İsveç, Stockholm: Ericsson Radio Systems AB, 2000

genel veri şebekeleri, özel şebekeler ve diğer mobil şebekeler gibi farklı telefon ve veri sistemleri arasındaki görüşmeleri kontrol eder.

2.2.1.5 GMSC (Gateway Mobile services Switching Center) : Ağgeçit Mobil Servisleri Anahtarlama Merkezi

Ağgeçit özelliği, MSC'nin görüşmeyi mobil istasyona göndermeden önce şebekenin HLR'ından sorgulamasını sağlar. Bir PSTN abonesi GSM abonesini aramak istediği zaman, PSTN santrali ilk olarak görüşmeyi GMSC'ye bağlayarak şebekeye giriş yapacaktır.

2.2.1.6 HLR (Home Location Register) : Dahili Konum Sicili

HLR, tüm şebeke kullanıcılarına ait abonelik bilgilerini saklayan ve yöneten merkezi şebeke veri tabanıdır. MSC/VLR ile aynı düğümde veya tek başına bir düğüm olarak bulunabilir.

2.2.1.7 VLR (Visitor Location Register) : Ziyaretçi Konum Sicili

VLR veri tabanı, bir MSC'nin servis alanında o an için konumlanmış olan tüm mobil abonelerinin bilgilerini içerir.

2.2.1.8 AUC/EIR (Authentication Center and Equipment Identity Register) : Kimlik Doğrulama Merkezi ve Ekipman Kimlik Sicili

Şebeke içerisinde birleştirilmiş AUC/EIR düğümü veya ayrı ayrı düğümler olarak bulunabilirler. AUC'nin temel fonksiyonu, şebekeye girmek isteyen abonelerin kimlik doğrulama işlemini kontrol etmektir. EIR, içerdiği ekipman kimlik bilgisi veri tabanı sayesinde çalıntı ya da yasaklı telefonların şebekeye giriş yapmasını engeller.

2.2.1.9 NMC (Network Management Center) : Şebeke Yönetim Merkezi

Merkezi şebeke kontrolünün yapıldığı yerdir. Tüm şebeke için tek bir NMC yeterli olabilmektedir.

2.2.1.10 OMC (Operation and Maintenance Center) : İşletim ve Bakım Merkezi

X.25 hatlarıyla MSC ve BSC gibi diğer şebeke elemanlarına bağlı, bilgisayarlı görüntüleme merkezidir. Sistem parametreleri kontrolü ve şebeke durum bilgisi görüntülenmesi burada yapılır.

2.2.1.11 OSS (Operation and Support System) : İşletim ve Destek Sistemi

OMC ve/veya NMC'de uygulanan aktiviteleri destekler. OSS sayesinde şebeke kontrolü tek bir merkezden yapılabilir.

2.2.2 GSM'den WCDMA/UMTS'e Geçiş

GSM'den UMTS'e geçişin yumuşak bir şekilde yapılabilmesi için değişim birkaç adımda gerçekleştirilmelidir. Bu adımların en önemlileri:

- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) : Yüksek Hızda Devre Anahtarlama Veri
- GPRS (General Packet Radio Service) : Genel Paket Radyo Servisi
- EDGE (Enhanced Data rate for the GSM Evolution) : GSM Gelişimi İçin Arttırılmış Veri Oranları

GSM ses iletimi için geliştirilmiş bir sistem olduğundan sadece 9.6 Kbit/s'lik veri oranına kadar çıkabilmektedir. Dar bant genişliği sisteme sınırlamalar getirmektedir. UMTS'te yüksek veri oranlarını destekleyebilmek için, geliştirilmiş GSM çekirdek şebekesine WCDMA teknolojisini kullanan WCDMA radyo erişim şebekesi (RAN) eklenmelidir.

2.2.3 HSCSD

HSCSD, devre anahtarlama modunda eşzamanlı olarak birden fazla zaman dilimi (timeslot) kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır. Günümüzde aynı anda 4 zaman dilimi kullanılabilir (teorik olarak 8). Bunun yanında yeni kodlama şemasıyla birlikte bir zaman dilimi içerisindeki en fazla veri oranı 9.6 kbit/s'dan 14.4 kbit/s'ye yükselmiştir.

4 zaman dilimlik kombinasyon, ISDN ile mukayese edildiğinde 38.4/57.6 kbit/s'lik veri oranları vermektedir. HSCSD, gerçek zamanlı servisler için tercih edilmelidir fakat yüksek spektrum talebi problemler yaratmaktadır. HSCSD'yi uygulayabilmek için sadece yazılım modifikasyonları gerekmektedir.

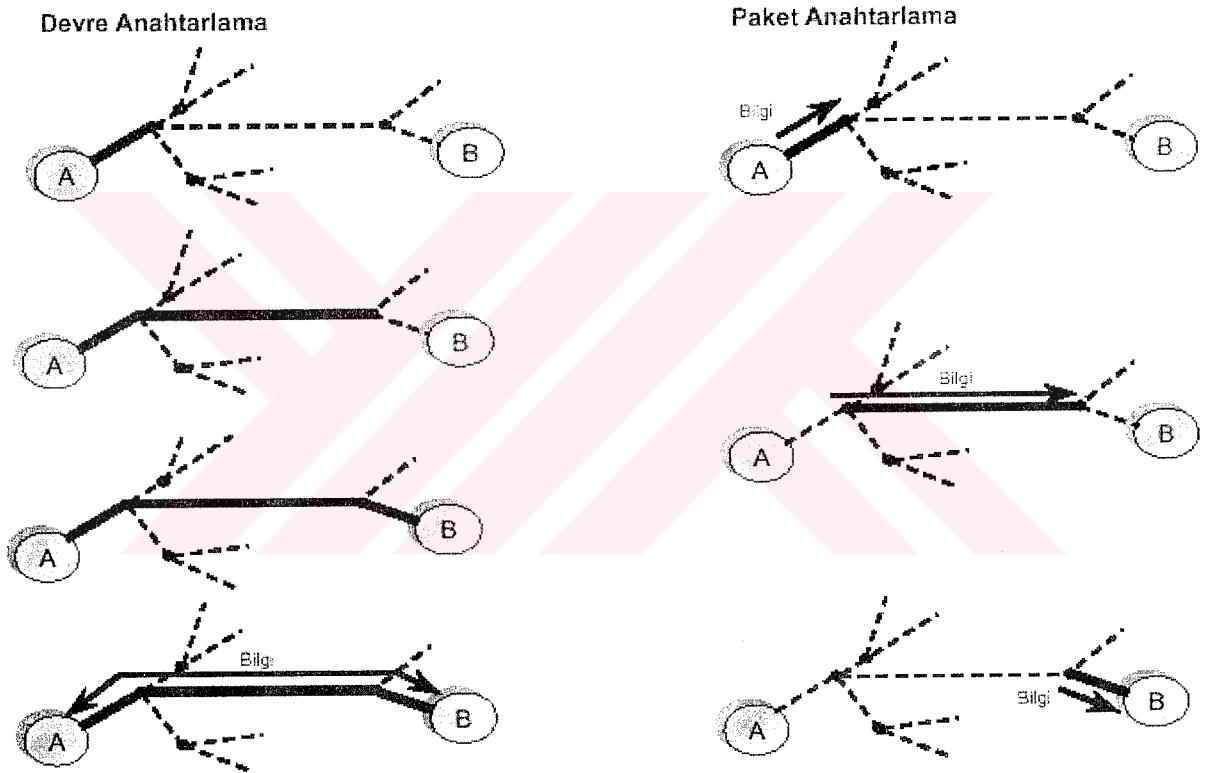
2.2.4 GPRS

Veri uygulamalarındaki genel eğilim, gittikçe patlayan veri akımlarının üretilmesidir. Yüksek oranlardaki veri akımlarını destekleyebilmek için daha büyük bant genişliğine ihtiyaç vardır. HSCSD, çok kanalı birleştirerek bant genişliği ihtiyacını yakalamasına rağmen devre

⁵ Elena Vidal Guerreiro, **GPRS System Survey**, R2A, İsveç, Stockholm: Ericsson Radio Systems AB, 2001

kullanılacaklardır. Tek bir hatta anahtar yolu ile birden fazla veri akışı gerçekleştiğinde, o anahtarın gelen veriyi tek çıkış hattına çoğullayabilecek yeteneğe sahip olması gerekmektedir.

Devre anahtarlama ve paket anahtarlama arasındaki temel fark, bağlantının gerçekleştirilebilmesi için devre anahtarlama kullanıcılar tahsis edilmesi gereken kaynaklardır. Aşağıda Şekil 2.6’da görüldüğü gibi, devre anahtarlama görüşmenin başından sonuna kadar tahsis edilen hattın korunması gerekmektedir. Paket anahtarlama ise haberleşme için herhangi bir bağlantı yolunun kurulmasına gerek yoktur. Veri paketler halinde iletilir ve gönderilmek istenen bilgi şebeke içinde düğümden düğüme ilerleyerek hedefe ulaşır.



Şekil 2.6 Devre anahtarlama / paket anahtarlama

2.2.4.2 Paket Anahtarlama ve Radyo

GSM’de frekans kanalları, zaman domeninde taşıyıcı frekans başına 8 zaman dilimi olarak bölümlere ayrılmıştır. Devre anahtarlama sistemlerinde kullanıcılar tüm görüşme boyunca aşağı ve yukarı hatlarda birer zaman dilimi tahsis edilir.

Paket anahtarlama ise zaman dilimleri verinin akış yönüne göre asimetrik olarak isteğe bağlı bir şekilde atanmaktadır. Devre anahtarlama farklı olarak tahsis edilen zaman

diliminin tek sahibi olmamakta, gerektiği durumlarda diğer kullanıcılarla aynı zaman dilimini paylaşabilmektedir. Diğer bir taraftan da aynı anda 8 zaman dilimini kullanabilmekte bu sayede de 100 kbit/s'nin üzerinde veri oranlarına ulaşabilmektedir. GPRS sayesinde aboneler her zaman için şebekeye bağlı kalabilmekte ve alınan veya iletilen verinin boyutuna göre ücretlendirilebilmektedir.

2.2.4.3 Paket Verinin Yönlendirilmesi

İnternet gibi paket anahtarlama bir şebekede sunucular birbirlerini, bağlı bulundukları şebekedeki IP (Internet Protocol : İnternet Protokolü) adresleri ve o şebeke içindeki özel kimlikleriyle adreslerler. Bir mesajı oluşturan tüm paketler, başlık kısımlarına eklenmiş olan adres bilgisi ile şebeke üzerinden gönderilir.

İnternete bağlanmak isteyen bir sunucunun ilk olarak bir alt şebekeye dahil olması yani yasal bir IP numarası alması gerekmektedir. Aboneler ISP'ler (Internet Service Provider : İnternet Servis Sağlayıcısı) aracılığıyla kiralanmış olan IP numaralarından birine geçici olarak sahip olurlar. ISP'lere PSTN, ISDN ve GSM'ler üzerinden ulaşılabilir. GPRS kullanıcılarla bağlantıyı her yönüyle paket tabanlı olarak kurmakta, bunun sayesinde de iletim hızı artmakta ve ücretler düşmektedir.

2.2.4.4 GPRS Mimarisi

GPRS, SGSN (Serving GPRS Support Node : Servis GPRS Destek Düzümü) ve GGSN (Gateway GPRS Support Node : Geçit GPRS Destek Düzümü) isminde iki yeni mantıksal düğümün mevcut GSM altyapısına dahil edilmesiyle gerçekleştirilmiş taşıyıcı bir servistir. Daha ileri aşamalarda PTM-SC (Point to Multipoint Service Center : Tek Noktadan Çok Noktaya Servis Merkezi) düğümü de aktif hale getirilecektir.

- GGSN : Temel fonksiyonu ISP ve ortak intranetlerle bağlantı sağlayarak harici şebekelerle etkileşim kurmaktır. Paketleri SGSN'e ve uygun harici şebekelere yönlendirir.
- SGSN : GSM'deki MSC/VLR'ın fonksiyonlarını yürütür. Kendi alanı içerisindeki mobil istasyonları tespit eder ve kayıt işlemlerini yürütür. Veri sıkıştırması, ücretlendirme ve hareket yönetimi işlemleri de burada gerçekleştirilir.
- GPRS Omurgası : SGSN ve GGSN ATM, Ethernet ve Frame Relay gibi paket yönlendirmeli şebekelerinden herhangi biriyle birbirlerine bağlanabilir. Önemli olan

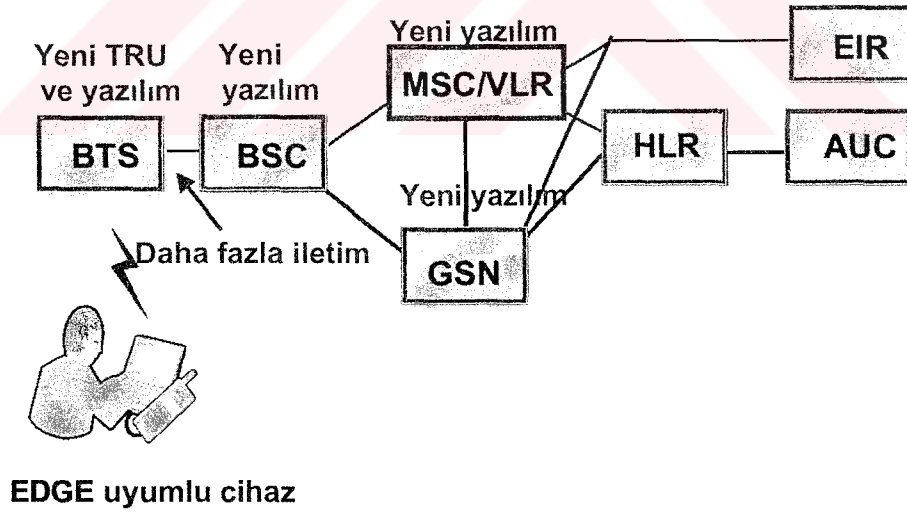
birbirleriyle haberleşirken IP adreslerinin kullanılmasıdır.

- BSS (Base Station System : Baz İstasyonu Sistemi) : Kullanıcıları çoklu kanallara listeleme ve atama işlemleri, mevcut BSC'ye PCU (Packet Combiner Unit : Paket Birleştirme Ünitesi) diye isimlendirilmiş yeni bir birim vasıtasıyla gerçekleştirilir. PCU, hem donanım hem de yazılımdan oluşan merkezi ve bölgesel bir işlemciden oluşmaktadır. Devre ve paket anahtarlama kanallarının tahsis edilmesini koordine eden fonksiyonlar da içerir. BTS'in yeni kanal kodlama şemalarını destekleyebilmesi için sadece yazılım yüklemesine ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2.5 EDGE

EDGE temel olarak GSM'de BTS ve BSC, TDMA'de de BS (Base Station : Baz İstasyonu) gibi şebekenin radyo erişim kısımlarına etki eder.

HSCSD ve GPRS, GSM'dekinin aksine birden fazla zaman diliminden faydalanarak yüksek oranlarda veriyi desteklemekte fakat modülasyon tekniği olarak GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying : Gaussian En Düşük Kaydırmalı Anahtarlama) kullanıldığından zaman dilimi başına yalnızca orta dereceli bir artış sağlanmaktadır.



Şekil 2.7 EDGE için şebekede gerekli olan değişiklikler

EDGE'de, 8-PSK (Eight Phase Shift Keying : 8 Faz Kaydırmalı Anahtarlama) modülasyon tekniğinin kullanılmasıyla birlikte mevcut sistemlerden daha yüksek oranlarda verinin desteklenebilmesi sağlanmıştır. Modülasyon tekniği olarak GMSK kullanılan GSM sistemlerinde zaman dilimi başına 69,2 kbit/s'lik veri oranı, 8-PSK tekniğinin kullanılmasıyla

birlikte 271 kbit/s'ye yükselmiştir.

Veri oranındaki bu artış, GSM şebeke mimarisindeki yeni gereksinimleri de beraberinde getirmiştir. Fakat GPRS ile birlikte tanıtılan yeni düğümler olan SGSN ve GGSN sayesinde şebekede sadece yazılıma ihtiyaç duyulmakta, donanım gerekmemektedir.

2.2.6 UMTS

WCDMA, önde gelen standartlaştırma örgütleri tarafından 3G sistemler için teklif edilmiş olan radyo erişim teknolojisidir. İyileştirme çalışmalarında bulunulmuş ve 2 GHz frekans bandında yayılması amaçlanmıştır. WCDMA/UMTS şebekesi aynı şebeke üzerinde yüksek bit oranları (384 Kbit/sn – 2 Mbit/sn) ile yeni internet tabanlı hizmetleri sağlayacak, başka bir tabir ile “çoklu hizmet şebekelerinin şebekesi” olacaktır. Ayrıca, devre anahtarlama (CS : Circuit Switched) ile paket anahtarlama (PS : Paket Switched), dar bantlı geniş bantlı, ses şebekesi ile veri şebekesi, sabit şebeke ve mobil şebeke gibi bir çok çeşit şebeke arasında devamlı büyüyen sayıdaki arabağlantıları da sağlayacaktır.

İlk aşamada UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access : UMTS Karasal Radyo Erişim) hava arabirimi, multimedya uygulamalarını sadece belirli sınırlar içerisindeki özel bölgelerde destekleyecektir. GSM 2+ çekirdek şebekeleri bu uygulamaları, GSM radyo şebekeleri ise ortam bant genişliği uygulamalarını destekleyerek katkıda bulunacaklardır. Çekirdek şebeke protokolleri her iki radyo erişim şebekesine de hizmet edecektir.

İkinci aşamada ise (2005) homojen UMTS şebekeleri, kompleks yapısı sayesinde gelişmiş ikinci nesil sistemlerle yer değiştirmeye başlayabilecektir. Bu yer değiştirme sonucunda boş çıkan GSM frekans bantları da ilerki aşamalarda UMTS iletiminde kullanılabilir.

3. Standartlaşma Çalışmaları

Dünya çapında mobil haberleşme için şu anda pekçok birinci ve ikinci nesil standart kullanılmakta, bu standartları kullanan sistemler de farklı kullanıcı grupları tarafından, farklı hareket kabiliyeti ve servis alanı talepleriyle birlikte farklı uygulamalar için kullanılmaktadır. Çoğu standart birbirleriyle uyumsuzdur ve ancak belirli ülkelerde veya bölgelerde kullanılabilir. GSM’le birlikte sadece birkaç sistem daha dünya çapında kullanıma uygundur. Bu durumları gözönünde bulundurarak üçüncü nesil sistemler arasındaki uyumluluğu garanti altına alabilmek için, üçüncü nesil standartlarının dünya çapında kullanıma elverişli konuma getirilmesi hedeflenmiştir. Genel hedef, tüm dünya üzerinde her kullanıcı için her an erişim sağlayabilmektir.

ITU (International Telecommunications Union : Uluslararası Telekomünikasyon Birliği), IMT-2000 “sistemlerin ailesi” yaklaşımıyla bu düşü gerçeğe dönüştürmeye çalışmaktadır.

3.1 ITU: IMT-2000

Uluslararası telekomünikasyon birliğinin ilk düşüncesi tek bir standart üzerine dayanan dünya çapında bir sistem yaratmaktır. Çalışmalarına 1986 yılında başladı. Fakat, birbirleriyle çekişme içinde olan farklı sistemleri tek bir standart altında toplamının pratik olarak mümkün olmadığı açık bir şekilde ortaya çıktı.

Birliğin temel rolü alternatif üçüncü nesil çözümlerinin bölgeler arasındaki birbirleriyle uyumu için katalizör görevi görmek ve genel iskelet yapısını desteklemektir. Her üçüncü nesil standartı için kılavuz niteliği taşıyacak olan IMT-2000 tarifnamesinden sorumludur. Bu yöndeki tüm teknolojik gelişmelere destek olmayı amaçlamıştır.

3.2 Radyo İletim Teknolojileri

Standartlaşma Gelişim Organizasyonları (SDO : Standardization Developing Organizations) isimli bölgesel standartlaşma heyetleri, birçok radyo iletim teknolojisini (RTT : Radio Transmission Technology) uluslararası telekomünikasyon birliği ITU’ye önermiştir. Aşağıda bölgelere göre sıralanmış olan organizasyonlar, üçüncü nesil standartlaştırması için çalışmaktadırlar:

- **Avrupa: ETSI** (European Telecommunications Standardization Institute : Avrupa Telekomünikasyon Standartlaştırma Enstitüsü)

- **Japonya:** **ARIB** (Association of Radio Industries and Business : Radyo Endüstrileri ve Ticaret Birliği) ile **TTC** (Telecommunication Technology Committee : Telekomünikasyon Teknoloji Komitesi)
- **Amerika:** **ANSI T1** (Standards Committee T1 of the American National Standards Institute : Amerikan Ulusal Standart Enstitüsü T1 Standart Komitesi) ile **TIA** (Telecommunication Industry Association : Telekomünikasyon Endüstri Birliği)
- **Güney Kore:** **TTA** (Telecommunications Technology Association : Telekomünikasyon Teknoloji Birliği)
- **Çin:** **CATT** (China Academy of Telecommunication Technology : Çin Telekomünikasyon Teknoloji Akademisi)

3.3 3GPP

3GPP⁶ (3. Generation Partnership Project : Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi), IMT-2000 standartlaşma aktivitelerini hızlandırmak için 1998 yılı sonlarında dünya çapında atılmış bir ilk adım olarak tanımlanabilir. Amacı, gelişmiş GSM çekirdek şebekeleri ve UTRA üzerine kurulmuş olan üçüncü nesil sistemler için teknik tarifnameler üretmektir. Üretilen bu tarifnameler Standartlaşma Gelişim Organizasyonları tarafından standartlara dönüştürülür ve yine organizasyonlar aracılığıyla sorumlu oldukları bölgede yayınlanır. Üçüncü nesil mobil sistemler ETSI metodunda olduğu gibi aşamalı bir yaklaşımla geliştirilmektedir. 3GPP şu ortaklardan oluşur: [1]

Organizasyon Ortakları:

- ETSI (Avrupa)
- ARIB/TTC (Japonya)
- ANSI T1 (Amerika)
- TTA (Güney Kore)
- CWTS (Çin)

⁶ 3GPP Home Page. Erişim:Aralık 16, 2001. [WWW dökümanı]. URL <http://www.3gpp.org>

Piyasa Temsilciliği Ortakları:

- UMTS Forum
- GSM Birliği
- Dünya Çapında Mobil Sağlayıcılar Birliği

Gözlemciler:

- TIA (Amerika)
- RTT (Çin)

3.4 UMTS Forum

UMTS forum⁷, aktif olarak hizmet veren ve UMTS'in geleceğini gören tüm operatörlerin ve imalatçıların, kar amacı gütmeyen bağımsız olarak kurdukları birliktir. UMTS'in başarılı bir şekilde gelişiminde gerekli olan bilgi paylaşımı için 3GPP'nin piyasa temsilciliği ortakları arasında yer alır.

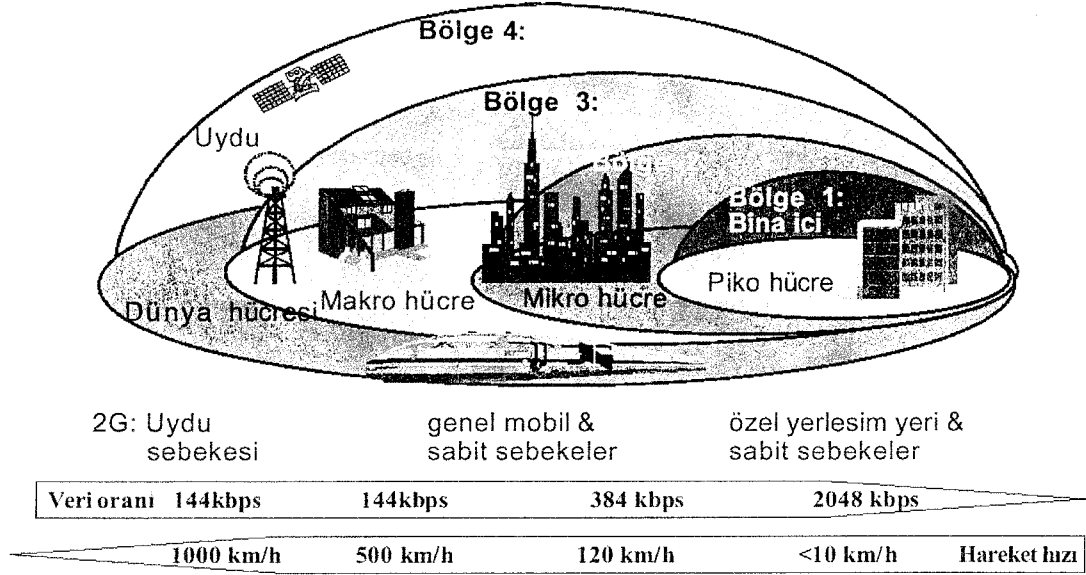
3.5 UMTS Frekans Tahsisi

UMTS forumun aktif olarak ilgili olduğu alanlardan biri de frekans spektrumu hesaplamaları için yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalar yoğun piyasa ve trafik modelleme analizlerini de içerir. Amaç, uzun zamandaki spektrum ihtiyaçlarını önceden kestirebilmek ve ona göre gerekli önlemleri alabilmektir. Üçüncü nesil sistemler için frekans tahsinin nasıl yapılmış olduğuna bakmadan önce UMTS kapsama alanlarına değineceğiz. [2]

3.5.1 UMTS Kapsama Alanları

UMTS, karasal ve uydu bağlantıları vasıtasıyla farklı çevrelerde genel bir kapsamanın sağlanması anlamına gelmektedir. Kullanıcıların kablosuz veya sabit hatlı özel şebekelerle kırsal bölgeler arasında, PLMN mikro ve makro hücreler üzerinden dolaşım yapabilmelerine en az sayıda haberleşme bağlantısı ile olanak sağlanması hedeflenmiştir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi uydu bağlantılarının kullanıldığı en dış bölge dışındaki tüm alanlarda kapsama UTRA ile elde edilmektedir.

⁷ UMTS Forum. Erişim:Aralık 16, 2001. [WWW dökümanı]. URL <http://www.umts-forum.org>



Şekil 3.1 Bölgelere göre UMTS kapsama alanları⁸

Bölgelere göre kullanılabilir olan veri oranı, kullanıcının hareket hızına ve bölgenin nüfus yoğunluğuna bağlıdır:

- **2048 kbit/s:** Ev içinde, ofislerde ve yüksek yoğunluğa sahip alanlarda yaya hızında;
- **384 kbit/s – 2048 kbit/s:** Şehir sınırları içinde 120 km/s'den düşük hızlarda;
- **144 kbit/s – 384 kbit/s:** Orta yoğunluktaki alanlarda ve kırsal kesimlerde 120-500 km/s arasındaki hızlarda;
- **144 kbit/s'ye kadar:** Dağ, deniz gibi yerleşim olmayan yerlerde 1000 km/s'e kadarki hızlarda ulaşılabilir.

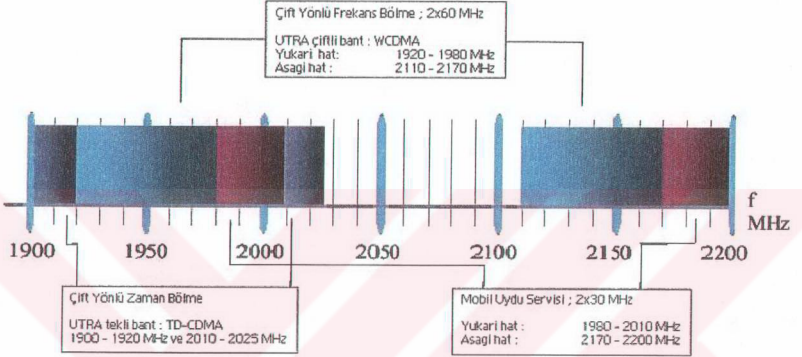
Orjinal frekans tahsisi ITU'nün hesaplamalarına dayanmaktadır ve Şekil 3.2'de frekans aralıklarıyla birlikte detaylı olarak gösterilmektedir. Fakat tüm ülkelerin, yapılmış olan bu atamaya uymadıkları yani bir noktada birleşmedikleri bilinmektedir. [3]

3.5.2 Avrupa Spektrumu

Piyasa talebine göre 2005 yılına kadar toplamda 155 MHz kullanılmaya müsait olacaktır. Karasal UMTS için tanımlanmış olan bantlar 1900 - 1980 MHz, 2010 - 2025 MHz ve 2110 –

⁸ Eurescom. Guidelines for UMTS Radio Access Network Design. Erişim:Aralık 18, 2001. [WWW dökümanı]. URL <http://www.eurescom.de/~public-web-deliverables/P900-series/P921/D2/index001017.html>

2170 MHz aralıklardır. 2005'ten sonra daha fazla spektrum uygun olabilecek ve bunun sonucunda daha fazla operatöre lisans verilebilecektir. İlave olan spektrum aynı zamanda mevcut operatörlere de tahsis edilebilecektir. DECT için kullanılan 15 MHz dışındaki tüm ITU spektrumunun kullanılmaya elverişli olması, karasal servisler için kullanılan 155 MHz dışında, UMTS uydu servisleri için kullanılacak 60 MHz'lik bir ilave getirecektir.



Şekil 3.2 Avrupa UMTS spektrumu

3.5.3 Asya Spektrumu

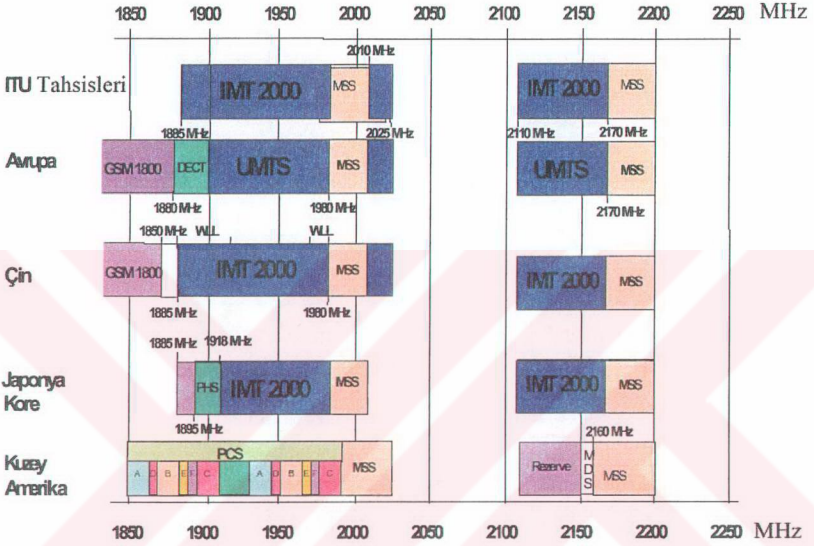
Asya devletlerinde yapılmış olan frekans tahsisleri Avrupa'dakilerle benzerlik göstermektedir. Çoğu ülke uygun olan çiftli veya çiftli olmayan bantları seçmekte, bu sebeplerden dolayı da Avrupa'yla aynı operatör senaryolarıyla karşılaşmaktadır.

3.5.4 Kuzey Amerika

Kuzey Amerika'da spektrum kullanımında farklı bir durum söz konusudur. PCS (Personal Communications Services : Kişisel Haberleşme Servisleri) sistemlerinin hayata geçmesiyle birlikte 1990 MHz'e kadar olan kısımda 2 x 15 MHz ve 2 x 5 MHz'lik bir bölünme oluşmuştur. Bu bölünme sonucu spektrumda meydana gelen farklılık, Avrupa, Japonya ve diğer bölgelerdeki IMT-2000 servisleriyle nasıl uyum içinde çalışılacağı konusunda kafalarda soru işaretleri yaratmaktadır.

Kuzey Amerika, PCS bantları içinde sadece 5'ten 15 MHz'e kadarki frekans bloklarını kullanabilir. Bu yüzden operatör başına 5 MHz'lik en düşük bant genişliği, standartları

korumak için önemli bir ihtiyaçtır. IMT-2000 spektrumunun 2110 – 2160 MHz arasındaki üst kısmı yalnızca UMTS için kullanılabilecektir. PCS bantları hali hazırda operatörlere lisanslanmıştır. Kanada, ileri tarihlerde yapacağı tahsisler için C ve E frekans bloklarını rezerve etmiştir. [4]



Şekil 3.3 Frekans spektrumu⁹

3.6 UMTS Lisansları

Çoğu ülkede çiftli bantlar için 2 x 60 MHz, tekli bantlar için ise 35 MHz lisanslama için müsaittir. UMTS 5 MHz'lik bir bant genişliğine ihtiyaç duymakta, bunun sonucunda 12 paket 2 x 5 MHz ve 7 paket 1 x 5 MHz sunulmaktadır. UMTS için çiftli bantlarda en az 3 paket, tekli bantlarda 1 paket gerekmektedir, bu da ülke başına en fazla 4 lisans anlamına gelmektedir. Buna karşılık ülkeler çiftli bantlarda 2 x 10 MHz, tekli bantlarda da 1 x 5 MHz kullanarak 5 veya 6 lisansa sahip olmak istemektedirler. Aşağıdaki çizelgede ülkelerin lisans sayıları ve durumları hakkında bilgiler verilmektedir.

⁹ 3G Spectrum. Erişim: Ocak 20, 2002. [WWW dokümanı]. URL http://www.3g-generation.com/3g_spectrum.htm

Çizelge 3.1 Ülkelere göre lisans durumları (Şubat 2002 tarihli)

Ülke	Verilmiş lisans / Toplam lisans	Yöntem	Veriliş Tarihi
Almanya	6 / 6	Açık arttırma	Haziran 2000
Avustralya	6 / 6	Açık arttırma	Mart 2001
Avusturya	6 / 6	Açık arttırma	Kasım 2000
Çek Cumhuriyeti	2 / 3	Açık arttırma	Aralık 2001
Danimarka	4 / 4	Teklif	Eylül 2001
Estonya	0 / 4	İhale	2002
Finlandiya	6 / 6	İhale	Mart 2000
Fransa	2 / 4	İhale	Mayıs 2001
Güney Afrika	0 / 5	Rekabetsiz	2002
Güney Kore	3 / 3	İhale	Aralık 2000
Hollanda	5 / 5	Açık arttırma	Temmuz 2000
Hong Kong	4 / 4	Gelir paylaşımı	Eylül 2001
İngiltere	5 / 5	Açık arttırma	Nisan 2000
İrlanda	0 / 4	İhale	Haziran 2002
İspanya	4 / 4	İhale	Mart 2000
İsrail	3 / 3	Açık arttırma	Aralık 2001
İsveç	4 / 4	İhale	Aralık 2000
İsviçre	4 / 4	Açık arttırma	Aralık 2000
İtalya	5 / 5	Açık arttırma	Ekim 2000
Jamaika	0 / 2	Açık arttırma	2002
Japonya	3 / 3	İhale	Haziran 2000

Kanada	5 / 5	Açık arttırma	Haziran 2001
Lüksemburg	0 / 3	İhale	2002
Norveç	3 / 4	İhale ile birlikte yıllık ücret	Aralık 2000
Polonya	3 / 4	İhale	Aralık 2000
Portekiz	4 / 4	İhale	Aralık 2000
Singapur	3 / 4	Açık arttırma (İptal edildi)	Nisan 2001
Slovakya	0 / 3	İhale	2002
Slovenya	1 / 3	Açık arttırma	Kasım 2001
Tayvan	0 / 5	Açık arttırma	2002
Türkiye	0 / 4	?	2003 ?
Yeni Zellanda	4 / 4	Açık arttırma	Haziran 2000
Yunanistan	3 / 4	Açık arttırma	Haziran 2001

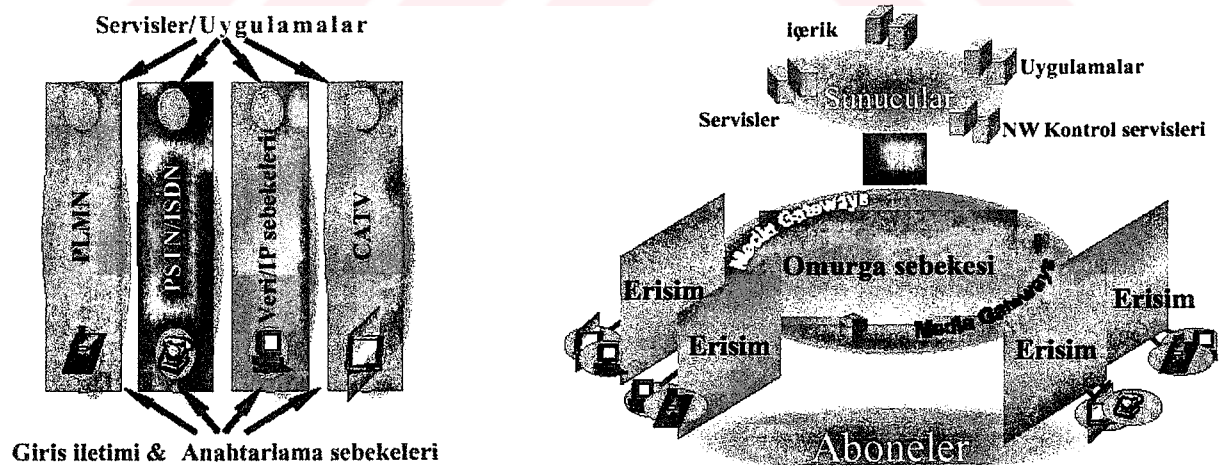
4. Çekirdek Şebeke

4.1 Katmanlı Mimari Yapısı : Yatay Katmanlaşma

Günümüz veri ve tele haberleşme sistemleri çok çeşitli şebekelerden meydana gelmektedir. Bu şebekeler, kendilerine özgü amaçlarda servis verebilmeleri için yüksek seviyelere göre dizayn edilmiş ve iyileştirilmişlerdir. Tek ve aynı şebeke elemanlarında farklı fonksiyonlarda (iletim, kontrol ve servis) birleştiklerinden ‘dikey bütünleşmiş şebekeler’ diye de isimlendirilmektedirler. (Şekil 4.1, sol kısım)¹⁰

Tarihsel sebeplerden dolayı bahsedilen dikey bütünleşmiş şebekeler içindeki sistemler, birbirlerinden bağımsız olarak gelişmiş ve bu yüzden de pek çok yönden farklılık göstermiştir.

Şekil 4.1’in sağ kısmındaki mimari, birtakım eksikliklerin üstesinden gelerek çoklu şebeke sistemini geliştirecek olan yapıyı temsil etmektedir. Çözüm, sistemlerin birbirlerinden bağımsız katmanlara ayrılarak şebekenin yataylaştırılması ve daha esnek bir model temeline dayanmaktadır. UMTS şebekesinin açık mimari yapısı, günümüz mevcut GSM sistemlerinden geleceğin teknolojisini oluşturacak olan sistemlere geçişin yumuşak ve istenilen şekilde olmasını garanti altına almaktadır.

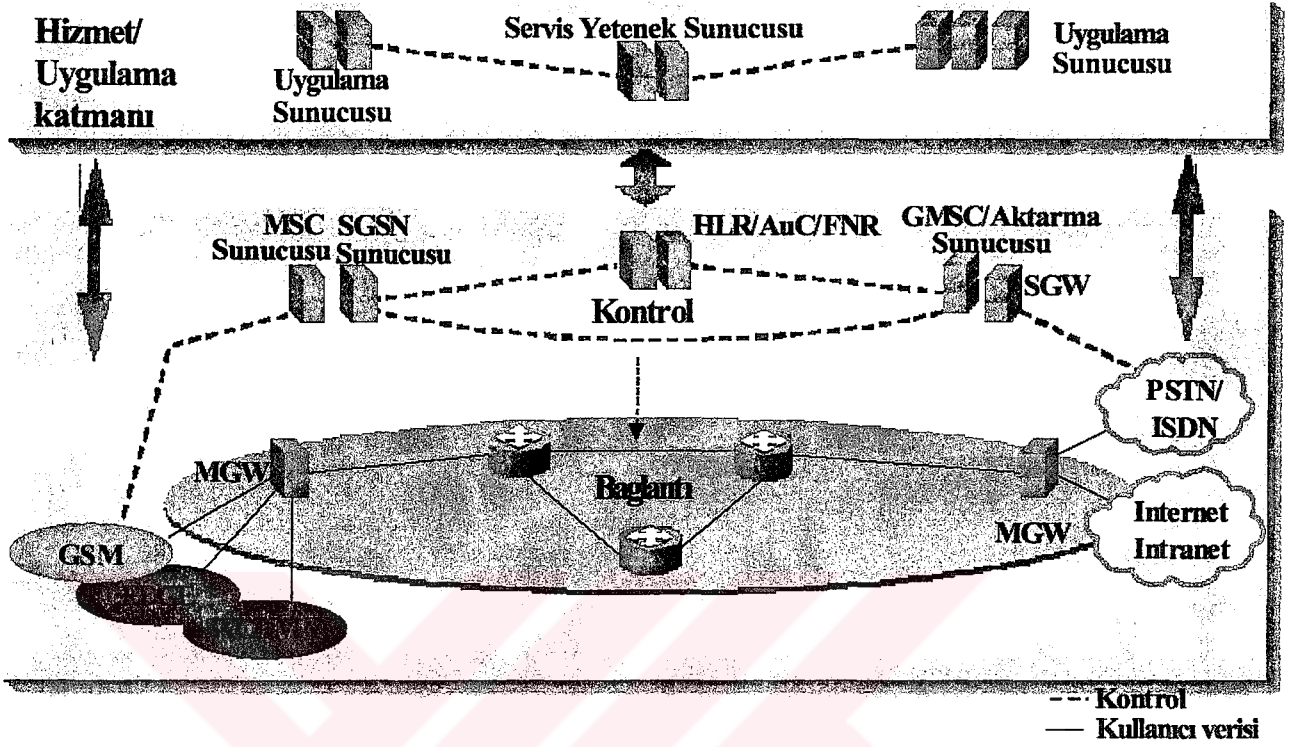


Şekil 4.1 Dikey ve yatay bütünleşmiş şebekeler

UMTS şebekesi temel olarak üç katmandan oluşmaktadır: Bağlantı katmanı, kontrol katmanı

¹⁰ Lars Jansson, a.g.e, s.54

ve uygulama katmanı. Çekirdek şebekesi kontrol ve bağlantı katmanlarını, hizmet şebekesi ise bu iki katmandan ayrılmış olarak üst kısımda bulunan uygulama katmanını içermektedir.



Şekil 4.2 Yeni şebeke mimarisi

Tüm servisler, bağlantı katmanını oluşturan aynı taşıma şebekesini kullanacaktır. Kontrol katmanı, çağrı kontrolü ve oturum yönetimi gibi özel servisleri destekleyecektir. Son katman olan uygulama katmanında ise her çeşit servis tarafından kullanılan genel uygulamalar mevcuttur.

4.1.1 Katmanlı Yapının Önemli Yararları

Günümüz telekom ve veri endüstrisinde kullanılan modern şebeke yapısının anahtar prensibi, şebeke fonksiyonelliğinin bağımsız katmanlara bölüştürülmüş olmasıdır. “Katmanlı” düşünce yapısı birçok büyük operatör ve üreticinin öncülüğünü yaptığı Çoklu Hizmetler Bağlaşma Form’u gibi birçok standartlaşma girişimcisinin ve endüstri formunun çok temel ve açık amacıdır.

Pazara erişim süresinde, düşük iyelik maliyetinde, açıklıkta ve “tamamen-IP” çözümleri üzerine gerçekleşecek gelecek evrimine ayrıca önem verilmektedir.

Karakteristik özellikler:

- Çok hızlı değişen iletişim dünyasında şu an ve gelecekteki talepleri birleştirecek yetenekteki açık ve çok yönlü mimariyi önerir.
- Büyümeyle ve/veya, trafik durumlarının değiştirilmesi ve trafiğin karıştırılmasıyla (devre ve paket) yakalama yapabilmek için doğal bir esneklik yaratır.
- Her katmanın ayrı olarak gelişmesine izin veren katmanlar arasındaki bağımsızlığı ve bunun bir sonucu olarak farklı teknolojik alanlara yayılan gelişimi sağlar.
- Kontrol veya hizmetler/uygulamalar katmanını etkilemeden yayılma için büyük bir taşıma esnekliği yaratır ve günümüzdeki ve yeni gelen farklı taşıma teknolojilerine izin verir.
- Çoğu hizmet şebekesinin aynı taşıma şebekesini paylaşması gibi, çoklu hizmetler şebekeleri için ortak taşıma düzenlemelerine izin verir.
- Ortak hizmet/uygulama katmanına erişimi bağımsız ve bağlantısız hizmetlerin gerçekleştirmesine izin verir.
- Şebeke kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlar;
 - Kod çözücü şebekenin köşesine yerleştirmek, iletim kaynaklarının kullanımı açısından çok daha verimlidir (geleneksel çözümlerle kıyaslandığında 6 kat daha iyi sonuç verir).
 - Cihazları merkezileştirmek daha büyük cihaz birliği yaratarak verimi sağlar.
 - Kullanıcı kaynaklarını paket ve devre modlu iletişim hizmetleri arasında paylaştırarak verim sağlar.
- Kanıtlanmış olan kararlı protokoller ve dizayn üzerinde çalışır.
- GSM alt yapısındaki yatırımların tekrar kullanım esnekliğine izin verir.

4.2 Yatay Katmanlaşmanın GSM/UMTS Çekirdek Şebekesinde Benimsenmesi –

Genel Prensipler

Katmanlaştırılmış çekirdek şebeke mimarisi, MSC ve SGSN'deki kontrol düzlemi fonksiyonlarını kullanıcı düzlemi fonksiyonlarından ayırmak suretiyle halen kullanılan

standart referans modelinden türetilmiştir. Böylece bu düğümler Şekil 4.2.'de gösterildiği gibi sunuculara ve medya geçitlerine döndürülür.

Mevcut MSC ve GSN'ler 2G'deki görevlerini yitirmeyecek, fakat genel şebeke çözümlerinin iyileştirme çalışmaları için farklı yollardan, birleştirilmiş 2G/3G altyapı sistemine katılabileceklerdir. Bu tür bir iyileştirme farklı şebeke görünüşlerini hedefler ve aşağıdaki basamakları içerir:

- Mevcut 2G düğümlerinde tamamıyla 3G fonksiyonlarının tedariki.
- 2G düğümlerinin genel bir 2G/3G iletim alt yapısına dönüştürülmesi.
- 2G ve 3G arasında hücreler içindeki geçişlerin desteklenmesi.

Bahsedilen bütünleşme basamaklarını farklı düğümlerde farklı şekillerde uygulamak mümkündür. Örneğin 3G fonksiyonlarının desteklenmesi için sadece bazı 2G düğümlerinde geliştirme işlemine ihtiyaç vardır. 2G ekipmanlarının yazılım ya da donanım şeklindeki modifikasyonları, arzu edilen bütünleşme seviyesine göre yapılır.

Herhangi bir GSM operatörü için UMTS'e geçiş normal şartlarda iki basamakta gerçekleştirilecektir. İlk adım, mevcut 2G MSC ve SGSN'lerindeki fonksiyonların mantıksal olarak hizmet (kontrol) ve ortam geçidi (bağlantı) kısımlarına ayrılmasını içerir. İkinci adımda ise MGW (Media GateWay : Ortam Geçidi) içerisine yeni bir donanım kurulur ve bu donanım geliştirilmiş 2G düğümlerindeki sunucu fonksiyonları ile kontrol edilir.

4.2.1 Bağlantı Katmanı

Zaman zaman kullanıcı düzlemi olarak da anılan bağlantı katmanı, kullanıcı veri ve sinyalleşme akışlarını yöneten dağıtılmış bir kaynaklar katmanı olarak da görülebilir. Kullanıcı düzlemi fonksiyonları, çekirdek şebekenin kenarlarına yerleştirilmiş olan GGSN ve MGW'ler tarafından idare edilir. Bunlar, ATM/IP ürünleriyle birlikte omurga şebekesini oluşturur. MGW'ler PLMN, PSTN ve ISDN'ler gibi diğer şebekelere erişimi sağlar. GGSN fonksiyonlarıyla birleştirildiklerinde IP şebekelerine de giriş yapabilirler.

4.2.1.1 MGW fonksiyonları

- Kodlama, şifre çözme, yankı engelleme, protokol dönüştürme,
- Duyurular, ton gönderme ve alma, konferans görüşmeler,

- Devre anahtarlama veri yönetimi,
- Paket veri yönetimi,
- ATM omurga anahtarları için erişim anahtarı sağlanması,
- Taşıyıcı bağlantılarının gerçekleştirilmesi işlemlerinden sorumludur.

MGW'ler, H.248 geçit kontrol protokolü (GCP : Gateway Control Protocol) üzerinden MSC ve SGSN sunucuları ile kontrol edilmektedir. Bir arama/oturum için ihtiyaç duyulan kaynaklar birçok MGW üzerine dağılmış olabilir ve bunun yanında özel bir sunucu tek ve aynı arama/oturum için birçok MGW'i kontrol edebilir. Devre modlu iletişim için kullanıcı verisinin işlenmesi, ilk olarak ISDN/PSTN sınırındaki MGW'e tahsis edilir. Bu işlem, kod dönüştürücülerin çekirdek şebekenin kenarına bağlanacağı ve iletim kaynaklarını tasarruflu kullanarak şebeke maliyetini önemli ölçüde düşüreceği anlamına gelmektedir. UTRAN sınırındaki MGW'lerin fonksiyonları temel olarak salt anahtarlama ve sırasıyla UTRAN'da ve çekirdek şebekede kullanılan taşıyıcı protokol/teknolojilerin birbiriyle değişmesiyle sınırlandırılmıştır.

4.2.1.2 GGSN Fonksiyonları

- MGW içinde veya WPP platformunda yerleşmiştir.
- IP'den IMSI'ye adres çevrimini gerçekleştirir.
- Paketlerin yönlendirilmesini sağlar.
- Kalite kontrolünden sorumludur.

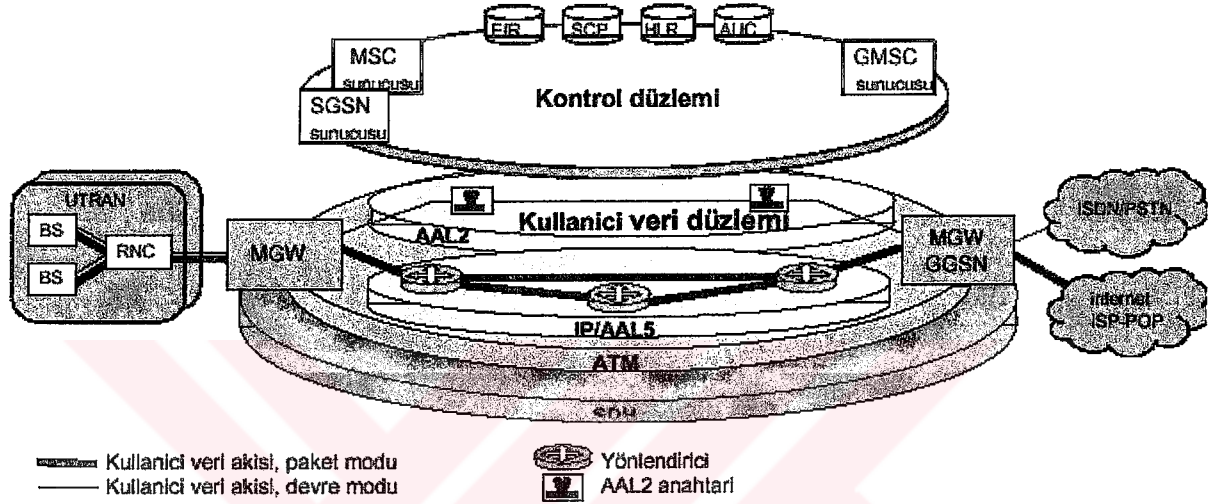
4.2.1.3 Taşıma Teknolojileri

Şebeke elemanlarını kullanıcı düzleminde birbirleriyle birleştirmek için farklı taşıma teknolojileri kullanılabilir. Çekirdek şebekenin kontrol düzlemi içerisinde devre anahtarlama ve paket anahtarlama için düzlemler mevcuttur. Bunlar genel bir taşıma omurgasını paylaşacaktır. Bu omurganın temel görevlerinden biri de verinin iletimi dışında ses kodlaması işlemi gibi verinin işlenmesidir.

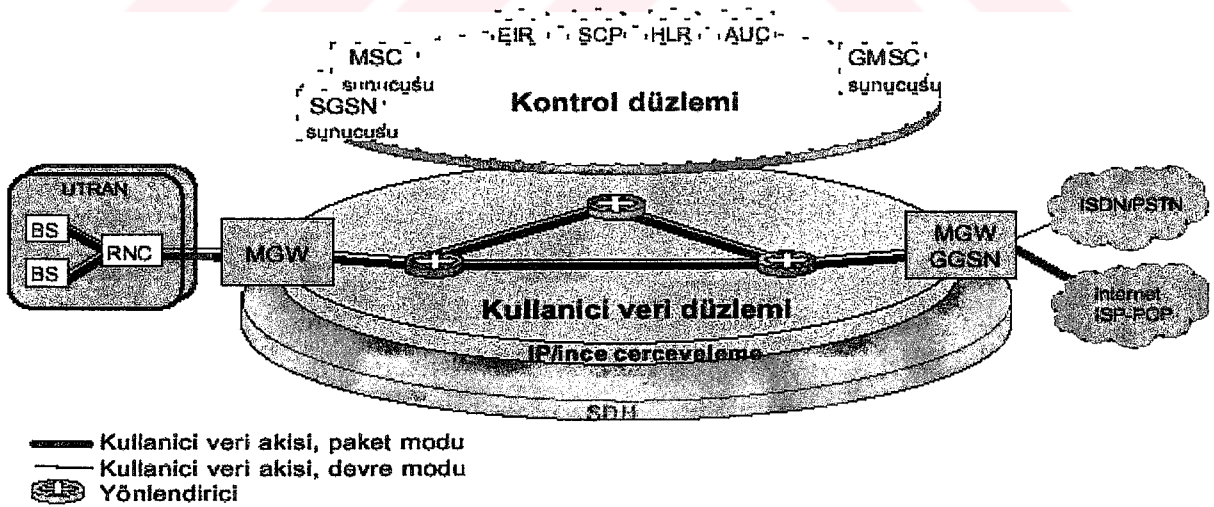
Ses iletimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli unsur iletimin mümkün olan en düşük bant genişliğinde gerçekleştirilmesi, bu sayede de veri iletimi için bant genişliğinden kazanılmasıdır. UMTS'te ses, 4.75 – 12.2 kbit/s arasında değişen 8 farklı modda sıkıştırma

yapabilen kodlama vasıtasıyla iletilir.

Şekil 4.3'de devre modlu iletişim için AAL2/ATM ve paket modlu iletişim için ise IP/AAL5/ATM kullanan genel bir ATM şebekesi örneği verilmiştir. Şekil 4.4'de ise SDH (Synchronous Digital Hierarchy : Senkronik Sayısal Hiyerarşi) üzerinden IP göndermekle görevlendirilmiş, hem paket hem de devre modlu haberleşmeyi taşıyan IP omurga şebekesi gösterilmektedir.



Şekil 4.3 AAL2/ATM/SDH kullanan devre modlu, IP/AAL5/ATM/SDH kullanan paket modlu haberleşme



Şekil 4.4 SDH üzerinden IP kullanan devre ve paket modlu haberleşme

4.2.2 Kontrol Katmanı

Kontrol düzlemi, çağrı veya oturum ve sinyalleşmenin kontrolünü sağlar. Farklı türdeki çok

sayıda şebeke sunucusu ve veri tabanına ev sahipliği yapar. İki adet ana düğüme sahiptir : MSC ve SGSN sunucuları.

4.2.2.1 MSC Sunucusu Fonksiyonları

- Çağrı kontrolü – tele servisler, taşıyıcı servisler, ilave servisler
- Mobilite yönetimi, örneğin hücreler arası geçiş ve operatörler arası dolaşım anlaşmaları
- Ücretlendirme kontrolü

4.2.2.2 SGSN Sunucusu Fonksiyonları

- Oturum yönetimi
- Mobilite yönetimi
- Ücretlendirme kontrolü

Diğer düğümler:

HLR (Home Location Register) : Dahili Konum Sicili :

HLR, mobil haberleşme için şebeke veri tabanıdır. Bütün özel mobil abone verilerini tutar ve bu verilerin yönetimini, hizmetlerin kontrolünü ve abonelerin kendi ana PLMN içinde veya dışındaki dolaşım sırasında abonelerin hizmetlerine erişim ve elde etme gibi durumları sağlar. HLR, GSN'lerle, MSC'lerle ve diğer şebeke elemanlarıyla MAP protokolü aracılığıyla haberleşir.

AUC (Authentication Center) : Kimlik Doğrulama Merkezi :

Kimlik doğrulama merkezi, abonelerin belirli özelliklerini güvenli saklamak için gerekli fonksiyonları içerir. AUC ayrıca belgeleri oluşturmada ve abone özelliklerinde veri tabanının şifrelenmesinde gerekli algoritmaları da bünyesinde bulundurur. Verinin şifrelenmesi ve doğrulama AUC tarafından ihtiyaç doğrultusunda gerçekleştirilir ve sistemin izinsiz kullanımına karşı şebekeleri, kullanıcıları ve operatörleri korumak amacıyla farklı şebeke elemanlarınca kullanılır.

FNR (Flexible Number Register) : Esnek Numara Sicili :

FNR, son kullanıcı verisini içeren güncel şebeke veri tabanından olan son kullanıcı

özelliklerini birleştirmek için gerekli çevirim fonksiyonlarını uygun hale getirir. Bu çevirim fonksiyonları son kullanıcı sayısının büyümesi gibi sonuçlarla karşılaşarsa bazı şebeke veri tabanlarını kolayca yeniden konfigüre edebilir. Bir idareden diğerine geçildiği zaman, son-kullanıcıya özelliklerini koruma olanağını tanır.

EIR (Equipment Identity Register) : Ekipman Kimlik Sicili :

EIR, mobil istasyon ekipmanlarının durum bilgisini taşıyan bir şebeke veri tabanıdır. EIR, MAP protokolü ile PLMN'e erişimi sağlayan şebeke elemanları gibi (MSC ve SGSN sunucuları) elemanlarca mobil istasyon cihazının herhangi bir nedenden dolayı sicilinin temiz olup olmadığından emin olmak için sorgulanır.

4.2.3 Uygulama Katmanı

Uygulama katmanı, son kullanıcı uygulamalarının en çok gerçekleştiği katmanın basitleştirilmiş bir özeti olarak anılabilir. Bu uygulamaların büyük bir bölümü şebekede, bir kısmı terminallerde bir kısmı da özel uygulama sunucularında gerçekleştirilir. Uygulamalar çok basit sonradan müşteri-sunucu çözümlerinden çok karmaşık uygulamalar olan çoklu interaktif son sistemleri, şebekeler, medya, iletişim modelleri vb. kadar geniş bir değişim gösteren aralık içerisinde gerçekleşir. Yeni uygulamaların gelişmesini kolaylaştırmak ve teşvik etmek için dizayn edilmiş güçlü cihazlar ve mekanizmalar (WAP, SIM Uygulama Cihazı Seti vb.) kullanılmaktadır.

Uygulama katmanı, hizmet şebekesini oluşturmaktadır. Bu hizmet şebekesi içindeki servis yetenek sunucuları, özel bir uygulama için ihtiyaç duyulacak olan hizmet yeteneklerini görüşmek için, çekirdek şebeke içerisindeki kaynaklar ve uygulama sunucularıyla ara yüzey oluşturmaktadır.

Servis yetenek ve uygulama sunucularının çekirdek şebeke dışında konuşlanmış olmaları; operatörler arası hizmetlerin ayırt edilebilmesini, son kullanıcılar arası hizmetlerin kişiselleştirilmesini ve farklı şebekeler arası hizmetlerin bir noktada birleştirilmesini sağlamaktadır.

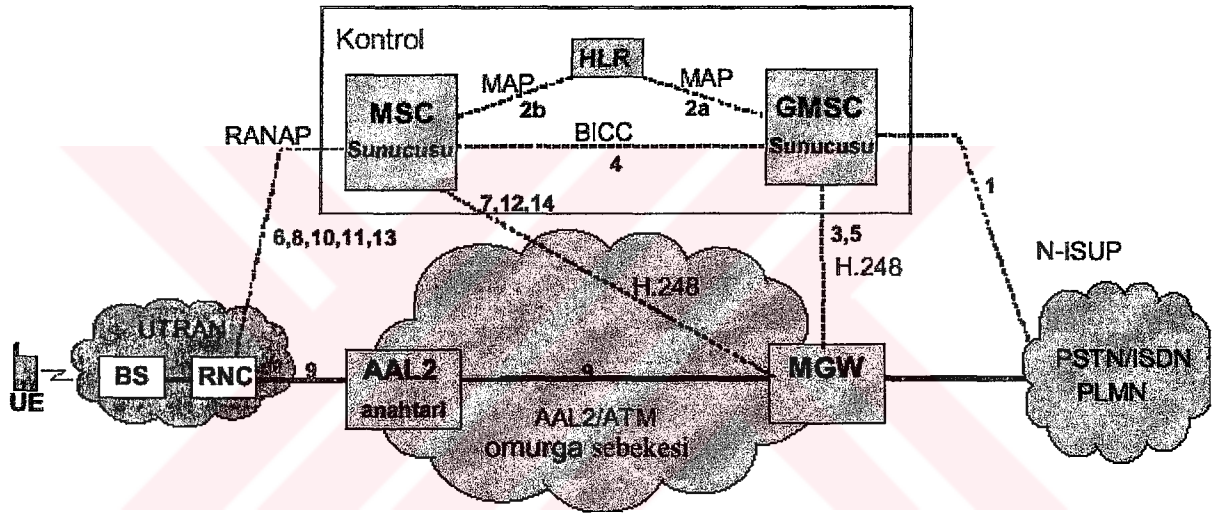
4.3 Katmanlı Yapıda Trafiğin Yürütülmesi

Sunucu/Medya geçidi mimarisi içindeki bölünmüş kontrol ve kullanıcı düzlemi fonksiyonlarıyla çağrı/oturum yürütülmesi işleminin daha rahat anlaşılabilmesi açısından dört adet trafik durumu şekil üzerinde izah edilecektir. Bu trafik durumları, bağlantının çekirdek

8. Aktarma sunucusu tarafından kontrol edilen kaynaklar MGW'den talep edilir.
9. Seçilen PSTN anahtarına doğru yapılacak olan çağrı düzenlemesi aktarma sunucusu tarafından başlatılır.
10. Aktarma sunucusu tarafından kontrol edilen ekipmanların kesintisiz bağlantısı MGW tarafından düzenlenir. Bu işlem MGW yönündeki zinciri tamamlamış olur.

4.3.2 Mobil Sonlandırılmalı Çağrı

Benzer bir şebekede bu sefer PSTN telefondan mobil istasyona doğru olan çağrının izlediği yol takip edilecektir.



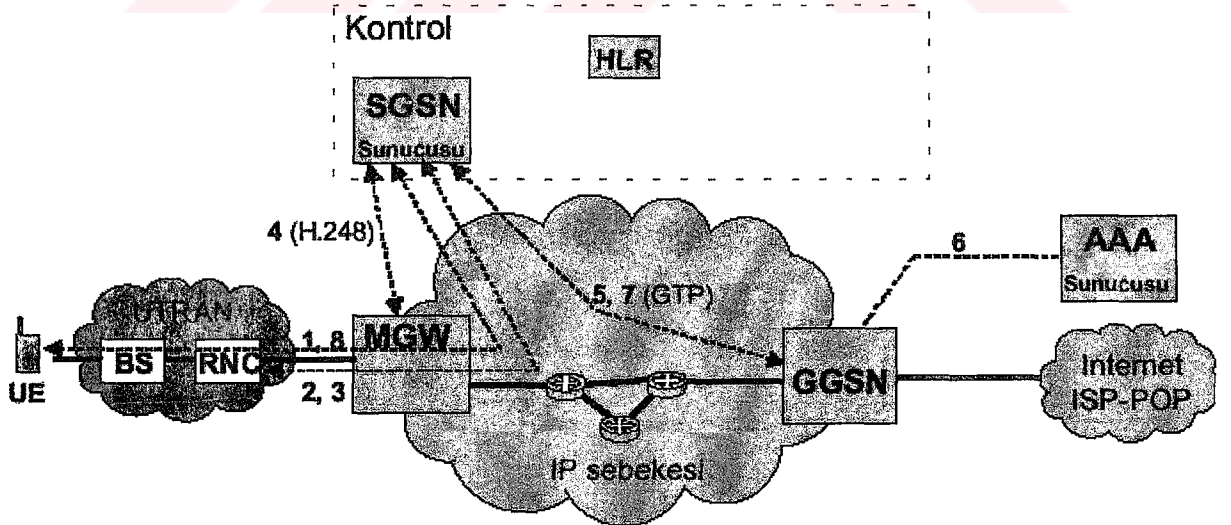
Şekil 4.6 Mobil sonlandırılmalı çağrı

1. PSTN tarafından çağrı yapılması doğrultusundaki istek GMSC sunucusunda alınır.
2. GMSC, bağlantı kurulmak istenen mobil istasyonun hangi MSC altında olduğunu HLR üzerinden sorgular.
3. GMSC sunucusu tarafından kontrol edilen kaynaklar seçilen MGW'de reserve edilir.
4. MSC sunucusu yönündeki çağrı düzenlemesi GMSC sunucusu tarafından başlatılır.
5. GMSC sunucusu tarafından kontrol edilen ekipmanların kesintisiz bağlantısı MGW tarafından düzenlenir.
6. Bağlantı kurulmak istenilen mobil istasyonun bulunduğu gruba doğru yapılan arama talebi, MSC sunucusu tarafından RNC'ye gönderilir.

7. MSC sunucusu tarafından kontrol edilen kaynaklar seçilen MGW'de reserve edilir.
8. MSC sunucusu RNC'ye radyo erişim taşıyıcısının kurulmasını emreder.
9. RNC ve PSTN ile arabirim oluşturan MGW arasındaki kullanıcı düzlemi kurulur.
10. RNC, MSC sunucusuna MGW ile arasındaki kullanıcı düzleminin kurulumunun gerçekleştirildiğini bildirir.
11. MSC sunucusu, mobil istasyon tarafından aranılan grubun alarımının başladığına dair uyarılır.
12. MSC sunucusu MGW'ye aranılan gruba zil tonunu göndermesini emreder.
13. Aranılan gruptan cevap alınır.
14. MSC sunucusu tarafından kontrol edilen ekipmanların kesintisiz bağlantısı MGW tarafından düzenlenir.

4.3.3 PDP-Kontekst Aktivasyonu

PDP (Packet Data Protocol – Paket Veri Protokolü) kontekst aktivasyonu, harici bir IP şebekesine bağlanma prosedürüyle benzer aşamaları içermektedir. Mobil abonelerin kimlikleri birer IP adresiyle birleştirilecektir.



Şekil 4.7 PDP kontekst aktivasyonu

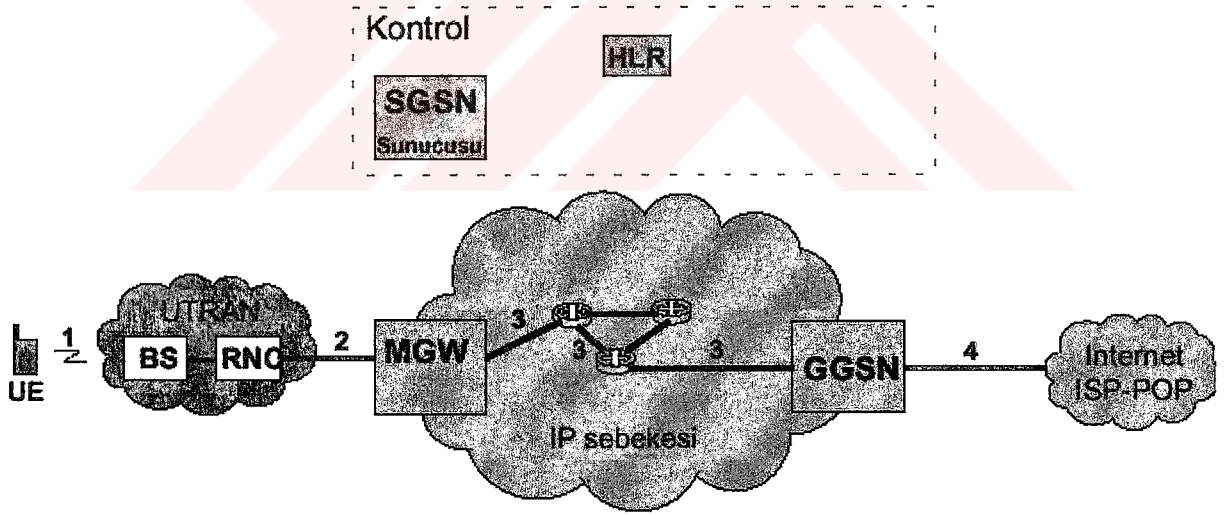
1. Aktif bir PDP kontekst isteği UE tarafından SGSN sunucusuna gönderilir.

2. SGSN sunucusu RNC'den radyo erişim taşıyıcısını kurmasını talep eder.
3. GTP tüneli içeren bir radyo erişim taşıyıcısı RNC ve MGW arasında kurulur ve SGSN'e onay gönderilir.
4. SGSN sunucusu MGW'den GTP tüneli transfer noktası ve GGSN'den bir GTP tüneli yaratmasını talep eder.
5. PDP konteksti yaratılması isteği SGSN sunucusundan GGSN sunucusuna gönderilir.
6. GGSN sunucusu AAA sunucusundan bir adet IP adresi talep eder.
7. GGSN, PDP konteksti yaratılması yanıtını SGSN sunucusuna geri gönderir.
8. Aktif PDP konteksti yanıtı UE tarafından SGSN sunucusuna gönderilir.

Kurulan bağlantı, bir sonraki örnek olan paket gönderimi için hazırlanmıştır.

4.3.4 Paket Gönderimi

Mobil tarafından gönderilen paketlerin izlediği yol aşağıdaki Şekil 4.8'de izah edilmiştir.



Şekil 4.8 Yukarı hat yönünde paket gönderimi

1. PDU (Packet Data Unit – Paket Veri Ünitesi) UE tarafından gönderilir.
2. Gönderilen PDU, RNC'den MGW'ye doğru GTP-U tüneli üzerinden iletilir.
3. PDU, çekirdek şebeke GTP-U tüneli üzerinden GGSN'e iletilir.
4. PDU, Internet/ISP-POP'a iletilir.

5. Radyo Şebekesi

Bu bölümde üçüncü nesil radyo erişim şebekesi olan WCDMA RAN ve WCDMA tekniği üzerinde durulacaktır. Çoklu erişim teknikleri olan frekans bölmeli çoklu erişim (FDMA – Frequency Division Multiple Access), zaman bölmeli çoklu erişim (TDMA – Time Division Multiple Access) ve geniş bant kod bölmeli çoklu erişim (WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access) arasındaki temel farklar gösterilecek, yayılma spektrumu avantaj ve dezavantajlarından bahsedilecektir. Güç kontrolünün neden gerekli olduğu izah edilecek ve hücreler arasındaki farklı geçiş senaryoları açıklanacaktır.

5.1 WCDMA Tekniği

5.1.1 WCDMA Önemli Özellikleri

Radyo erişim şebekesinin UMTS servisi gereksinimlerini esnek ve verimli bir şekilde karşılayabilmesi için bir takım nitelikleri destekleyebilmesi gerekmektedir. WCDMA bu ihtiyaçlarla başa çıkabilecek yetenektir.

WCDMA radyo arabiriminin bazı özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

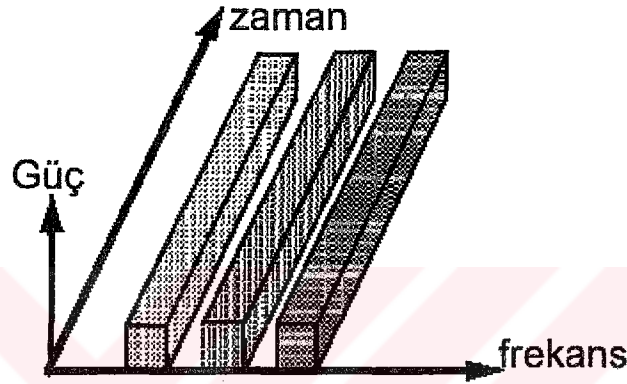
- Yüksek veri oranlarında iletimin desteklenmesi. Geniş alanlarda 384 kbit/s, yerel alanlarda ise 2 Mbit/s'lik kapsama. Bu orana 5 MHz'lik toplam bant genişliğinde ulaşılabilir.
- Yüksek servis esnekliği. Örneğin her bağlantıda çoklu taşıyıcıların değişken veri oranlarının desteklenmesi.
- Verimli güç kontrolü. Sinyallerin karışmasını azaltarak kapasitenin artırılmasını ve iletim gücünü azaltarak pil ömrünün artırılmasını sağlar.
- Hızlı ve verimli paket erişimi.
- Artan kapasite ve kapsama ihtiyacını karşılayabilecek teknoloji. Örneğin uyumlu antenler, gelişmiş alıcı ve verici yapıları.
- GSM'e geçiş de dahil olmak üzere, hiyerarşik hücre yapılarıyla çalışabilmek için dahili frekanslar arası geçişin desteklenmesi.
- Asenkronize baz istasyonlarının desteklenmesi.

5.1.2 Çoklu Erişim Teknolojileri

Mevcut sistemler ve WCDMA arasındaki farkı kavrayabilmek için, çoklu erişim teknolojileri olan FDMA, TDMA ve CDMA üzerinde kısaca durmak faydalı olacaktır.¹¹

5.1.2.1 FDMA – Frekans Bölmeli Çoklu Erişim

Frekans bölmeli çoklu erişim tekniğı genel olarak birinci nesil sistemlerde kullanılmaktadır. Mevcut spektrum eşit bant genişliğindeki fiziksel kanallara bölünmektedir.



Şekil 5.1 FDMA – Frekans Bölmeli Çoklu Erişim

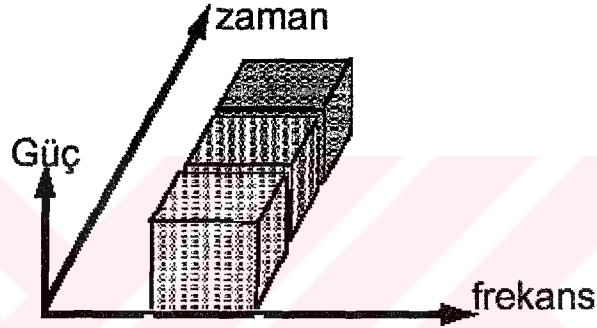
Bir fiziksel kanal, bir kullanıcıya tahsis edilmektedir. Modifiye edilmemiş FDMA sistemlerinde kullanıcı başına düşen farklı ses/veri/sinyalleşme iletimleri, farklı frekanslar üzerinden aynı zamanda yapılabilmektedir. Görüşme süresince bir kullanıcıya atanmış olan fiziksel kanal, o süre zarfında başka kullanıcılar tarafından kullanılamamaktadır. Görüşme bittikten sonra aynı fiziksel kanal sıradaki kullanıcı için uygun konuma geçmektedir. Özetleyecek olursak FDMA, sürekli bir iletim için dar bant genişliği kullanılan, frekans bakımından dikey bir yapıya sahip olan ve zaman bazında senkronizasyona ihtiyaç duyulmayan bir sistemdir. [5]

5.1.2.2 TDMA – Zaman Bölmeli Çoklu Erişim

Zaman bölmeli çoklu erişim tekniğinde mevcut spektrum zaman dilimlerine bölünmektedir. Kullanıcıya bir zaman dilimi tahsis edilir ve görüşme süresi boyunca o zaman dilimini sadece

¹¹ Technology – NTT Docomo R&D FDMA/TDMA. Erişim: Mart 24, 2002. [WWW dökümanı]. URL http://www.nttdocomo.co.jp/corporate/rd/tech_e/mult02_e.html

kendisi kullanır. TDMA’de bir fiziksel kanal, bir zaman dilimi olarak tanımlanır ve kullanıcı bu fiziksel kanala periyodik olarak erişebilir. Ses, veri ve sinyalleşme gibi kullanıcı bilgileri bölümlere ayrılır ve zaman dilimi üzerinden parça parça gönderilir. Herbir zaman diliminin yüksek frekanslı olarak iletimi “patlama” (burst) olarak adlandırılır. Bir zaman dilimi süresi milisaniyeler mertebesinde. TDMA’de komşu zaman dilimlerinin üst üste binmesini engellemek için zamanlama çok önemlidir. Büyük hücrelerden oluşan hücresel sistemlerde, patlama iletiminden kaynaklanan zaman gecikmeleri problem teşkil etmektedir. Mobil istasyon ve baz istasyonu arasında kusursuz bir senkronizasyona ihtiyaç vardır. Zaman dilimleri arasındaki koruma periyotları (guard period), komşu zaman dilimlerinin birbirlerine karışmasını engellemektedir.



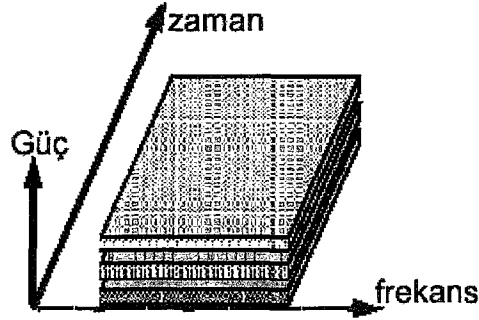
Şekil 5.2 TDMA – Zaman Bölmeli Çoklu Erişim

Özetlemek gerekirse TDMA’de senkronizasyon, arttırılmış bant genişliği ve arttırılmış güç mevcuttur. İletme ve alma işlemleri sürekli olmayan bir yapıya sahiptir ve hücre içinde zamanla dikey bir yapı vardır.

5.1.2.3 CDMA – Kod Bölmeli Çoklu Erişim

Kod bölmeli çoklu erişim tekniği sayısal sistemlerde kullanılmakta ve onun sayesinde aynı anda birçok kullanıcı aynı frekansı kullanabilmektedir. Bir hücredeki tüm kullanıcıların aynı frekansı kullanması, gönderilen bilginin kendisine mi yoksa başkasına mı ait olduğunun saptanması ihtiyacını oluşturmaktadır. Düz sıra kod bölmeli çoklu erişimde (DS-CDMA)¹² her kullanıcıya ait bilgi özel ve tek bir kodla birlikte yayılmaktadır. [6]

¹² Technology – NTT Docomo R&D Principles of DS-CDMA. Erişim: Mart 24, 2002. [WWW dökümanı]. URL http://www.nttdocomo.co.jp/corporate/rd/tech_e/mult05_e.html



Şekil 5.3 CDMA – Kod Bölmeli Çoklu Erişim

CDMA aynı zamanda “Spektrum Yayılma Teknolojisi” olarak da bilinmektedir. 1940’lı yıllardan beri kullanılmakta olan eski bir teknolojidir. 1940’larda güvenlik sebepleri bakımından genel olarak askeri birlikler tarafından kullanılmıştır.

CDMA üç ayrı sınıfa bölünebilir: TH-CDMA (Zaman Hoplamalı CDMA – Time Hopping CDMA), FH-CDMA (Frekans Hoplamalı CDMA – Frequency Hopping CDMA) ve DS-CDMA (Düz Sıra CDMA – Direct Sequence CDMA). TH-CDMA’nın FH-CDMA’den farkı, bilgi taşıyan işaretin sürekli bir şekilde değil kısa patlamalarla iletilmesi ve bu patlamaların zamanına, yayılan kodların karar vermesidir. FH-CDMA’da ise kullanılmakta olan yayılan kodlara göre, bilgi taşıyan işareti ileten taşıyıcı frekans sürekli bir şekilde değişmektedir. ETSI referansı doğrultusunda WCDMA modülasyonu olarak TH-CDMA ve FH-CDMA kullanılmamakta, sadece DS-CDMA kullanılmaktadır.¹³

5.1.3 Spektrum Yayılması Avantaj ve Dezavantajları

WCDMA’de spektrum yayılma teknolojisinin kullanılmasıyla birlikte bir takım avantaj ve dezavantajlar elde edilmektedir. [7]

Birçok avantaj arasından bir kısmını özetleyecek olursak:

- Geniş bantlı iletim, frekans seçici karışma ve kaybolmalara karşı az duyarlı olma avantajına sahiptir.
- Spektrumun güç yoğunluğu birkaç kez arttırılmıştır ve arka plandaki yoğun gürültüye rağmen bilgi iletimi halen mümkündür.

¹³ Qualcomm CDMA Technologies. Erişim: Mart 26, 2002. [WWW dökümanı]. URL http://www.cdmatech.com/about_cdma/index.html

- Radyo şebekesi planlama, FDMA veya TDMA kullanan diğer şebekelerle kıyaslandığında daha kolaydır çünkü tüm mevcut frekanslar tüm hücrelerde kullanılabilir.
- Her taşıyıcının her hücrede kullanılabilmesi ihtimali yüzünden spektrum bakımından çok elverişlidir.
- Aynı zamanda bağlanabilecek olan kullanıcı sayısını kısıtlayan sabit bir kapasite sınırı yoktur. Temel kısıtlama, diğer abonelerden kaynaklanan karışmanın seviyesindeki artmada yapılmaktadır.
- Hücreler arasında yumuşak bir geçiş yapılabilmesi önemli avantajlardan biridir. Bahsedilen bu yumuşak geçiş daha detaylı olarak incelenecektir.

WCDMA kullanımıyla birlikte gelen dezavantajlar ise:

- Mobil istasyonlar tarafından baz istasyonuna iletilen veri oranları eşit olduğu takdirde, güç seviyeleri de eşit olmak zorundadır. Bu sebepten dolayı sürekli olarak hızlı güç kontrolüne ihtiyaç duyulmaktadır.
- Hücreler arası yapılan yumuşak geçişlerde birden fazla hücrenin kaynakları kullanıldığından sistem kapasitesi azalmaktadır.

5.2 Yayılma Temelleri

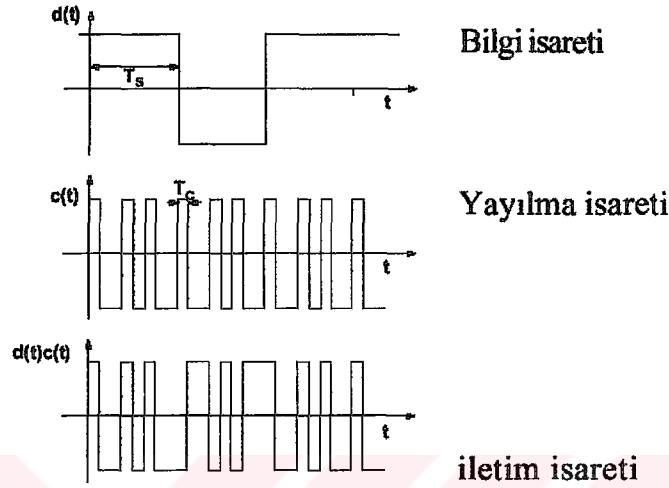
5.2.1 Kod İle Yayılma

Yayılma işleminin ana hatları üzerinde durmak için bir takım temel özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Bir bitlik bilgi sayısal olarak “1” veya “0”, analog olarak ise “-1” veya “1”dir.
- Kullanıcı bilgisi yayılma kodu ile çarpıldıktan sonra küçük parçalara ayrılır ve o şekilde yayılır. Sistemin chip oranı (chip rate) 3.84 Mchip/s değerinde sabittir ve işaret 5 MHz’lik bant genişliği içerisinde yayılır.¹⁴

¹⁴ Wideband Code Division Multiple Access. Erişim: Mart 30, 2002. [WWW dökümanı]. URL <http://stuweb.ee.mtu.edu/~wong/wcdma.htm>

- Yayılma faktörü (SF-Spreading Factor), chip oranı ve sembol oranı arasındaki orantıdan oluşmaktadır. Bu değer aynı zamanda yayılma kazancına da eşittir.
- Bilginin hava ortamında yayılmasının sürdürülmesi aynı kodla sağlanır. Yani kullanıcı ekipmanı ve baz istasyonunda aynı kodlar kullanılır.



Şekil 5.4 Düz sıra yayılma spektrumu işaretleri

Bilgi değişik aboneler tarafından gönderildiğinde, abonenin o anda faydalandığı servise göre farklı veri oranlarında iletim yapılmaktadır. Aşağıdaki çizelgede sabit chip oranında farklı veri oranı ve yayılma faktörleri gösterilmektedir. [8]

Çizelge 5.1 Sabit chip oranında farklı veri oranları ve yayılma faktörleri

Kullanıcı Veri Oranı (kbit/s)	Yayılma Faktörü (SF)	Chip Oranı (Mbit/s)
15	256	3,84
30	128	3,84
60	64	3,84
120	32	3,84
240	16	3,84
480	8	3,84
960	4	3,84

Veri akışını sağlayabilmek için belirli bir güce ihtiyaç vardır. Veri oranı ve güç seviyesi arasında da değişmez bir ilişki vardır. Buna göre, veri oranı oranı arttıkça güç seviyesi de yükselmektedir. Chip oranı sabit olduğundan, veri oranı yüksek olduğu durumlarda yayılma faktörü daha düşük değerler almaktadır. WCDMA'deki en önemli karakteristik özelliklerden

biri, “güç”ün ortak olarak paylaşılan kaynak olmasıdır.

WCDMA, farklı veri oranlarına ihtiyaç duyulan hizmetleri yürütmede oldukça esnek bir yapıya sahiptir. Radyo kaynaklarının yönetimi, karışma sınırının aşılmamasına dikkat edilerek her kullanıcıya güç tahsisi yapılmasıyla gerçekleştirilir.

5.2.2 Yayılma Kod Grupları

WCDMA, iki ana grup altında toplanabilecek olan iki tip kod kullanmaktadır.

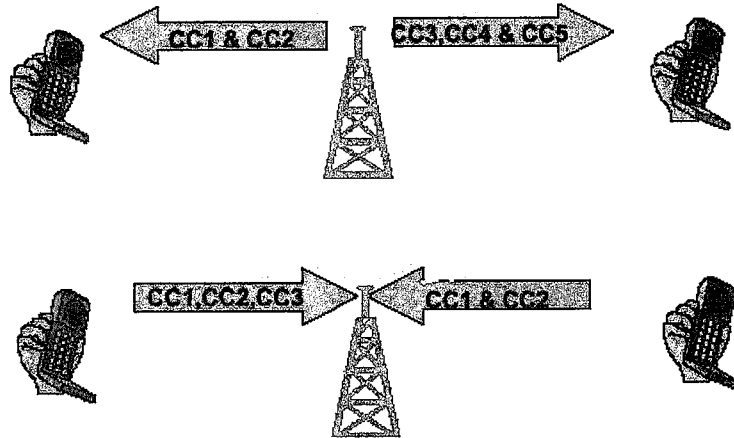
- Dikey değişken yayılma faktörü kodları – OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Codes)
- Sözde gürültü kodları (Pseudo Noise Codes)

Abone bilgileri, OVSF ve sözde gürültü kodlarıyla çarpılarak ortamda yayılırlar.

5.2.3 OVSF Kodları

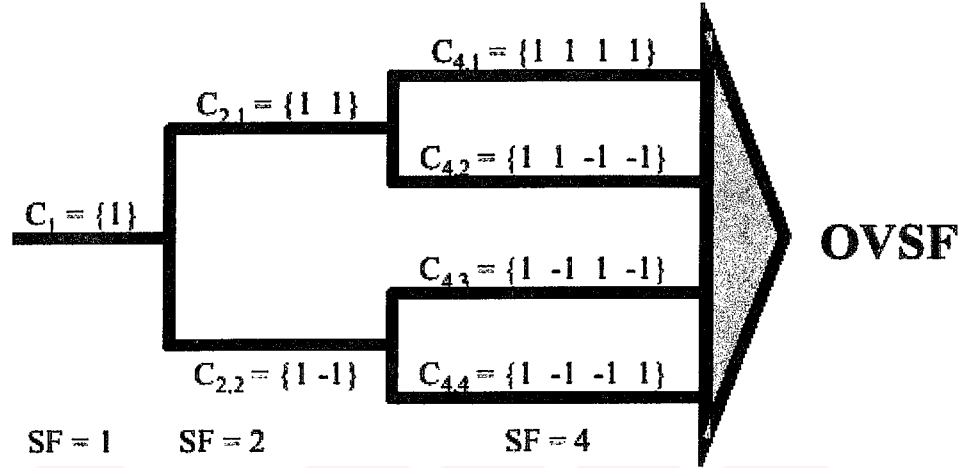
OVSF kodları(Channelisation kodları olarak da geçmektedir) genel amaç olarak çok kullanıcı bir kaynaktan yapılacak olan iletimin kanal ayrımı için kullanılmaktadır. Kodlar, farklı kullanıcılar arasındaki karışmayı en aza indirmek için dikey özelliklere sahiptir. OVSF kodlarına örnek olarak Walsh kodları diye anılan kısa kodlar gösterilebilir.

Aşağı hat yönünde kullanılan OVSF kodları, aynı baz istasyonundan gelen veri kanallarını ayırt etmek için, yukarı hat yönünde kullanılanlar ise aynı mobil istasyondan gelen veri kanallarını ayırt etmek için kullanılır. [9]



Şekil 5.5 OVSF kodları

OVSF kodları Şekil 5.6’da gösterilen kod ağacı yardımıyla tanımlanabilir. Ağaç, her dala bir önceki daldaki kodu yanyana iki kere ve bir önceki daldaki kod ile o kodun tersini yanyana yazarak oluşturulur. Görüleceği üzere her komşu daldaki kodların baş kısımları aynı, son kısımları ise birbirinin tersidir.¹⁵



Şekil 5.6 OVSF kodları için kod ağacı

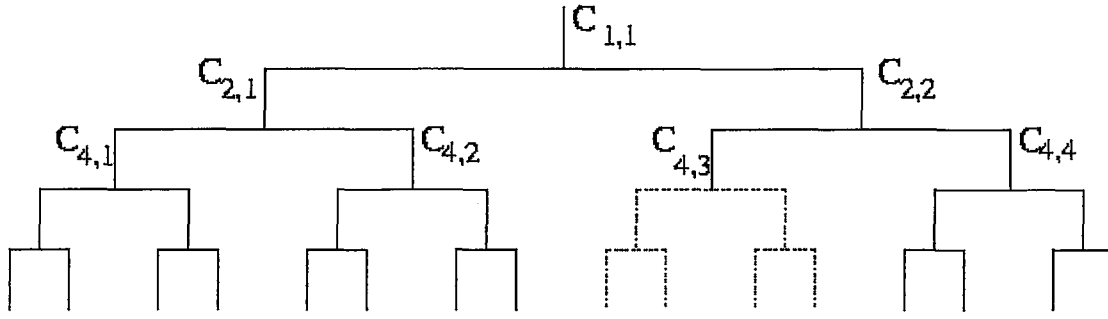
Kod ağacındaki her seviye farklı bir yayılma faktörünü (SF-Spreading Factor) tanımlamaktadır. Örneğin SF:4 iken, çizelge 5.1’den de görüleceği gibi 3.84 Mchip/s’lik sabit chip değerinde her daldaki kullanıcı veri oranı 960 kbit/s olacaktır.

İletimi sağlarken, “tek” bir kaynaktan kullanılacak olan OVSF kodları için bir takım kısıtlamalar mevcuttur. Fiziksel kanal tarafından kullanılan bir kodun alt dallarında bulunan kodlardan hiçbirisi başka bir kanala tahsis edilemez¹⁶. Şebeke içerisinde, baz istasyonu ve kullanıcı ekipmanı arasında aşağı hat yönünde kullanılan OVSF kodları RNC tarafından kontrol edilir.

Şekil 5.7’de gösterilen örnekte $C_{4,3}$ kodu seçilmiş olup ayrılma süresi boyunca altında bulunan kodların hiçbirisi başka bir kanal tarafından kullanılamayacaktır. [10]

¹⁵ MPRG LOGO. Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) Codes. Erişim: Mart 31, 2002. [WWW dökümanı]. URL http://www.ee.vt.edu/~yufei/wcdma/yash_airinterf/sld016.htm

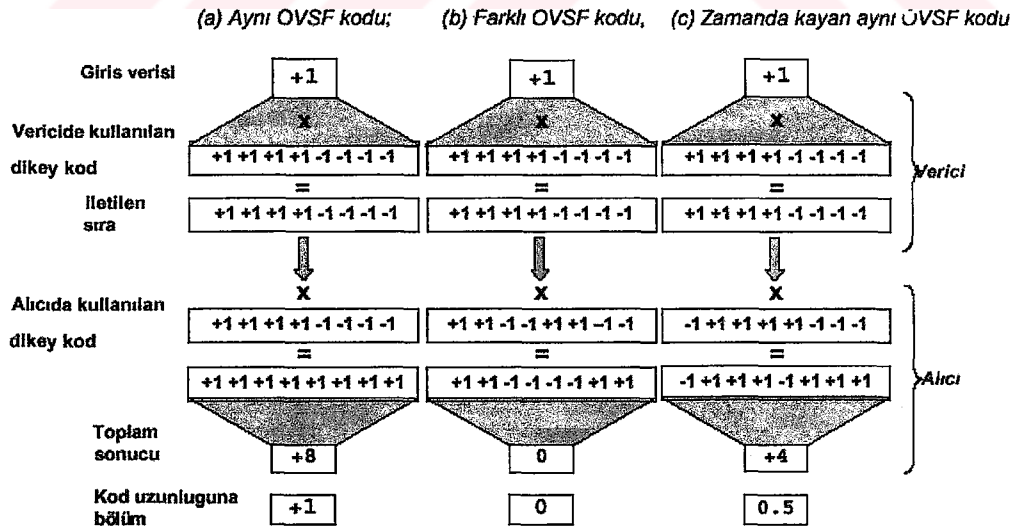
¹⁶ Benoit Pelletier. Orthogonal Variable Spreading Factor Codes. Erişim: Mart 31, 2002. [WWW dökümanı]. URL <http://www.tsp.ece.mcgill.ca/wireless/OVSF.html>



Şekil 5.7 Kod ağacı kısıtlamaları

5.2.3.1 Dikeylik ve Çapraz İlişki

Dik olan iki vektör birbirleriyle çarpıldıkları zaman sonuç “0” olacaktır. Bu, kodlanan bilginin sadece doğru dikey kodla tekrardan hatasız bir şekilde elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Karışma da bu şekilde engellenmiş olur. OVFS kodları, değişik veri oranlarında çalışsalar bile, kullanıcıların farklı fiziksel kanalları arasındaki dikeyliği muhafaza eder. Böylece tek bir fiziksel kanal, farklı veri oranlarındaki bir çok servisi taşıyabilmektedir. Veri oranı isteği değiştikçe bu fiziksel kaynak için tahsis edilmiş güç miktarı yeniden ayarlanmakta, böylece kurulmuş olan bağlantının her anı için hizmet kalitesi garanti altına alınmış olmaktadır.

Şekil 5.8 Dikey OVFS kodu örneği¹⁷

¹⁷ Lars Jansson, a.g.e, s.154

Şekil 5.8’de farklı durumlardaki OVFSF kodları için bir örnek gösterilmiştir.

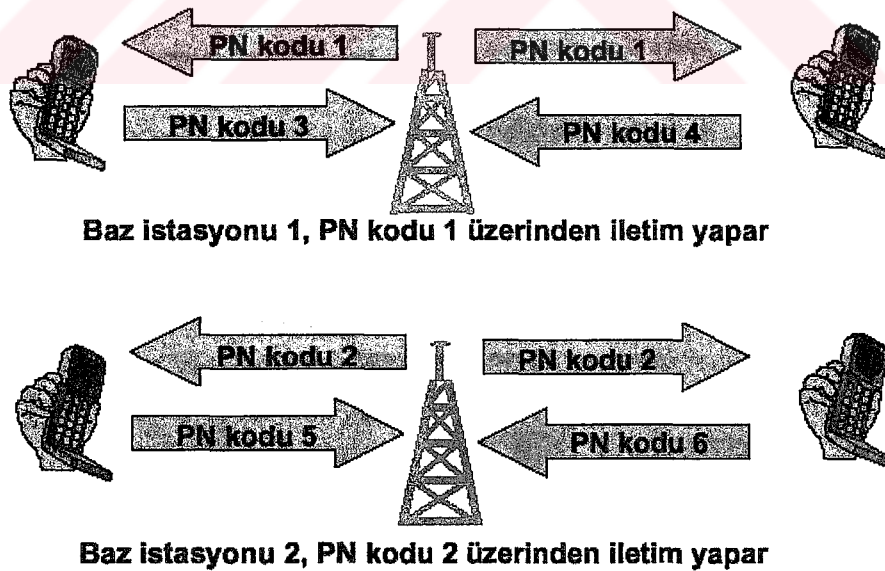
İlk senaryoda (a), hem vericide hem de alıcıda aynı OVFSF kodu kullanılmıştır. Bunun sonucunda en yüksek ilişkilendirme değerine (100%) ulaşılır ve alıcıda gönderilmiş olan bilginin aynısı alınır.

İkinci senaryoda (b) farklı OVFSF kodları kullanılmıştır. Dikeylik özelliklerinden dolayı en düşük ilişkilendirme değeri elde edilir.

Üçüncü ve son senaryoda (c) ise aynı OVFSF kodu kullanılmış fakat zamanda kaydırma yapılmıştır. Neticeden de anlaşılacağı gibi bu kodlar zaman bazındaki kaydırmalara çok duyarlıdır ve sonuç kestirilemez. Bu sebepler yüzünden kodlar için mükemmel bir senkronizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

5.2.4 Sözde Gürültü Kodları (PN – Pseudo Noise)

Farklı vericiler arasındaki veri akışını ayırt edebilmek için, OVFSF kodlarından sonra özel ikili kod gruplarından bir kodla çarpma işlemi gerçekleştirilir. Aboneye o anda başka kimse tarafından kullanılmayan özel bir kullanıcı ekipmanı/baz istasyonu kimliği veren bu kodlara Sözde Gürültü (PN) veya kimi zaman Altın Kodlar (Golden Codes) denilir.



Şekil 5.9 Sözde Gürültü (PN) kodu üretimi

PN kodları (Scrambling kodları olarak da geçmektedir), kendileri arasında ne olursa olsun faz kaydırma gerçekleştirebilecek şekilde, birbirleriyle yüksek ilişkili olarak üretilmektedir. Bu özellik “otomatik ilişkilendirme” olarak bilinmektedir. Fakat diğer taraftan bakacak olursak,

iki PN kodu arasındaki ilişkilendirmenin sonucu düşük bir değer almakta ancak sıfır “0” olmamakta, sonucunda da WCDMA şebekesinde karışmaya sebebiyet vermektedir. Bu özellik de “çapraz ilişki” olarak bilinmektedir. Sonuç olarak PN kodları, çoklu iletim kaynakları arasında iyi bir ayırma sağlamakta, fakat farklı kodların ilişkilendirilmesi sonucu ortaya çıkan karışma, bu ayırma işlemini mükemmel olarak tanımlamamızı engellemektedir.

Tüm vericiler aynı frekans üzerinde olduğundan frekans planlamasına ihtiyaç duyulmamakta, ancak benzer PN kodları arasında yeterli bir ayırma işlemi gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu kodlarla ilgili yapılan tüm ayarlama işlemleri “PN kodu planlama” olarak isimlendirilebilir.

PN kodları Walsh-Hadamard kodları, Altın kodlar, S-Kasami kodları, L-Kasami kodları ve VL-Kasami kodları gibi bir çok kod grubuna bölünebilir¹⁸. WCDMA’de kullanılan uzun kodlar, Altın kodlar ailesindeki uzun kodlardır.

Yukarı hat yönünde 2^{24} adet PN kodu bulunmaktadır. [11] Hem kısa hem de uzun kodlar yukarı hat için kullanılabilir. Kısa kodlar tipik olarak baz istasyonunun karışma yok edici veya çoklu kullanıcı tespit edici gibi gelişmiş alıcılarla donatıldığı hücrelerde kullanılır. Kısa PN kodlarıyla birlikte, farklı fiziksel kanallar ve kullanıcılar arasındaki çapraz ilişki özellikleri, zaman içerisinde uzun kodların kullanılmasıyla aynı değişimi göstermez. Karışmayı azaltıcı özelliklerinden dolayı, uzun kodlar kısa kodlara oranla daha çok tercih edilmektedir¹⁹.

5.2.5 Modülasyon

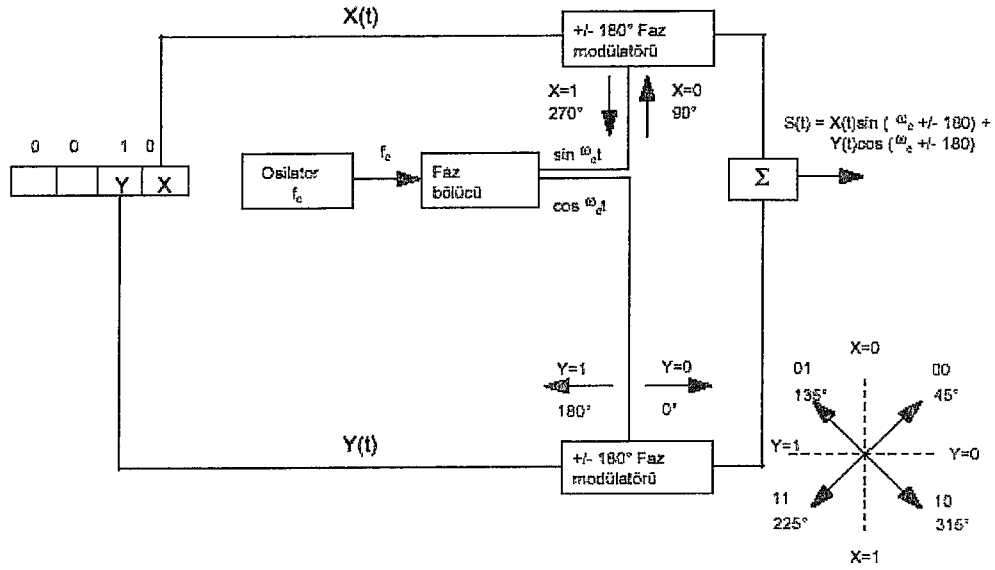
WCDMA’de modülasyon tekniği olarak QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama) kullanılmaktadır. QPSK üretmenin en kolay metodu Şekil 5.10’da gösterildiği gibi iki faz modülatörünü paralel olarak çalıştırmaktır.

İlk bitin $\cos w_c t$ sonraki bitin ise $\sin w_c t$ ile modüle edilmesiyle, faz kaydırmanın etkisine 90° ’nin katları olarak ulaşılabilir. Sonuç olarak iki ayrı sayısal veri akışı olan $X(t)$ ve $Y(t)$ paralel olarak modüle edilmiştir ve çıkışta elde edilen veri oranı, modülasyon oranının iki katıdır. Çıkış değerleri 45° , 135° , 225° ve 315° ’lerinde dört farklı fazda yer alabilir. Bu

¹⁸ Circuits Systems. Spread Spectrum Techniques. Erişim:Nisan 5, 2002. [WWW dökümanı]. URL <http://cas.et.tudelft.nl/~glas/ssc/techn/techniques.html>

¹⁹ Benoit Pelletier. CDMA Technology. Erişim:Nisan 5, 2002. [WWW dökümanı]. URL <http://www.tsp.ece.mcgill.ca/wireless/cdma.html#O-CDMA>

modülasyon tekniğine QPSK yani Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama denmesinin sebebi de budur.



Şekil 5.10 QPSK modülatörü blok diyagramı

5.2.6 Kod Özellikleri

Çizelge 5.2 WCDMA’de kullanılan kodların özellikleri

Tür	Altın Kodlar	OVSF	Yukarı hat, Kompleks Değerli Altın Kod Parçası(Uzun) veya Kompleks Değerli Kısa Kod	Aşağı Hat, Kompleks Değerli Altın Kod Parçası
Uzunluk	256 chip	4-512 chip	38400 chip	38400 chip / 256 chip
Süre	66.67 µs	1.04 µs - 133.34 µs	10 ms	10 ms / 66.67 µs
Kod Sayısı	1 temel kod / 16 ikincil kod	= yayılma faktörü 4 ... 256 Yukarı hat, 4 ... 512 Aşağı hat	16.777.216	Herbir temel kod için 512 temel / 15 ikincil kod
Yayılma	Yok. Bant genişliğini değiştirmez	Var. Bant genişliğini artırır.	Yok. Bant genişliğini değiştirmez	Yok. Bant genişliğini değiştirmez
Kullanım Amacı	Terminallerin, hücrelerin temel kontrol kanallarına senkronize olmalarını ve konumlarının belirlenmesini sağlamak	Yukarı Hat: Aynı terminalden gelen fiziksel veri ve kontrol verisinin ayrılması. Aşağı Hat: Aynı hücrede farklı terminallere yapılan bağlantıların ayrılması	Terminallerin ayrılması	Sektörlerin ayrılması

5.3 Çift yönlü Frekans Bölme – FDD (Frequency Division Duplex)

5.3.1 FDD Kanal Yapısı

5.3.1.1 DCH (Dedicated Channel) : Tahsis Edilmiş Kanal

DCH, tahsis edilmiş bir iletim kanalıdır. Şebeke ve kullanıcı ekipmanı arasında kontrol veya kullanıcı bilgisini hem aşağı hem de yukarı hat boyunca taşımak için kullanılır. Tercihe göre tüm hücre veya hücrenin sadece bir kısmı üzerinden iletilir. DCH, her 10 ms’de bir gerçekleşen hızlı oran değişimi olasılığı, hızlı güç kontrolü ve kullanıcı ekipmanlarının doğal adreslenmesiyle tanımlanabilir.

5.3.1.2 BCH (Broadcast Channel) : Yayın Kanalı

BCH, sistem ve özel hücre bilgilerini aşağı hat yönünde yaymak için kullanılan iletim kanalıdır. Düşük olarak sabitlenmiş veri oranıyla birlikte tüm hücre üzerinden yayılmaktadır.

5.3.1.3 FACH (Forward Access Channel) : İleri Erişim Kanalı

FACH, sistemin kullanıcı ekipmanının konumunu bildiği durumlarda kullanıcının kontrol bilgisini taşımak için aşağı hat yönünde kullanılan iletim kanalıdır. FACH aynı zamanda küçük kullanıcı paketlerini de taşıyabilmektedir. Kullanılan antenin yapısına göre tüm hücre veya hücrenin bir kısmı üzerinden iletebilir. FACH yavaş güç kontrolü kullanır ve kullanıcı ekipmanlarının bant içinde tanımlanmasına ihtiyaç duyar.

5.3.1.4 PCH (Paging Channel) : Çağrı Bildirme Kanalı

PCH, kullanıcı ekipmanının hangi hücrede olduğunu bilinmediği durumlarda kontrol bilgisini taşımak için sistemin aşağı hat yönünde kullandığı iletim kanalıdır. PCH her zaman tüm hücre üzerinden iletilir ve kullanıcı ekipmanlarının bant içinde tanımlanmasına ihtiyaç duyar. Verimi arttırmak için PCH iletimi, fiziksel katman sinyalinin iletimiyle birleştirilmektedir.

5.3.1.5 RACH (Random Access Channel) : Raslantısal Erişim Kanalı

RACH, kullanıcı ekipmanından gelen kontrol bilgisinin yukarı hat yönünde taşınması için kullanılan iletim kanalıdır. Sürekli olarak tüm hücre üzerinden alınır ve kullanıcıların kısa paketlerini de taşıyabilmektedir.

5.3.1.6 Fiziksel Kanallar

Fiziksel bir kanal, süper çerçeveler, radyo çerçeveleri ve zaman dilimlerinin biraraya gelerek oluşturduğu üç katmanlı bir yapıdan meydana gelmektedir. Fiziksel kanalın sembol oranına bağlı olarak radyo çerçeveleri ve zaman dilimlerinin konfigürasyonları değişim gösterebilmektedir.²⁰

- Süper çerçeve : 72 adet radyo çerçevesinden oluşur ve 720 ms'lik bir süreye sahiptir. Süper çerçeve sınırları SFN (System Frame Number : Sistem Çerçeve Numarası) ile tanımlanır.
- Radyo çerçevesi : 15 zaman diliminden oluşur.
- Zaman dilimi : Bilgi sembolü gruplarından meydana gelir. Zaman dilimi başına düşen sembol sayısı fiziksel kanala bağlıdır.
- Sembol : Belirli sayıdaki chiplerden oluşur. Sembol başına düşen chip sayısı, fiziksel kanalın yayılma faktörüne eşittir.

- **DPDCH** (Dedicated Physical Data Channel uplink – Yukarı Hat İçin Tahsis Edilmiş Fiziksel Veri Kanalı) :

DPDCH, yukarı hat için tahsis edilmiş olan toplam iki fiziksel hattan biridir. Atanmış olan veriyi taşımak için kullanılır. 0, 1 veya daha çok sayıda yukarı hat DPDCH'i olabilir. [12]

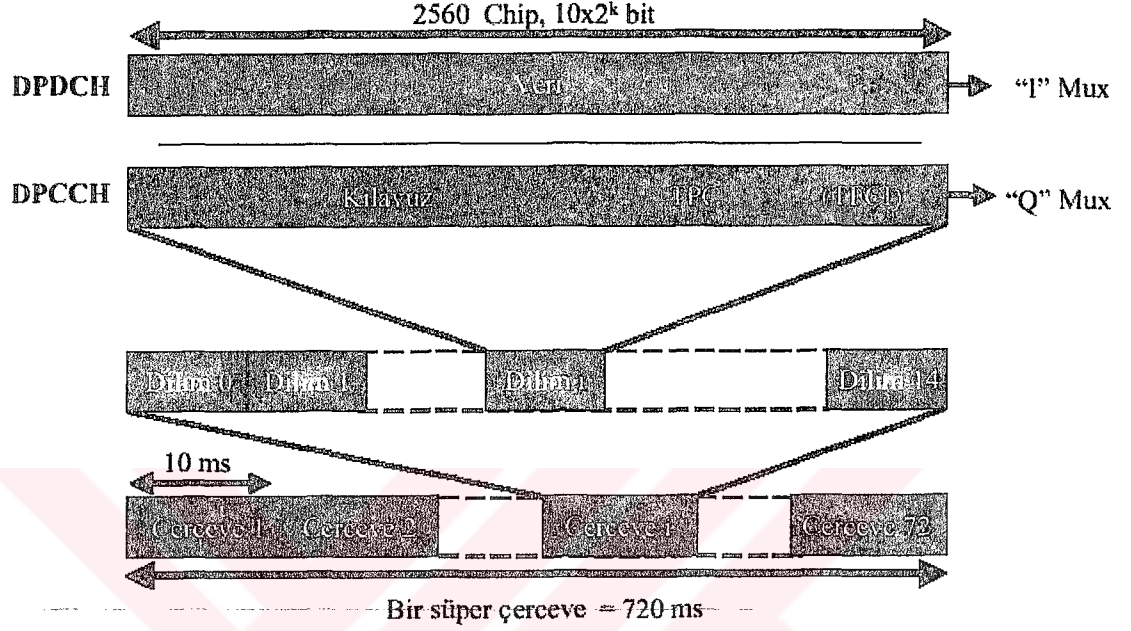
- **DPCCH** (Dedicated Physical Control Channel uplink - Yukarı Hat İçin Tahsis Edilmiş Fiziksel Kontrol Kanalı) :

DPCCH, kontrol bilgisini taşımak için kullanılır. Kontrol bilgisi, güç kontrolü komutlarının (TPC – Transmit Power Control) ve geri besleme bilgisinin (FBI – Feedback Information) iletimi için kılavuz bitlerden oluşmaktadır. Tercihe bağlı olarak iletim formatında kombinasyon göstergesi de (TFCI – Transport Format Combination Indicator) içerebilmektedir. TFCI, alıcıyı yukarı hat DPDCH üzerinde çoğullanan farklı iletim kanallarının anlık parametreleri konusunda bilgilendirmek için kullanılmaktadır. Aynı çerçeve içerisinde iletilen veriye karşılık gelmektedir.

DPDCH ve DPCCH, her radyo çerçevesi içinde I/Q kod çoğullayıcısından geçirilir.

²⁰ WCDMA. Erişim:Nisan 12, 2002. [WWW dökümanı]. URL <http://www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf>

Şekil 5.11’de tahsis edilmiş fiziksel kanalların çerçeve yapısı gösterilmektedir. Her çerçeve, uzunluğu 0.667 ms olan 15 zaman dilimine bölünmüştür. Bir çerçevenin uzunluğu 10 ms’dir ve bir güç kontrol periyoduna karşılık gelmektedir²¹. Tek bir süper çerçeve 72 ardışık çerçeveden oluşur. Dolayısıyla uzunluğu 720 ms’dir. [13]



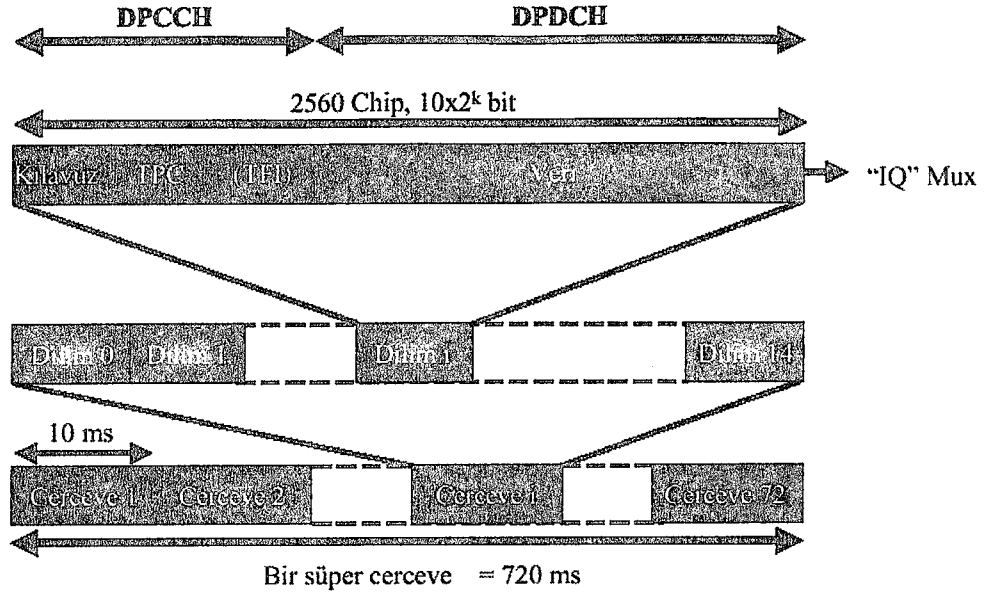
Şekil 5.11 Yukarı hat DPDCH ve DPCCH için çerçeve yapısı

- Aşağı hat DPCH (Downlink Dedicated Physical Channel – Aşağı Hat İçin Tahsis Edilmiş Fiziksel Kanal)

Aşağı hat için sadece bir adet tahsis edilmiş kanal vardır. Kılavuz bitleri, TPC komutları ve tercihe göre TFCI’den oluşur. Aşağı hat DPDCH ve DPCCH’in zaman bazında birleştirilmiş versiyonu olarak düşünülebilir.

DPCCH alanları, DPDCH alanları için kullanılan kodların aynısını kullanarak ortamda yayılır.

²¹ WCDMA Physical Layer. Erişim: Nisan 13, 2002. [WWW dökümanı]. URL http://www.comlab.hut.fi/opetus/238/lecture6_ch6.pdf



Şekil 5.12 Aşağı hat DPCH için çerçeve yapısı

5.3.2 Yukarı Hat İçin Yayılma ve Modülasyon

Yayılma işlemi, iki aşamadan oluşur ve modülasyondan önce uygulanmaktadır. İlki tüm veri sembollerini chipe dönüştürerek bant genişliğini arttıran OVFSF operasyonudur. Veri sembolü başına düşen chip sayısı, yayılma faktörü (SF – Spreading Factor) olarak adlandırılmaktadır. İkinci aşama ise yayılan işarete sözde gürültü kodunun uygulanması operasyonudur.

İlk aşamada, I ve Q dallarında bulunan veri sembolleri birbirlerinden bağımsız olarak OVFSF kodlarıyla çarpılır. Sonraki adımda ise I/Q çoğullayıcısından çıkan işaret kompleks değerli sözde gürültü koduyla çarpılmaktadır²².

5.3.2.1 Yukarı Hat DPDCH ve DPCCH'in Yayılması

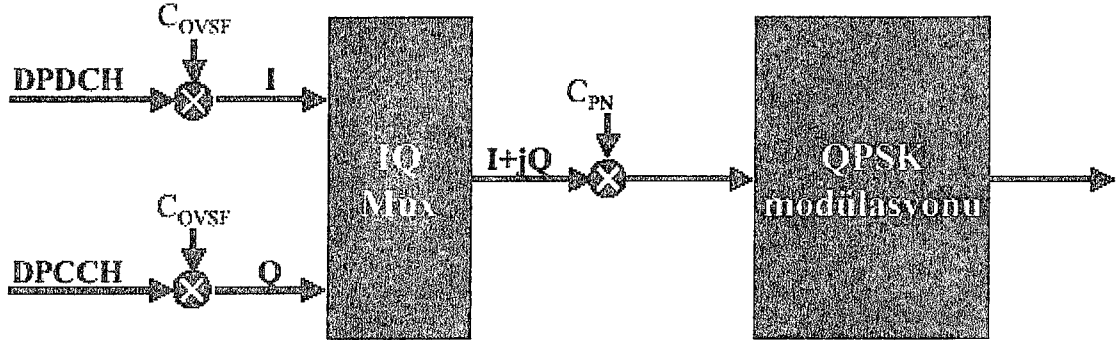
Şekil 5.13, yukarı hat için yayılma ve modülasyon işlemlerini göstermektedir. Fakat gerçekleşen tüm fonksiyonları içermemekte, sadece temel olarak özetlemektedir.

Modülasyon, yukarı hat DPDCH ve DPCCH'in I ve Q dallarına yönlendirilmesiyle çift kanal QPSK şeklinde oluşmaktadır. Daha sonra I ve Q dalları iki farklı OVFSF koduyla chip oranına yayılır, ardından kompleks bir sözde gürültü koduyla çarpılırlar.

²² Friedhelm Rodermund, Spreading and Modulation(FDD), TS 25.213 V3.4.0, Fransa, Valbonne: 3GPP, 2000, s.7

C_{OVSF} : OVSF kodları (4-256 chip)

C_{PN} : Sözde gürültü kodları (uzun Altın kodlar 38400 chip, kısa VL Kasami kodları 256 chip)



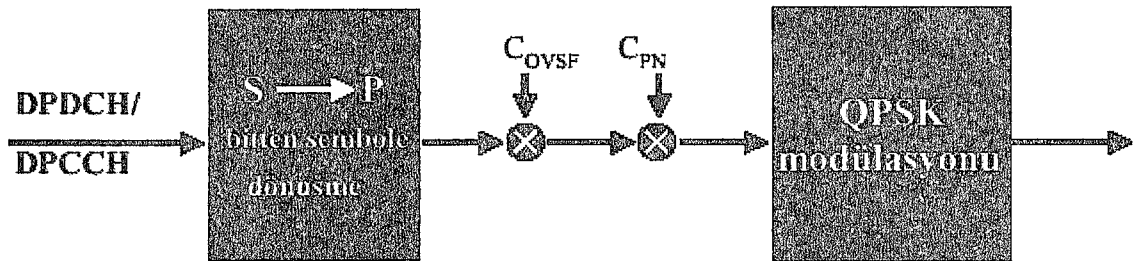
Şekil 5.13 Yukarı hat için yayılma ve modülasyon

5.3.3 Aşağı Hat İçin Yayılma ve Modülasyon

Şekil 5.14'te aşağı hat DPCH için yayılma ve modülasyonun nasıl gerçekleştirildiği görülmektedir. Veri modülasyonu işlemi, her ikili bitin seriden paralele dönüştürüldüğü ve I/Q dallarına yönlendirildiği QPSK tekniğiyle gerçekleştirilmektedir. Yukarı hattan farklı olarak I ve Q dalları aynı OVSF-koduyla (C_{OVSF}) chip oranına yayılırlar, ardından da yukarı hattaki gibi kompleks bir sözde gürültü koduyla çarpılırlar.²³

C_{OVSF} : OVSF kodları (4-256 chip)

C_{PN} : Aşağı hat sözde gürültü kodu (Altın kod, 38400 chip)



Şekil 5.14 Aşağı hat için yayılma ve modülasyon

²³ Friedhelm Rodermund, age, s.17

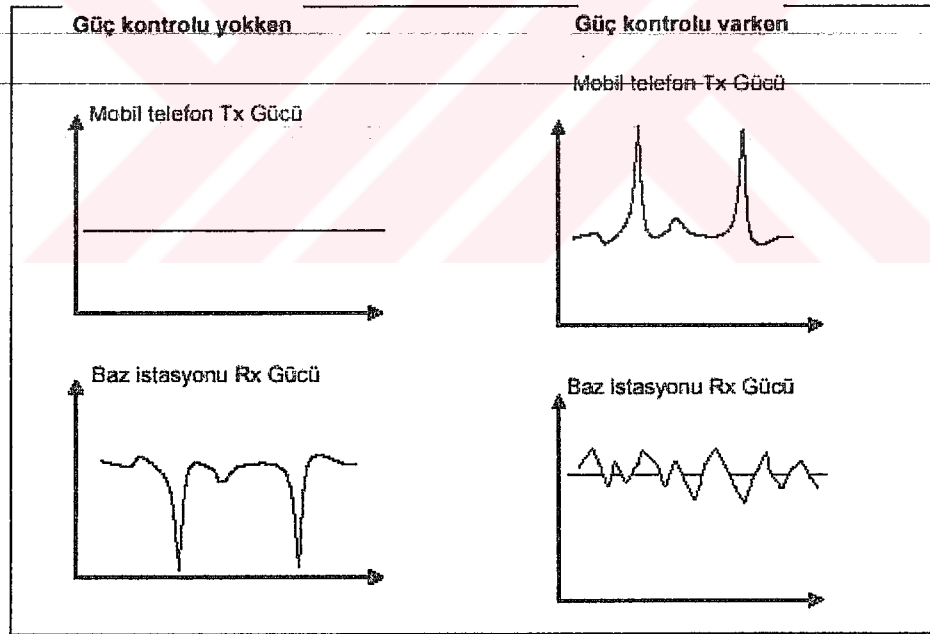
5.4 DS-CDMA'ye Bakış

Yayılma ve modülasyon üzerinde durduktan sonra, Düz Sıra Kod Bölmeli Çoklu Erişim tekniğinin aşağıdaki temel yönleri incelenecektir:

- Güç Kontrolü
- Tırmık Alıcısı
- Hücreler Arası Geçişler
- Hücre Soluması

5.4.1 Güç Kontrolü

Güç kontrolü, DS-CDMA için özellikle yukarı hat yönünde en önemli unsur olarak nitelendirilebilir. Çünkü tüm kullanıcılar aynı frekansı ve bant genişliğini kullanmakta, bu da karışma olasılığını büyük ölçüde arttırmaktadır.



Şekil 5.15 Sistemde güç kontrolü olması/olmaması durumlarının kıyaslanması

Güç kontrolünün kullanılmadığı durumlarda hücre sınırına yakın bir yerdeki mobil istasyon, baz istasyonuna kendisinden yakın olan başka bir telefondan daha fazla sinyal zayıflamasına uğrar. Mobil istasyonda güç seviyelerini aynı seviyede tutacak bir mekanizma olmadığı için de, baz istasyonuna yakın olan telefon hücrenin büyük bir kısmındaki diğer telefonları engelleyecektir. Bu soruna “uzak-yakın problemi” denilmektedir. Şebekedeki kapasite

seviyelerini istenilen düzeyde tutabilmek için, mobil istasyonların uzak veya yakında olmalarını ayırt etmeden aynı bit oranında iletim yaptıklarını düşünerek, tüm telefonların güç derecelerini “eşit” değerde korumak gerekmektedir. Üç tip güç kontrol yöntemi mevcuttur²⁴:

- Açık-Döngü (yavaş) güç kontrolü
- İç-Döngü (hızlı) güç kontrolü
- Dış-Döngü güç kontrolü

5.4.1.1 Açık-Döngü (yavaş) Güç Kontrolü

Açık-döngü güç kontrolü, kurulacak olan bağlantının ilk aşamalarında mobil istasyonun başlangıç güç ayarlaması için kullanılmaktadır. Yüksek güç kullanarak o hücredeki diğer kullanıcılara karşı karışmaya sebep olmamak için, mobil istasyonlar aşağıdaki adımları takip ederler:

- 1- Mobil istasyon baz istasyonundan alınan gücü ölçer.
- 2- Yayın kanalından, baz istasyonunun iletim gücü değerini okur.
- 3- Hücreye erişim yapabilmek için gereken en düşük iletim gücünü hesaplar ve o değerin çok az altındaki bir değerle erişim denemesinde bulunur.
- 4- Eğer bu girişim başarısız olursa, yani baz istasyonundan herhangi bir yanıt alamazsa, gücü artırır ve tekrardan bir deneme yapar.

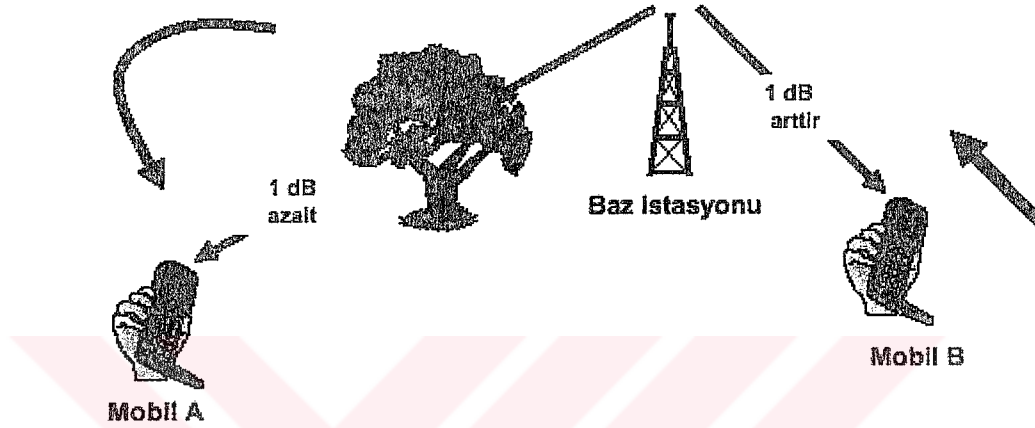
5.4.1.2 İç-Döngü (hızlı) Güç Kontrolü

Görüşme sırasında baz istasyonuna yaklaşan mobil istasyonların, gerekenden fazla güç harcamasını önlemek için de güç kontrolü gerekmektedir. Sistem, telefonun sadece yeterli derecede güç kullanmasını garanti altına alarak diğer kullanıcılara karşı karışma riskini engellemelidir.

Hızlı güç kontrolünün kullanılmasının bir diğer sebebi de Rayleigh sönümlenmesi olarak bilinen, yavaş hareket eden mobil istasyonların sinyal diplerine yakalanması probleminin üstesinden gelmektir.

²⁴ Lars Jansson, a.g.e, s.165

Bağlantı kurulduktan sonra mobil istasyonun yukarı hat yönündeki gücü, baz istasyonu tarafından gönderilen güç kontrol mesajları ile kontrol edilebilmektedir²⁵. Güç, saniyede 1500 kerelik bir oranla 1dB'lik adımlarla ayarlanabilmektedir. Aşağıdaki örnekte baz istasyonu, Mobil A'yı aradaki engelden dolayı gücünü 1dB arttırması, Mobil B'yi ise arada hiçbir engel olmadığından diğer kullanıcılarla karışmaya sebep olmaması için gücünü 1dB azaltması konusunda uyarmaktadır.



Şekil 5.16 İç-döngü güç kontrolü

5.4.1.3 Dış-Döngü Güç Kontrolü

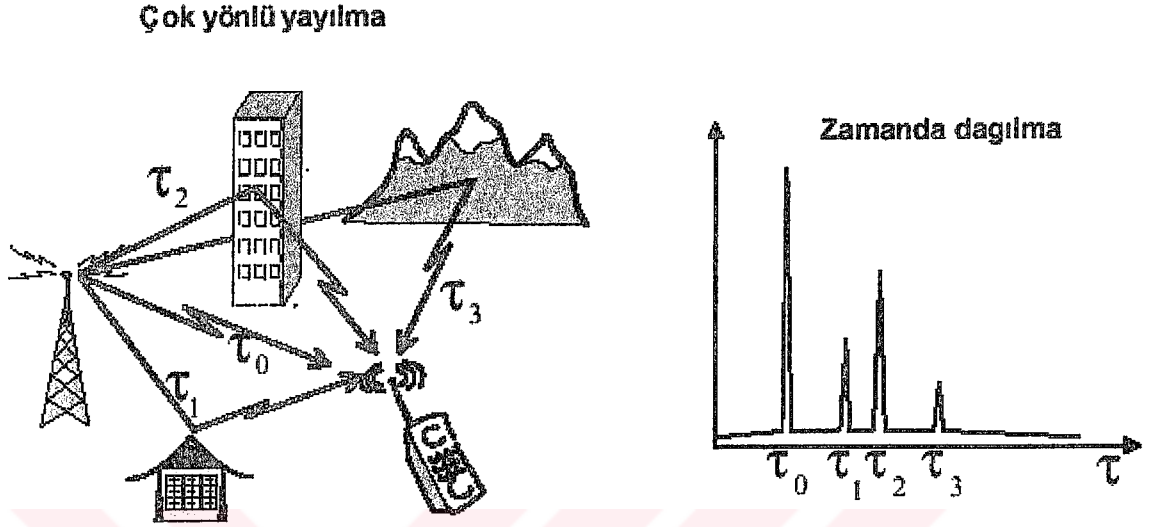
Dış döngü güç kontrolüne, SIR (Symbol-to-Interference Ratio – Sembol-Karışma Oranı) (=İşaret gücü / Karışma Gücü) değerini hedeflenen seviyede tutarak haberleşmenin kalitesini korumak için ihtiyaç duyulmaktadır. Hızlı kontrol için SIR değeri RNC tarafından ayarlanmakta ve 1 Hz aralığında değişim göstermektedir. Bit hata oranı (BER – Bit Error Rate) ile çerçeve hata oranına (FER – Frame Error Rate) dayanarak değişmektedir.

Çok yüksek kalite sistem kapasitesini boşa harcayacağından dış döngü, kaliteyi tam olarak istenilen değerde tutmaya çalışmaktadır. Yukarı hat için mevcut kalite hedeflenen değerden yüksek olduğu zaman SIR değeri azaltılmakta, düşük olduğu zaman ise arttırılmaktadır. Aşağı hat hedefinin ayarlanmasındaki en hızlı yöntem ise, dış döngü güç kontrolünün mobil içinde yapılmasıdır.

²⁵ Fredrik Berggren, Power Control, Transmission Rate Control and Scheduling in Cellular Radio Systems, İsveç, Stockholm: Royal Institute of Technology, Mayıs 2001, s.42

5.4.2 Tırmık Alıcısı

Şekil 5.17’de görüldüğü gibi, baz istasyonundan çıkan sinyaller farklı yollardan geçerek mobil istasyona ulaşırlar.



Şekil 5.17 Çok yönlü sönümlenme

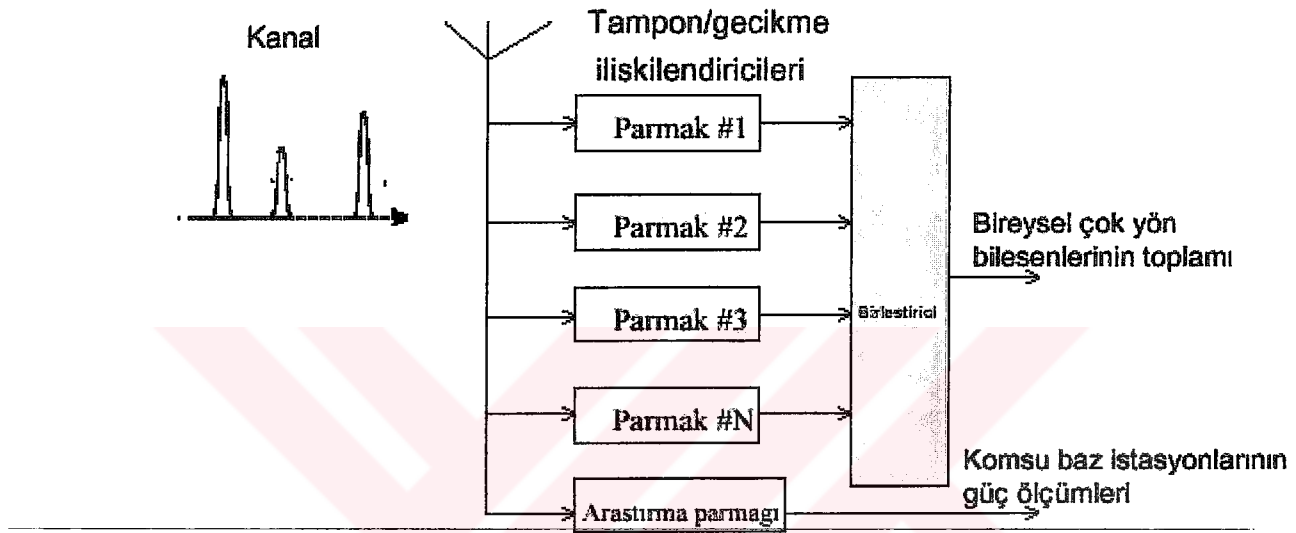
Her yolun uzunluğunun farklı olması, sinyallerin mobil istasyona ulaşması için gereken sürelerin de farklı olmasına neden olmaktadır. Bu sebepten dolayı da her sinyal farklı bir fazda mobile ulaşmaktadır. Aynı fazda gelen sinyaller birleşerek daha iyi bir sinyal seviyesi sağlayacak, fakat farklı fazda gelenler birbirlerinden çıkartılarak sinyal seviyesinin düşmesine sebep olacaktır. Hatta bazı durumlarda farklı fazdaki sinyaller birbirlerini tamamen yok edebileceklerdir. Bahsedilen bu olay Çok Yönlü Sönümlenme (Multipath Fading) olarak tanımlanmakta ve sadece WCDMA’yi değil tüm radyo sistemlerini etkilemektedir.

WCDMA, bu sorunun üstesinden gelebilmek için tırmığa benzer yapıda parmaklardan oluştuğu için Tırmık alıcısı diye isimlendirilmiş bir cihaz kullanmaktadır. Bu alıcı, alınan sinyallerin değişken gecikmeli seriler yönünde sıralanarak, herbirinin arzu edilen bir PN koduyla ilişkilendirilmesi esasına dayanarak çalışmaktadır²⁶. Ardından, sönümlenmeden arınmış bir çıkış üretebilmek için, “En Yüksek Oranda Birleştirme” (Maximum Ratio Combining) olarak bilinen işlem uygulanmaktadır. Bahsedilen bu gecikmeler, diğerlerinden

²⁶ Lasse Harju, Mika Kuulusa, Jari Nurmi, *A Flexible Rake Receiver Architecture for WCDMA Mobile Terminals*, Finlandiya, Tampere: Tampere University of Technology, Mart 2001

faz dahilinde ayrılmış farklı alıcılar olarak görülebilir. Alıcıdaki her bir yol “parmak” olarak isimlendirilmiştir. Tırmık benzerliğindeki yapısını da bu parmaklar sağlamaktadır.

Bir alıcıda bulunacak parmak sayısı henüz kesin olarak netleşmemekle birlikte operatör tarafından da belirlenebilmektedir. Örneğin bir alıcıda beş adet parmak varsa, bunların dördü çoklu yön bileşenlerini izlemek için, beşincisi ise diğer baz istasyonlarını tanımlamak ve takip etmek için kullanılmaktadır. En sondaki bu parmağa “araştırma parmağı” denilmektedir.



Şekil 5.18 Tırmık alıcısı

5.4.3 Hücreler Arası Geçiş Senaryoları

Hücreler arasında gerçekleşen geçişlerin temel sebepleri konum değişiklikleri ve bağlantıdaki problemlerdir. Mobil istasyonun hareketlerine göre bağlantının kopmadan devamının sağlanabilmesi için, radyo hatlarının ve bağlantıların bir veya birden fazla sektör ya da baz istasyonu arasında değiştirilmesi gerekmektedir.

WCDMA’de iki tip hücreler arası geçiş uygulanmaktadır:

- Frekans içi geçiş; aynı taşıyıcı frekans içindeki geçiş.
- Frekans arası geçiş; farklı taşıyıcı frekanslar arasındaki geçiş.

5.4.3.1 Frekans İçi Geçiş, Hücreler Arası Yumuşak ve Daha Yumuşak Geçiş

Hücreler arası yumuşak ve daha yumuşak geçişin gerçekleştirilmesindeki amaç, makro çeşitlemeden faydalanmanın sağlanmasıdır. Makro çeşitleme, sinyal sönümlenmesi

problemlerinin üstesinden gelebilmek için etkili bir yöntemdir ve özellikle mobil halde iken bu tip hücreler arası geçişler tarafından faydalanılmaktadır. Aktif modda iken, yani görüşme halindeyken, mobil istasyon o anda kullanmakta olduğu taşıyıcı frekans üzerinden sürekli olarak yeni baz istasyonları araştırmaktadır.

Hücreler arasında gerçekleşen yumuşak geçişlerde mobil istasyon, aynı anda iki veya daha fazla baz istasyonuna bağlıdır. Hücreler arası “daha yumuşak” geçiş olarak adlandırılan diğer tip ise bir baz istasyonunun sektörleri arasında gerçekleşen özel bir durumdur ve telefonun iki veya daha fazla sektöre aynı anda bağlı olması sonucu meydana gelmektedir.²⁷

Verimli şekilde güç kontrolü yapabilmek için de hücreler arası yumuşak geçiş çok önemlidir. Uygulanmadığı takdirde daha önce bahsedilen uzak-yakın problemleriyle karşılaşmaktadır. Hızlı ve sık gerçekleşen hücreler arası sert geçişler de bu sorunun üstesinden gelebilmekte, ancak problemin gelişmeye başladığı süre dahilinde sadece belirli gecikmelerle uygulanabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı hücreler arası yumuşak geçişler, WCDMA için sinyaller arası karışmayı azaltmada gerekli olan bir alettir.

Yukarı hat yönünde gerçekleştirilen güç kontrolü, mobil istasyonun bağlı olduğu her iki baz istasyonundan gelen TPC bitlerine (Transmit Power Kontrol) bağlıdır. Dört olası senaryonun gerçekleşebilme ihtimali göz önünde bulundurulmaktadır:

- 1- 1 nolu baz istasyonu “gücü arttır” komutu, 2 nolu baz istasyonu “gücü azalt” komutu gönderir.
- 2- 1 nolu baz istasyonu “gücü azalt” komutu, 2 nolu baz istasyonu “gücü arttır” komutu gönderir.
- 3- 1 nolu baz istasyonu “gücü azalt” komutu, 2 nolu baz istasyonu “gücü azalt” komutu gönderir.
- 4- 1 nolu baz istasyonu “gücü arttır” komutu, 2 nolu baz istasyonu “gücü arttır” komutu gönderir.

Mobil istasyon, her iki baz istasyonundan da gelen “gücü arttır” komutunun alındığı 4. ihtimal dışındaki tüm durumlarda çıkış gücünü azaltacaktır. [14]

²⁷ Rake Receiver. Erişim:Nisan 28, 2002. [WWW dökümanı]. URL <http://www.utdallas.edu/~gxm016000/Lecture%2018%20November%201%202001.pdf>

Baz istasyonları için aşağı hat yönünde gerçekleştirilen güç kontrolü ise, mobil istasyondan gelen TPC bitlerine bağlıdır.

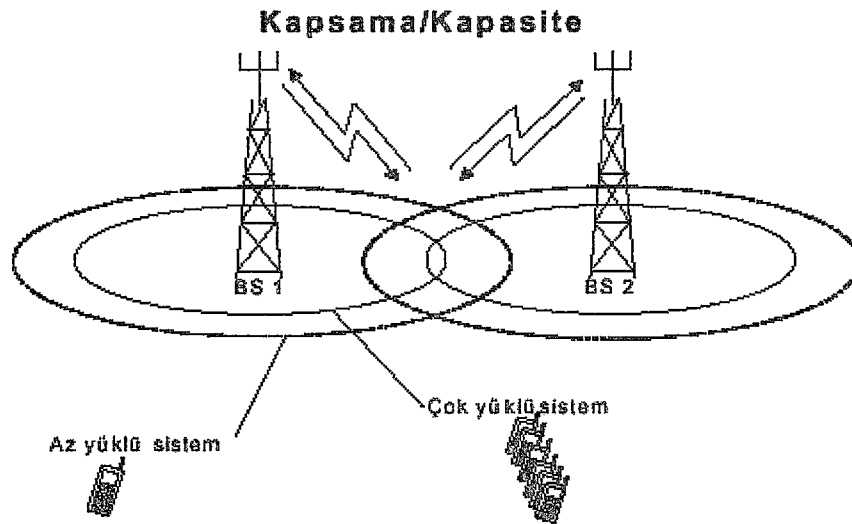
5.4.3.2 Frekans Arası Geçiş, Hücreler Arası Sert Geçiş

WCDMA’de hücreler arası geçişlerin çok geniş bir çoğunluğu bir taşıyıcı frekans içinde gerçekleşmektedir. Frekans arasında oluşan geçişler ise tipik olarak aşağıdaki durumlarda meydana gelir:

- Farklı sayıda taşıyıcı tahsis edilen hücreler arasındaki geçiş.
- Farklı şekilde üst üste binen dikey hücre katmanları arasındaki geçiş, farklı taşıyıcı frekans kullanan hiyerarşik hücre yapısı (HCS – Hierarchical Cell Structure).
- Farklı taşıyıcı frekans kullanan değişik operatörler arasındaki geçiş, WCDMA’dan GSM’e geçiş.

5.4.4 Hücre Soluması

Zaman Bölmeli Çoklu Erişim sistemiyle karşılaştırıldığında zaman (Genişbant) Kod Bölmeli Çoklu Erişim sisteminin kapsamı, hücrelerdeki trafik yüküne bağlı olarak değişim göstermektedir. Trafik arttıkça, sinyaller arasındaki karışma da artacak ve baz istasyonu ile mobil istasyon arasındaki mesafenin de o kadar kısa olması gerekecektir. Trafik yükünün değiştiği yerlerdeki sistemde, bu olay hücrenin zaman içinde genişlemesi ve daralmasına sebep olacaktır. Bu etkiye genellikle “hücre soluması” adı verilmektedir.



Şekil 5.19 Hücre soluması

Aşağı hat yönünde bir taşıyıcıdaki tüm bağlantılar aynı güç yükselticiyi paylaşmaktadır. Trafik yükünün az olduğu bir anda belirli bir mobil istasyon, baz istasyonundan çok uzakta olduğu halde bile bu istasyona bağlanabilecektir. Halbuki trafik yükünün fazla olduğu anlarda ise mobil istasyon, baz istasyonuna yakın olduğu durumlar dışında bu istasyona bağlanamayacaktır. Bu etki, aşağı hat yönünde kapsama teriminin kullanılmasını bir parça zorlaştırmaktadır. Basit alıcı hassasiyeti, istenilen taşıyıcı/gürültü (C/N) oranına bağlıdır. Bununla birlikte, alınan taşıyıcı gücü (C) hem gürültü (N) hem de girişim (I) ile başedebilecek kadar büyük bir değerde olmalı; başka bir deyişle $C/I+N$ alıcı eşik değerini aşmalıdır. Sinyaller arasındaki karışma sistemi birlikte arttığından, yoğun bir sistemdeki kapsama tahminini yanlışsız olarak sağlayabilmek için, yukarı hat yönündeki gürültü artışıyla başedebilmek üzere bir toleransa ihtiyaç duyulmaktadır.

Hücre belirli bir kapasite için planlanır. Radyo Kaynakları Yönetimi, kabul kontrolü ile birlikte sistemin genel servis kalitesini yeni kullanıcılara izin vererek, ya da onların sisteme girişlerini engelleyerek garanti altına alır.

5.5 Çift yönlü Zaman Bölme – TDD (Time Division Duplex)

UTRA Çift yönlü Zaman Bölme sistemi, çiftli hale getirilmemiş spektrumda kullanılmak üzere geliştirilmiştir ve temel olarak bina içi kullanıma uygundur. Çift yönlü Zaman Bölme sistemi için standart, halen ETSI bünyesinde standarize edilerek geliştirilmektedir. Çift yönlü Zaman Bölme sistemi, birleşmiş bir Kod Bölmeli Çoklu Erişim/Zaman Bölmeli Çoklu Erişim sistemidir ve zaman dilimleri içinde kod bölümlene sistemini, zaman dilimlerinde ayırımı temel olarak aynı aşağı ve yukarı hat kanalını kullanır. Çift yönlü Zaman Bölme sistemi için kullanılan temel parametreler Çift yönlü Frekans Bölme sistemindekilere çok benzemektedir:

Chip oranı 3.84 Mcps olup bir çerçeve süresi 10 ms'dir ve çerçeve başına 15 zaman dilimi düşmektedir. Modülasyon tekniği olarak QPSK (Quadrature Phase Shift Keying – Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama) ve tekrar kullanma faktörü olarak 1 uygulanmaktadır. Farklı kaynak oranlarını yürütebilmek için çoklu kod ile değişken yayılma faktörü kullanılmaktadır²⁸.

Çift yönlü Zaman Bölme işlemlerinde, yukarı hat ve aşağı hat zaman temelinde bölünmüştür. Çift yön anahtarlama noktasını (asimetrik) değiştirmek ve kapasiteyi yukarı hattan aşağı hata

²⁸ Markus M. Nasshan. UMTS Terrestrial Radio Access Network Time Division Duplex Mode 'UTRA TDD'. Erişim: Mayıs 5, 2002. [WWW dökümanı]. URL http://www.imst.de/mobile/itg/itg_umts/nasshan.pdf

ya da tam tersine çevirmek, aşağı ve yukarı hattaki kapasite ihtiyacına göre mümkündür.

İletim yönleri arasında anahtarlama yapmak zaman gerektirir ve anahtarlama geçişleri mutlaka kontrol edilmelidir. Bozuk bir iletimin engellenmesi için, yukarı ve aşağı hat arasında ortak bir iletim yönü belirlenmesi ve bu iletimin yapılabilmesi için yeterli zamanın verilmesi gerekmektedir. Sinyallerin bozulmasını engellemek için bir koruyucu periyot atanır, bu sayede yayılım gecikmesine önlem olarak bozulmamış bir yayılım yapılması sağlanır.

Simetrik tahsis etme



Asimetrik tahsis etme



Çoklu yukarı hat / aşağı hat anahtarlama noktaları

Simetrik tahsis etme



Asimetrik tahsis etme



Bir çerçeve (10 ms)

Tekli yukarı hat / aşağı hat anahtarlama noktası

Şekil 5.20 Yukarı hat / aşağı hat tahsisleri

Herbir zaman diliminde, dağıtılmış kodlar kullanılarak ek bir kullanıcı sinyali ayrımı yapılır. Bu demektir ki, bir zaman diliminde birden fazla patlama iletebilir. Aynı zaman dilimindeki çoklu patlamalar, farklı kullanıcılara ayrılabilceği gibi, parçalı olarak veya tamamen tek bir kullanıcıya da ayrılabilir. Aynı zaman dilimindeki çoklu patlamaların ayrılmasının sağlanması için farklı dağıtılmış kodlar kullanılır. Bir zaman diliminde, eğer bu patlamalar yukarı hat yönündeki farklı kullanıcılara ayrıldıysa, sekiz patlama iletebilir. Aşağı hat yönünde ya da birden fazla patlama yukarı hat yönündeki zaman diliminde bir kullanıcıya ayrıldıysa, sekiz patlamadan daha fazlası (örneğin dokuz ya da on tane) bir zaman diliminde iletebilir. [15]

Sabitlenmiş yayılmayla çoklu kod iletimi:

- Bir zaman diliminde birden fazla patlama iletebilir.

- Çoklu patlamaların birbirinden ayrılabilmesi için farklı dağıtılmış kodlar kullanılır.
- Bu çoklu patlamalar tamamen ya da parçalı olarak tek bir kullanıcıya veya farklı kullanıcılara ayrılabilir.
- Sekiz patlamaya kadar iletim yapılabilir.

Çeşitli yayılma ile tek kod iletimi:

- Bir mobil, veri oranının foksyonu şeklinde yayılma faktörünü uyarlayarak tek kod iletimini kullanır.
- Bir baz istasyonu, veri oranının foksyonu şeklinde yayılma faktörünü uyarlayarak her bir mobil başına bir patlama düşecek şekilde yayın yapmalıdır.



6. Modeller

Baz istasyonundan çıkan sinyaller mobil istasyona ulaşana kadar birçok engeli aşmakta, sonuçta belirli bir kayıba uğradıktan sonra hedefe ulaşmaktadır. Bahsedilen bu engelleri ağaç, orman, su, göl ve boş arazi gibi doğal engeller ile, kat sayısı ve konumlarına göre bütün binalar olarak sınıflandırabiliriz. Planlama için kullanılan dijital haritada da bu sınıflandırma yapılmaktadır. Her engelin yapısı ve karakteristiği farklı olduğundan sinyal üzerindeki etkisi yani kaybı da farklı olmaktadır.

Frekansa ve bölge yapısına göre hesaplanan bu sinyal kayıplarına model, bu kayıpları hesaplamak için yapılan işlemlere de model ayarlama denilmektedir.

6.1 Basit Modeller

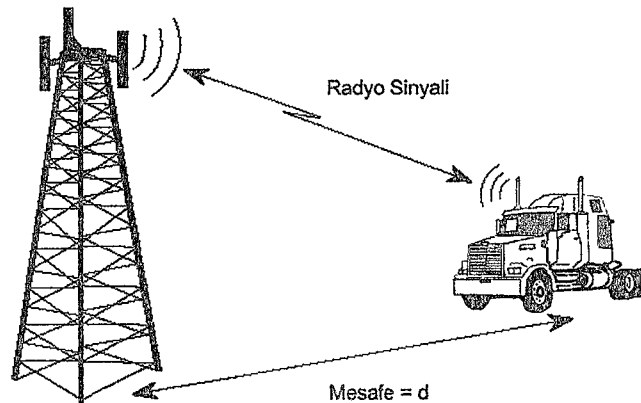
6.1.1 Boşlukta Yayılma

Dalga yayılması için en basit model boşlukta yayılma durumudur. Alıcı ve verici antenlerin birbirlerinden uzak mesafeye yerleştirildiklerini varsayıyoruz. Bu durum uydu haberleşmesi için uygundur fakat aynı zamanda diğer modellerle karşılaştırma yapmak için referans olarak kullanılabilir. Sinyal için yol kaybı L_{bf} [dB] (path loss) şu şekilde ifade edilebilir:

$$L_{bf} = 20 * \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \quad (6.1)$$

d mesafe [m]

λ dalgaboyu [m]



Şekil 6.1 Radyo dalgasının boşlukta yayılması

Dalgaboyunu $\lambda=c/f$ şeklinde yazacak olursak, ($c = 3*10^8$ m/s ve f = frekans MHz), (6.1) eşitliği şu şekilde yazılabilir²⁹:

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log d + 20 \log f \quad (6.2)$$

(6.2) denkleminde d mesafesi km olarak girilecektir.

6.1.2 Düz Yerkürede Yayılma

Herhangi bir yüzey üzerindeki elektromagnetik alan üç farklı bileşenden meydana gelmektedir; direkt dalga, yansıyan dalga ve yüzey dalgası. Mobil haberleşme için kullanılan frekanslarda yüzey dalgası ihmal edilebilmekte fakat yansıyan dalga görmezden gelinememektedir. Mükemmel yansımanın gerçekleştiğini ve $h_b h_m \ll \lambda d$ olduğunu varsayarsak, yol kaybı [dB] denklemi aşağıdaki şekilde olacaktır:

$$L_b = L_{bf} + 20 \log \left(\frac{\lambda d}{4\pi h_b h_m} \right) \quad (6.3)$$

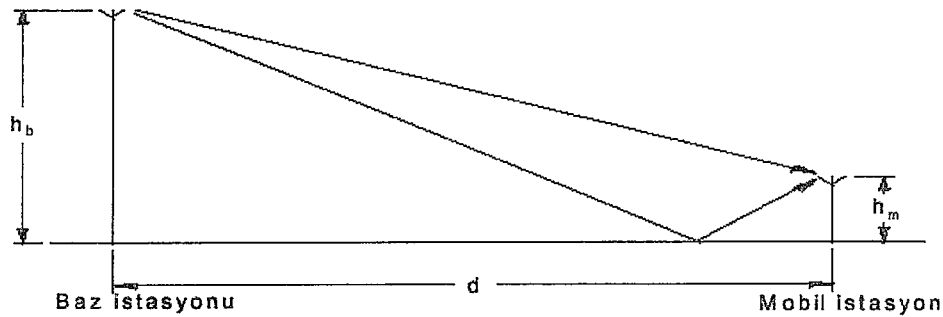
(6.1) denklemi ile basitleştirecek olursak;

$$L_b = 40 \log d - 20 \log (h_b h_m) \quad (6.4)$$

Şeklini alacaktır.

h_b baz istasyonu anteninin yüksekliği [m]

h_m mobil istasyon anteninin yüksekliği [m]



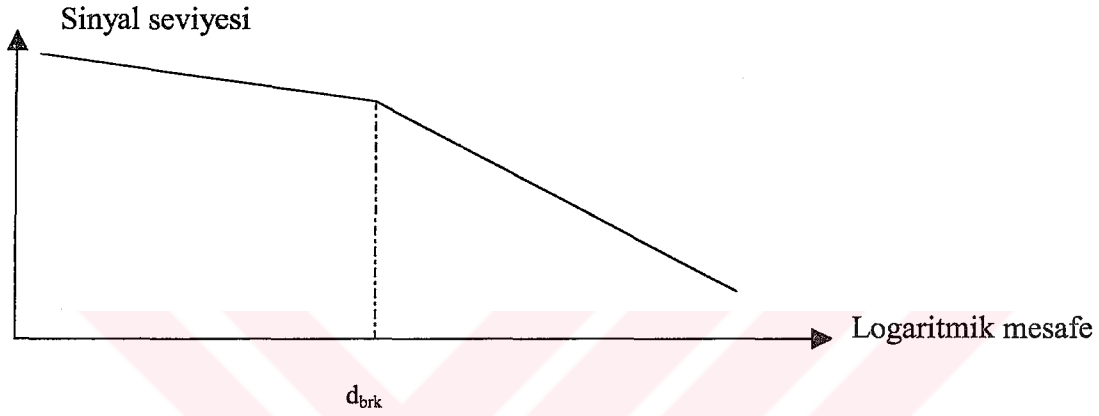
Şekil 6.2 Farklı yayılma yolları

(6.3) denklemi d mesafesi m olarak girildiği takdirde geçerli olacaktır. Model, baz istasyonu

²⁹ Maria Thiessen, WCDMA Experimental System, İsveç, Stockholm: Ericsson Radio Systems AB, 1999, s.95

ile mobil istasyon arasında engel olmadığı ve d mesafesinin çok büyük olmadığı durumlarda elverişli olarak kullanılabilir. Mesafe arttığı taktirde dünyanın küresel yapısını da hesaba katmak gerektiğinden ilave olarak bir terim eklemek gerekmektedir. Denklemden de görülebileceği gibi yol kaybı, mesafeye bağlı olarak değişim göstermektedir. Diğer bir taraftan da, bu modelde belirgin bir frekans bağımlılığı bulunmamaktadır.

6.1.3 Çift Eğim Modeli



Şekil 6.3 Çift eğim modelinde sinyal seviyesinin davranışı

Deneyimler ve şimdiye kadar yapılan ölçümler göstermektedir ki; sinyal seviyesi mesafenin fonksiyonu olarak Şekil 6.3’de gösterilen gibi bir eğriyi takip etmektedir. Vericiden d_{brk} kadar bir mesafede bir kırılma noktası oluşmaktadır. d_{brk} mesafesi, mobil istasyon yüksekliği (h_m), baz istasyonu yüksekliği (h_b) ve dalga boyu (λ) değerlerine bağlı olarak değişim gösterir, ve denklemi şu şekildedir:

$$d_{brk} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\left(\Sigma^2 - \Delta^2\right)^2 - \left(2\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2 \left(\Sigma^2 + \Delta^2\right)\right) + \left(\frac{\lambda}{2}\right)^4} \quad (6.5)$$

$$\Sigma = h_b + h_m$$

$$\Delta = h_b - h_m$$

Kırılma noktasının mesafesi, ilk Frenel bölgesinin yer yüzeyi ile temas ettiği yer olarak da varsayılabilir. Örneğin 2.05 GHz frekansında $h_m = 30m$ ve $h_b = 1.5m$ olduğu koşulda d_{brk} 1230m’ye eşit olacaktır.

Çift eğim modeli mikro hücre uygulamalarında da kullanılabilir.

6.1.4 Egli Modeli

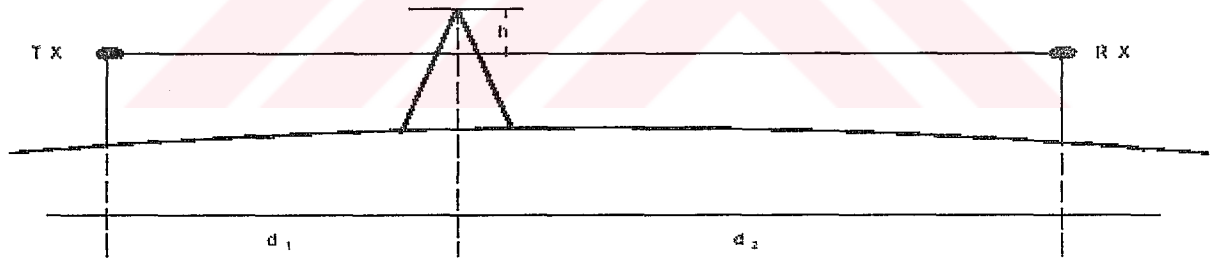
Farklı ölçümler sonucu görülmektedir ki; yol kaybı frekansın bir fonksiyonudur. Egli modeli, bu bağımlılığa sahip deneysel bir arazi faktörü içermektedir:

$$L_b = 40 \log d - 20 \log (h_b h_m) + 20 \log \left(\frac{f}{40} \right) \quad (6.6)$$

Frekans [MHz] cinsinden verilmelidir. Bu model 40 MHz yukarısı frekanslarda geçerlidir ve giritili çıkıntılı arazilerde de çalışmaktadır. Egli modeli, geniş bir aralıktaki frekansları kapsayan ölçümlerin sistematik bir açıklamasıdır.

6.1.5 Bıçak Ucu Kırılması

Şimdiye kadar incelenen modellerin çoğunluğu düz arazi yapısında çalışmaktadır. Bu sebepten dolayı da tepeler, ağaçlar ya da binalar gibi farklı engelleri hesaba katan bir model üzerinde durulmalıdır. Sinyalin hedefe direkt olarak ulaşamamasına sebep olan nesnelerden kaynaklanan ilave yol kaybı, alıcıdaki kırılma paternini hesaplayarak göz önünde bulundurulabilir. Yoğunluk, engelin görüş çizgisi üzerindeki kısmı ile verici-engel ve alıcı-engel uzaklıklarına bağlı bir fonksiyondur³⁰. (Şekil 6.4)



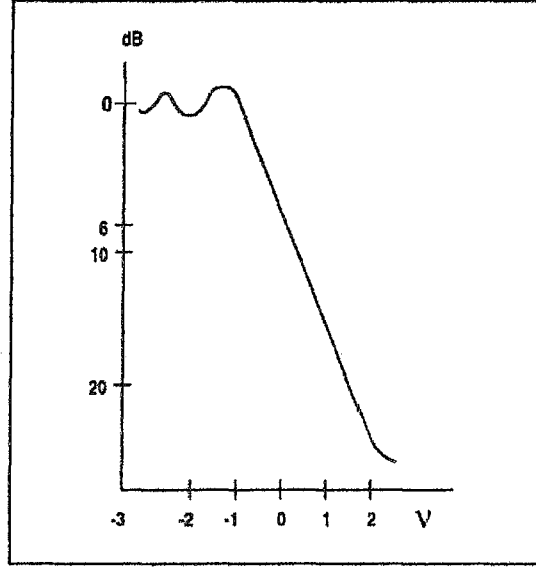
Şekil 6.4 Bıçak ucu kırılması

Bahsedilen bıçak ucu görünümündeki engellerden kaynaklanan ek sinyal zayıflaması, aşağıdaki denklemdeki Frenel parametresi v 'nin bir fonksiyonu olarak gösterilebilir:

$$v = h \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}} \quad (6.7)$$

Eğrinin grafiksel gösterimi Şekil 6.5'deki gibidir.

³⁰ Maria Thiessen, a.g.e, s.96



Şekil 6.5 Frenel parametresi v 'nin fonksiyonu olarak bıçak ucu kırılması kaybı

6.2 Okumura Hata Tabanlı Modeller

6.2.1 Genel Model Yaklaşımı

Şimdiye kadar incelemiş olduğumuz modeller, temel olarak yol kaybının sıradan kestirimleri için kullanılabilen basit modellerdi. Ancak yapılan ölçümler ve tecrübe göstermektedir ki:

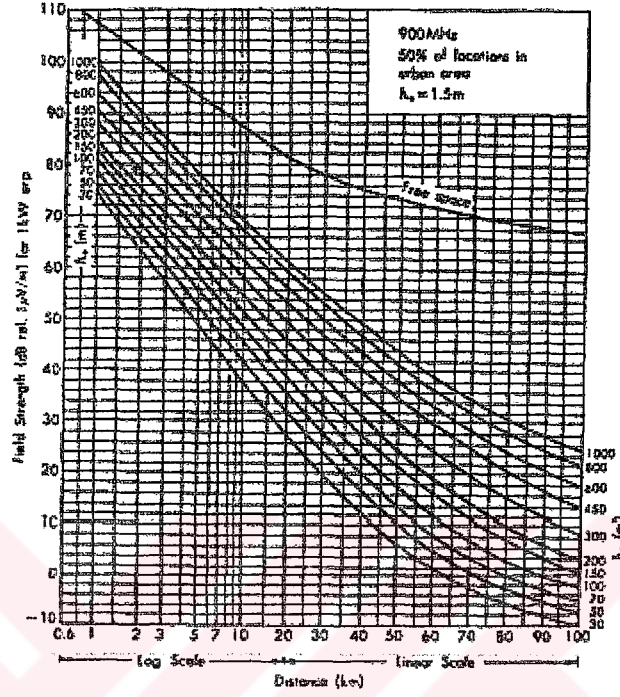
- Yol kaybı, mesafe ve frekansla artmaktadır.
- Yol kaybı, baz istasyonu sayısının ve mobil anten yüksekliğinin yükselmesiyle azalmaktadır.
- Yol kaybı, bölge yapısı (clutter), kırılma, hava koşulları, engellerin yakınlığı ve sokak yönlendirmelerinden etkilenmektedir.

Bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda daha detaylı ve etkili bir model kullanmanın gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır. Açıklanacak olan modeller farklı türdeki çevrelerde kullanılabilecektir.

6.2.2 Okumura Yöntemi

Okumura yöntemi Tokyo'da uygulanmış kapsamlı ölçümlere dayanan tamamen deneysel bir yöntemdir. Farklı türden araziler için uygun alan kuvvetini elde edebilmek için, baz istasyonu antenine etkili olabilecek bir yükseklik tanımlanmıştır. Ayrıca model; az yoğun bölgeler, açık

alanlar, dağlar ve eğimli araziler için düzeltme faktörleri de içermektedir. 150 ile 2000 MHz frekansları arasında, 1 ile 100 km mesafede ve 30 ile 1000 metredeki baz istasyonu anteni yüksekliklerinde geçerlidir.



Şekil 6.6 Okumura eğrileri

6.2.3 Hata Modeli

Okumura modeli el ile yapılan hesaplamalar için tasarlanmıştır. Hata, Okumura eğrilerinden bilgisayar hesaplamaları için deneysel formüller elde etmek üzere bir girişimde bulunmuştur. Yol kaybı L_b [dB] şöyle yazılabilir³¹:

$$L_b = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d \quad (6.8)$$

Formüldeki h_b , baz istasyonunun anten yüksekliğini göstermektedir. Model aşağıdaki koşullar altında çalışmaktadır:

- $150 \leq f \leq 1500$ MHz
- $1 \leq d \leq 20$ km

³¹ Mathias Thomssen, RF Measurements and Model Parameter Optimisation Guideline, İsveç, Stockholm: Ericsson Radio Systems AB, 1996, ERA/LN:1175

- $30 \leq h_b \leq 200$ m

- $1 \leq h_m \leq 10$ m

$a(h_m)$ [dB], araçlara ilişkin h_m anten yüksekliği için düzeltme faktörüdür. $h_m = 1.5$ m için $a = 0$ dB'dir.

Ortalama olarak küçük bir şehirde $a(h_m)$ şu değeri almaktadır;

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) h_m - 1.56 \log f + 0.8 \quad (6.9)$$

Büyük bir şehirde ise $a(h_m)$;

$$a(h_m) = \begin{cases} 8.29 * (\log(1.54h_m))^2 - 1.10 & f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3.2 * (\log(11.75h_m))^2 - 4.97 & f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases} \quad (6.10)$$

Yukarıdaki formüller yoğun bölgeler için geçerlidir. Az yoğun ve açık alanlar için düzeltme faktörleri ise şöyle olacaktır:

$$\text{Az yoğun bölge: } \begin{cases} K_r = 2(\log(\frac{f}{28}))^2 + 5.4 \\ L_b(\text{azyoğ.}) = L_b(\text{yoğ.}) - K \end{cases} \quad (6.11)$$

$$\text{Açık alan: } \begin{cases} Q_r = 4.78(\log f)^2 - 18.33 \log f + 40.94 \\ L_b(\text{aç.al.}) = L_b(\text{yoğ.}) - Q \end{cases} \quad (6.12)$$

Her iki durum için de, L_b değeri olarak (6.8)'deki formül kullanılmaktadır.

Okumura-Hata modelinin doğruluğu kanıtlanmıştır ve dünya çapındaki planlama programlarında farklı varyasyonlarıyla birlikte kullanılmaktadır.

6.2.4 COST-231 Hata Modeli

COST, bir birlik halinde yapılan bilimsel araştırmalar için oluşturulmuş Avrupa sendika forumudur. COST 231 ise "Karasal mobil radyo haberleşmelerinin gelişimi" amacıyla kurulmuş bir alt gruptur. Diğer konuların yanı sıra, maksatlarından biri de farklı yayılma mekanizmaları keşfetmek, mevcut modelleri iyileştirmek ya da yeni modeller geliştirmektir.

Hata modeli 1500 MHz ve altındaki frekanslarla kısıtlıdır bu sebepten dolayı da UMTS frekansı olan 2100 MHz bandında çalışmamaktadır. Uygun bir formül bulmak için Okumura'nın yayılma eğrileri üst frekans bandında analiz edilmiştir:

$$L_b = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d + C_m \quad (6.13)$$

C_m küçük şehirler ve yerleşim yerleri için 0 dB, büyük kentler için ise 3 dB alınacaktır.³² Model, Hata modeliyle aynı koşullarda çalışmaktadır ancak frekans aralığı 1500 ile 2000 MHz arasında olacak şekilde yükseltilmiştir.

6.2.5 Boyutlandırma İçin Kullanılan Formül

Okumura-Hata modelinin geliştirilmiş varyasyonları farklı sağlayıcılar tarafından kullanılmaktadır. Bu çalışmada yapılacak uygulamada kullanılacak olan simülasyon programı, Ericsson tarafından geliştirilmiş 9999 isimli modeli kullanmaktadır.

Okumura-Hata modeline göre yol kaybı formülü şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$L_b = A - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d \quad (6.14)$$

9999 modeline göre A değeri 900 MHz için 127.5, 1800 MHz için de 134.1 değerini almaktadır.

Bu değerler 2.05 GHz frekansına dönüştürülüp yukarıdan aşağıya doğru yoğun, az yoğun, kırsal ve açık alanlar diye sıralandığında, ortaya çıkan durum şöyle olmaktadır:

$$A = \begin{cases} 155.1 \\ 147.9 \\ 135.8 \\ 125.4 \end{cases}$$

9999 modelinde, içerisindeki formüllerde kolaylık olması bakımından sadece kendine özgü A_0 , A_1 , A_2 ve A_3 ayarlama parametreleri bulunmaktadır. Yapılacak uygulama için gerekli parametre değerleri ilerki kısımlarda verilecektir.

Hücre sınırı mesafesini hesaplamak için de A değeri gerekmektedir. Formüldeki L_{max} , izin verilen en büyük yol kaybıdır.

$$\alpha = \frac{L_{max} - A + 13.82 \log h_b + a(h_m)}{44.9 - 6.55 \log h_b} \quad (6.15)$$

ve $R=10^\alpha$ dır.

³² Mathias Thomssen, a.g.e.

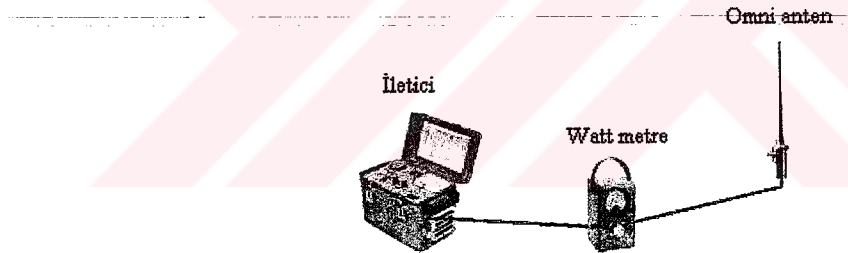
(R =Hücre sınırı mesafesi)

6.3 Model Ayarlama

Belirli bir bölge için “bölge kullanımı kod değerleri”nin yani o alan içerisindeki her yapı için sinyal zayıflatma değerlerinin bir takım cihazlar yardımıyla ölçümler yapılarak hesaplanmasına “Model ayarlama” işlemi denilmektedir. Bu ölçümlerin uygulanması sırasında hangi yöntemlerin kullanıldığı ve hangi yolların izlendiği, testlerin ne tür cihazlarla yapıldığı ve sonuçta ne gibi değerler elde edildiği üzerinde duracağız.

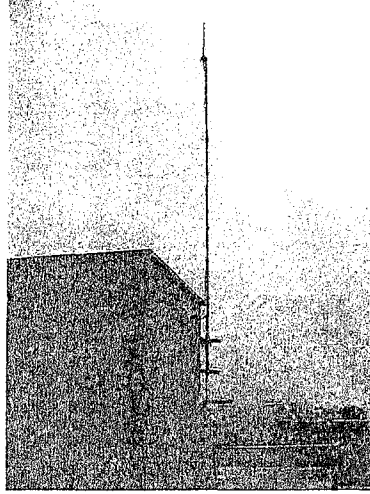
6.3.1 Ölçüm Cihazları

Öncelikle belirtilmesi gereken husus, dar bant yayılımı ile geniş bant yayılımı arasındaki temel farkın hızlı sönümlenmenin etkisi olduğudur. Hızlı sönümlenme, normal olarak ölçüm sırasında ortalamaya katılmayacağı için dikkate alınmamalıdır. Bu demektir ki, dar bant yayılımı için kullanılan bir ekipman aynı zamanda geniş bant sisteminin model ayarlanması için kullanılabilir.



Şekil 6.7 Model ayarlama iletim ekipmanları

Şekil 6.7’de görülen iletilci, arzu edilen herhangi bir frekanstan yayın yapmak için kullanılmaktadır. Watt metrenin görevi de antenin bağlantı noktasındaki çıkış gücünü göstermektir. Test sırasında toplanan sinyallerin etrafa eşit olarak dağıtılmasını sağlamak amacıyla, 360°’lik yayılma açısına sahip omni anten kullanılması tercih edilmektedir. Antene kesinlikle eğim verilmemelidir ve konulduğu yerin engel teşkil etmemesi açısından mümkün olduğunca yüksek bir noktaya monte edilmelidir. Anten montajına örnek bir fotoğraf aşağıda gösterilmektedir. Direk vasıtasıyla anten çatıdan 8 metre yükseltilmiş ve sinyaller o bina üzerindeki engellerden kurtulmuştur.



Şekil 6.8 Omni anten montaj örneği

6.3.2 Radyo Frekansı Ölçümlerindeki Gereksinimler

Ölçümlerin toplanması için bir rota belirlenirken şu konulara dikkat edilmesi gerekir:

Mobil istasyonun test sahasına yakın olduğu durumda, yaklaşık 3 km, alınan sinyal test sahasının çevresindeki binalar ve o sahadaki anten yüksekliğinden etkilenecektir. İki sinyal kuvveti arasındaki fark, örneğin test sahasına paralel bir caddeden alınan ile test sahasına dik olan bir caddeden alınan gibi, yaklaşık 10 dB olabilir. Bu etki sahadan uzaklaşıldığı zaman daha azalacaktır (yaklaşık 8 km kadar bir mesafe yeterlidir). Ölçüm gerçekleştirildiği zaman, test sahasına 3 km mesafedeki tüm paralel ve dik olan caddelerden eşit sayıda örnek veri alınmalıdır. Bu sayede dış etkilerden arınmış bir yol-kayı eğrisi yaratılmış olur

Otoyollardan gidilmemesi tavsiye edilir. Bunun sebebi otoyolların genellikle çevrelerindeki bölge yapısına göre değerlendirilmeleridir, halbuki otoyollar aslında boş alanlardır. Bu durumda otoyollardan alınan veriler sonucunda yüksek bir standart sapma ve beklenmeyen derecede düşük bölge yapısı zayıflama değerleri elde edilir. Genellikle ölçümlerin yapılacağı yerlerde arazi yapısıyla iyi bir şekilde entegre olmuş bir rota seçilmesi önemlidir. Pratik bir ifadeyle, ölçümler geniş otoyollardan çok dar caddelerde planlanan rotalarda yapılmalıdır.

Ölçümler sonucu analizde kullanılacak yeterli miktarda verinin toplanabilmesi için, saha başına 100-200 kilometrelik rotalar oluşturulmalıdır

Ölçüm verisi toplamak için test sahalarını fazla yakınına gitmemek gerekir. Bunun sebebi 9999 modelinin bile ancak 200 metreden sonra geçerli olmasıdır ki gerçekte test sahasından 500 metre uzaklıktaki mesafelere kadar toplanan veri, özellikle yoğun bölgelerde, güvenilir

olmamaktadır.

6.3.3 Ayarlama Süreci

Tahmin modeli parametrelerinin düzeltilmesinin amacı, bölge yapısı kodları ve tahmin modeli parametrelerinin ölçülmüş verilerle en çok uyuşmasını sağlayacak olan değerlere ulaşmaktır. Düzeltilmiş bu parametreler kullanılırken, tahmin edilen sinyal seviyesi ölçülen sinyal seviyesinden mümkün olduğunca az farklı ve az sapmalı olmalıdır.

Düzeltilmiş parametre değerlerinin kullanılacağı alan sadece test sahaları tarafından değil ölçüme katılmamış sahalar tarafından da kapsanacaktır. Bu benzer bölgelerin; örneğin aynı bölge yapısı koduna sahip bölgelerin, yakın alan saçılma kayıplarından dolayı orada ölçüm yapılmasından bağımsız olarak, aynı zayıflamaya sahip olacağı varsayımı üzerine kurulmuştur. Planlama programında doğru kapsama kestirimlerine ulaşabilmek için, doğru bir bölge yapısı kodu sınıflandırması gereklidir.

Bir ayarlama süreci aşağıdaki adımları gerektirir:

- 1- Tüm bölgeler için bölge yapısı kayma değerleri sıfır yapılır.
- 2- Tahmin parametre değerleri önceden belirlenmiş değerlere getirilir. Önceden belirlenmiş değerler 2.05 GHz için de aynıdır.
- 3- Araştırma analizi gerçekleştirilir.
- 4- Ortalama hata ve ortalama hataların karesi/standart sapma değerleri not edilir.
- 5- Bölge yapısı kodları ortalama hatayı sıfıra düşürmek için ölçüm değerlerine göre ayarlanır.
- 6- A_1 parametresi yeni değerine çekilir örneğin $A_1 = A_1 + 0.2$.
- 7- Araştırma analizi gerçekleştirilir.
- 8- A_0 ve bölge yapısı kodları ortalama hata sıfır olacak şekilde uygun hale getirilir.
- 9- Araştırma analizi gerçekleştirilir.
- 10- Ortalama hata ve standart sapma not edilir.
- 11- A_0 , A_1 ve bölge yapısı faktörlerinin değerlerindeki herhangi bir değişim düşük ortalama hata kareleri değerini arttırana kadar 6.-10. adımlar arası işlemler tekrar

edilir.

Yukarıda belirtilen adımların çok kolay ve zahmetsiz işler olmadığı açıktır. Genel en düşük değer bulunana kadar çok sayıda tekrar yapılması gereklidir. Önemli noktalardan biri, ortaya çıkan hataları belirleyip bunların, incelemenin belirli bir yerinde mi toplandığı yoksa incelemenin tümüne mi yayıldığıının bulunmasıdır. Eğer hatalar belirli bir bölgede toplanıyorsa o bölge ile ilgili daha derin bir araştırma gerekli olacaktır.



7. Üçüncü Nesil (3G) Şebekeler İçin Planlama Temelleri ve Türkiye’de Bir Bölge İçin Planlama Uygulaması

7.1 Planlamaya Giriş

Masraflar bakımından verimli ve aynı zamanda kaliteli bir şebekenin planlanabilmesi için en önemli nokta, şebeke için ihtiyaç duyulan bilgilerin tam olarak elde edilmesidir. Bu bilgiler sonucu, kapsanmak istenen bölgenin yaklaşık olarak kaç adet istasyonla kapsanacağı belirlenebilmektedir. Operatörler normal şartlarda sağlayıcıdan belirli bir yük seviyesinde, mümkün olan en az istasyon sayısı ile arzu edilen kapsama oranının sağlanmasını garanti etmesini istemektedirler. Sağlayıcılar ise verilen kısa zaman periyodunda ellerindeki sınırlı bilgi ile hedeflenen kapsamaya ulaşmaya çalışmaktadır.

Tecrübeli bir planlama mühendisi, elindeki birkaç parametre vasıtası ile şebeke için ihtiyaç duyulan baz istasyonu sayısını hesaplayabilmektedir. Yapılacak olan ilk hesaplamalar için en önemli parametreler:

- **Kapasite ihtiyacı:** Kapasite için ihtiyaç duyulan baz istasyonu sayısının tahmin edilebilmesi için şebekenin her bölgesindeki planlanan müşteri sayısı ile servis kullanımının bilinmesi gerekmektedir.
- **Kapsama ihtiyacı:** Şebekenin her bölgesinde kapsama için ihtiyaç duyulan baz istasyonu sayısının tahmin edilebilmesi için, yüksek veri oranı servislerinin hat bütçesinin hesaplanması gerekmektedir.

Şebeke genelinde gerekli toplam istasyon sayısını elde etmek için, bölge bölge yapılmış kapasite veya kapsama tahminlerinden her bölge için büyük olan değer seçilir ve her bölgenin sayısı genel toplama eklenir. Kalite için veya tüneller, köprüler, stadyumlar ve havaalanları gibi önemli yerler için toplam sayının %10’u ve planlanan her istasyonun kendi yerine kurulamamasından kaynaklanan boşlukları kapatabilmek için yine ek olarak %10’luk bir değer ilave edilir. Ulaşılan sonuç, sıfırdan kurulan üçüncü nesil bir şebeke için ihtiyaç duyulan baz istasyonu sayısını göstermektedir.

7.1.1 Kapsama Planlaması ve Hat Bütçesi

WCDMA hat bütçesi hesaplamaları yukarı hat doğrultusunda başlamaktadır. Yukarı hat karışması yani diğer mobil istasyonlardan gelen gürültü, CDMA sistemlerinde genellikle

kısıtlayıcı bir faktör olmuştur.

- 1- Hat bütçesi hesaplamasında atılacak olan ilk adım, her şebeke alanında ihtiyaç duyulan veri oranı/oranları ve Eb/No (Energy per Bit to Noise power density ratio : Bit başına düşen enerjinin gürültü güç yoğunluğuna oranı) hedefinin tanımlanmasıdır. Bu değerleri genelde operatör belirler ancak Eb/No'ya yeni bir biçim vermek için simülasyon programları kullanılabilir. Simülasyon, tanımlanan servis profilleriyle düzenli bir baz istasyonu ve mobil istasyon planı yaratarak uygulanabilir. Genellikle her sağlayıcı, operatörlerin kendi şebeke planlarını test edebilmeleri için kullandıkları bir simülasyon programına sahiptir.
- 2- Bir sonraki adım ise BTS çıkış gücü ile alıcı gürültü biçimi, tanımlanan ve kullanılan kablo sistemleri (kalın kablonun montaj maliyeti daha yüksektir), kullanılan anten tipleri, özel bölgelerde akıllı anten sistemlerinin kullanımı, olası amplifikatörler ve kullanılan yer değiştiriciler (örneğin anten, polarizasyon, alıcı vs..) gibi sağlayıcıya ait özel verilerin bir araya getirilmesidir.
- 3- Şebeke operatörü, her coğrafik bölge için Eb/No, veri servisleri, sistem yüklenme faktörü, tahmin edilen mobil istasyon hızları, farklı yayılma kayıpları, kapsama güvenilirliği ve kullanılan sönümlenme sınırını tanımlamak zorundadır. Hücreler arası yumuşak geçiş alanı boyutları daha sonra belirtilecektir.
- 4- Mobil istasyon güç seviyeleri, chip oranı ve ilerleme kazançları UMTS standartları tarafından tanımlanmaktadır. Hücreler arası yumuşak geçiş kazancı ile termik gürültü yoğunluğu her UMTS sisteminde aynıdır. Hem operatör hem de sağlayıcı, gerekli testler sonrası belirlenen yayılım modelleri konusunda anlaşmaya varmalıdır.

Hat bütçesi sonuç olarak bir hücre alanı vermekte ve bu hücreden kapsama alanı hesaplanabilmektedir. Hücre kapsamı üstüste binme parametresi hücre sayısını fazlasıyla arttırdığından genel olarak hesaplamalara dahil edilmemektedir. Çoğu planlama mühendisi kapsamının %20-30 civarında üstüste binmesi konusunda hemfikirdir ancak bu durum direkt olarak maliyeti arttırmaktadır. Tüm bu işlemlerden sonra baz istasyonu ihtiyaçları aşağıdaki örnek tabloda gösterildiği gibi her türdeki bölge için hesaplanabilmektedir.

Çizelge 7.1 Hat bütçesi kullanarak hücre kapsamı hesabı

UMTS Yukarı Hat bütçe örneği	
TX (Verici)	
Mobil istasyonun maksimum gücü = 0.125W (dBm)	21
Vücut kaybı - Anten kazancı (dB)	2
EIRP (dBm)	19
RX (Alıcı)	
BTS gürültü yoğunluğu (dBm/Hz) =Termik gürültü yoğunluğu + BTS gürültü biçimi	-168
RX gürültü yoğunluğu (dBm) =-168+10*log(3840000)	-102.2
Karışma toleransı (dB)	3
RX karışma gücü (dBm) =10*LOG(10^((-102.2+3)/10)- 10^(-102.2/10))	-102.2
Gürültü & karışma (dBm) =10*LOG(10^((-102.2)/10)+10^(-102.2/10))	-99.2
İşlem kazancı (dB), 144k =10*log(3840/144)	14.3
Konuşma için gerekli Eb/No değeri (dB)	5
Anten kazancı (dBi)	19
Kablo ve bağlantı kayıpları (dB)	2
Hızlı sönmülenme toleransı (dB) =yavaş hareket eden mobil telefonlar	4
RX hassasiyeti (dBm)	-121.4
Toplam mevcut yol kaybı (dB)	140.4
Boyutlandırma	
Log normal sönmülenme toleransı (dB)	7
Bina içi / Araç içi kayıplar (dB)	0
Hücreler arası yumuşak geçiş kazancı (dB)	3
Hücre sınırında hedeflenen yayılma kaybı (dB)	136.4
Okumura-Hata hücre sınırı (km) $L=137.4+35.2\text{LOG}(d)$	0.94
İstasyonun altıgen kaplama alanı (km ²)	2.3
Hücreler arası geçişler için üstüste binen kapsama oranı (%)	20%
“Azyoğun” bölge için istenilen kapsama alanı (km ²)	200
Gerekli baz istasyonu sayısı	105

Görüldüğü gibi istasyon sayısı, yayılma modeli ve üstüste binme oranına karşı çok duyarlıdır. Yüksek hızda çalışacak üçüncü nesil şebekeler çok fazla sayıda istasyona ihtiyaç duymaktadır.

İşlem kazancı olarak gösterilen değer, çalışılması istenen veri oranıyla orantılı olarak değişim göstermektedir. Bölge yoğunluklarına göre arzu edilen iletim hızı ve veri oranı farklı olmaktadır. Bu da, bölgeler arasındaki istasyon sayısı farklarına etki etmektedir. Çizelge içinde gösterilmiş olan formüller, uygulama sırasında detaylı olarak incelenecektir.

7.1.2 Kapasite Planlaması

Şebekeye yerleştirilen verici sayısı, mobil sistemin teorik kapasitesini sınırlamaktadır. CDMA sistemlerinde kapasiteyi sinyal karışması, planlanan ve kabul edilen kalite ile servis derecesi belirlemektedir. Aynı zamanda CDMA sistemleri, şebeke bölgesi kapasite kestirimlerini güçleştiren “yumuşak kapasite”ye sahiptir. Hat bütçesi, müsaade edilen en yüksek yol kaybı ile en büyük hücre sınırını hesaplamak için kullanılmaktadır. Hat bütçesi, hücre içinde çok fazla yükün sebep olduğu arttırılmış gürültü anlamına gelen karışma toleransını da içermektedir. Bu yüzden hücre yüklemesinin arttırılması hücre kapsamının daha küçük olmasına sebebiyet vermektedir. Buradan da hücre kapsamı ve kapasitenin bir zincirin halkaları gibi nasıl birbirlerine bağlı olduklarını rahatça söyleyebilmekteyiz.

Sistem kapasitesinin planlaması iki parçaya bölünmüştür:

- 1- Yapılacak olan ilk şey tek bir verici ve istasyon kapasitesi kestirimidir. Verici ve istasyon kapasitesi değerlerine yaklaşabilmek için hücre içi gürültü, Eb/No ihtiyacı, planlanan veri oranı, kapsama olasılığı, hava kaynaklarının kullanım aktivitesi faktörü, hedeflenen karışma toleransı ve işlem kazançları değerlerine ihtiyaç vardır. Parametre değerlerine dayanarak söylenebilir ki, planlanan verici kapasitesi verici başına tipik olarak 400 kbits/s ile 700 kbits/s arasında değişmektedir.
- 2- İkinci adım ise her hücrenin kaç mobil aboneye hizmet verebileceğini hesaplamaktır. Hücre kapasitesi ve abone trafik profili bilindiği takdirde, şebeke alanındaki baz istasyonu ihtiyaçları hesaplanabilmektedir. Hesaplamalar abone başına Erlang veya abone başına kilobit olarak yapılabilir. Şebeke satıcıları genelde sistem parametrelerini test etmek ve yaklaşık kestirimlerin doğruluğunu kanıtlamak için simülasyon programları kullanmaktadır. Etraflı bir şebeke boyutlandırması için çok fazla veriye ihtiyaç vardır: abone sayısı ve abone sayısı için büyüme tahminleri, trafik / kullanıcı /

yoğun saat (busy hour) / coğrafi kesimler gibi.



Şekil 7.1 Farklı trafik türleri

Basit bir örnekle aşağı hat yönündeki kapasite hesaplamasını inceleyecek olursak:

Yoğun saatler içinde (busy hour) kullanıcı ortalama olarak 384 kbit/s ile 10 Mbit, 144 kbit/s ile 2 Mbit veri indirmekte, ve 60 saniyelik bir görüşme yapmaktadır. Şebeke koşulları yüzünden verinin 1.1 kez tekrar iletilmesi gerekmektedir. Bu bilgileri çizelge üzerinde hesaplayalım.

Çizelge 7.2 Aşağı hat için örnek kapasite hesabı

Servis Oranı	Ortalama Oran
$(10000 \text{ kbit} / 3600 \text{ s}) * 1.1$	3.06 kbit/s
$(2000 \text{ kbit} / 3600 \text{ s}) * 1.1$	0.61 kbit/s
$(60 \text{ s} * 12.2 \text{ kbit/s}) / 3600 \text{ s}$	0.20 kbit/s
Toplam	3.87 kbit/s / kullanıcı / yoğun saat

Bir hücrenin kapasitesi 500 kbit/s olarak düşünülürse, her hücre $500 / 3.87 = 129$ kullanıcı kaldırabilecektir.

Bu basit örnekten de görülmektedir ki kapasite hesabı, veri indirme miktarı, tekrar iletilme oranı ve tahmin edilen hücre kapasitesine karşı çok duyarlıdır. Şebeke çalışmaya başlamadan ve kullanıcılar yüksek hızlı servisleri kullanmadan önce şebeke kapasite hesaplamaları sadece bir tahmin olarak kalmaktadır.

Kapasite hesaplamaları çok önceden yapılmasına rağmen şebekeler öncelikli olarak istenilen kapsamaya göre planlanmaktadır. Kapasite istasyonları ve verici eklemeleri gerçek trafik yükü ortaya çıktıktan sonra yapılmaktadır. İkinci nesil sistemlerde, şebeke kurulmadan önce yapılan yoğun saatlerdeki kullanıcı başına düşecek olan Erlang hesaplamaları genelde

umulduğu gibi olmamıştır ve bu eğilimin üçüncü nesil sistemlerde de bu şekilde devam etmesi beklenmektedir. Aynı şekilde bizim yapacağımız uygulamada da farklı varyasyonlara göre kapasite hesabı yapılacak ancak bu hesaplar gerçek hayatta kurulacak olan üçüncü nesil sistemlerle karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar sadece bir tahminden öteye gidemeyecektir.

7.1.3 Planlamanın Temel Noktaları

Her coğrafik bölge için kapsama ve kapasite ihtiyaçlarının hesaplanmasından sonra bu değerlerden daha büyük olanının seçilmesi gerekmektedir. İdeal şartlarda bölgeler için hesaplanan değerlerle gerçek hayattakiler uyuşsa da normalde böyle olmamaktadır. Kullanılan kaynakların iyileştirilmesi için tekrardan ayarlamalar yapılması gerekmektedir.

Eğer coğrafi bir alan kapsama yönünden problemler yaşıyorsa, kapsama ve kapasite ihtiyaçları birbirine uyana kadar her sektördeki yük azaltılır. Yükün azaltılması aynı zamanda hat bütçesindeki karışma toleransının da azalmasına ve B düğümü sayısının artmasına sebep olacaktır.

Operatörler üçüncü nesil baz istasyonlarını öncelikli olarak mevcut ikinci nesil istasyonlarının bulunduğu yerlere ya da anlaşması kolay olan yerlere kurmayı tercih ederler. Bu durum hücre planlamanın özelliklerinin kaybolmasına ve şebeke kalitesinden ödün verilmesine sebep olur ancak daha hızlı bir kurulum gerçekleşir.

Şebekedeki bir kısım bölgelere özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Alışveriş merkezleri, havaalanları, stadyumlar gibi çok yoğun bölgeler iyi planlanmış bir yaklaşıma ihtiyaç duymaktadır. Hücreler arası yumuşak geçişlerde kapsamanın üstüste binmesine karşı hücre dışı karışma da hesaba katılmalıdır. Hiyerarşik sistemler çok frekanslı sistemlerle çalışmakta ancak CDMA gibi tek frekanslı sistemlerde çalışmamaktadır. Eğer çoklu katman planlanmışsa her katman için farklı frekanslar gerekmektedir.

OVSF kodları RNC tarafından yönetildiğinden onlar için ayrıca bir planlamaya ihtiyaç duyulmamaktadır fakat sözde gürültü kodlarının planlanması gerekmektedir. Sözde gürültü kodlarının sayısının çok fazla olması sebebiyle yapılan plan tamamıyla sıradan bir iş halini almaktadır.

Yukarı hat yönündeki sözde gürültü kodları her kullanıcı için RNC tarafından tahsis edilmektedir. Her RNC, diğerlerinden farklı bir kod havuzuna sahiptir. Kod sayısının aşırı fazla olması sonucu yukarı hat kod tahsisi görevi RNC için çok kolay bir görevdir.

Ülkeler arası sınır bölgelerinde aşağı hat için sözde gürültü kodu planlaması önemli bir noktadır. Aynı sözde gürültü kodunu kullanan hücreler arasında en düşük ayrılma (separation) kullanılmalıdır, fakat pratikte en büyük ayrılma planlanacaktır.

Çizelge 7.3 UMTS kod kullanımı

Kodlar	Sözde Gürültü Kodları	OVSF Kodları
Yukarı Hat	Farklı kullanıcılar	Aynı kullanıcıdan kanallar
Aşağı Hat	Farklı B düğümleri	Farklı kullanıcılar

7.1.4 Radyo Erişim Şebekesi Planlaması

UMTS RAN ve Çekirdek şebeke planı yapılması, basitçe istenilen şebeke görünümünün seçilmesi, gelecekte genişletme yaklaşımı, gerekli donanımın hesaplanması, yazılım özelliklerine karar verilmesi ve tüm arayüzlerin boyutlandırılması olarak tanımlanabilir.

Radyo Erişim Şebekesi (RAN), ayarlanması ve boyutlandırılması gereken birçok arayüze sahiptir. Ayarlanması gereken RAN arayüzleri aşağıda sıralanmıştır:

- Iu: RNC ve çekirdek şebeke (MSC veya SGSN) arasındaki arayüz.
 - Iucs: Devre anahtarlama Iu (MSC'ye veya MSC'den ses için).
 - Iups: Paket anahtarlama Iu (SGSN'e veya SGSN'den veri için).
- Iub: RNC ve B düğümü arasındaki arayüz.
- Iur: İki RNC arasındaki arayüz.

B düğümü sayısı arayüz kapasitesi ve kapsama hesaplarından çıkartılır. Aynı şekilde B düğümleri de ayarlanmak durumundadır. Donanım ayarları donanım sağlayıcılara özgün olmakla beraber aşağıda bazı ayarlanması gerekebilecek elemanların listesi sıralanmıştır:

- Beklenen trafiğin çağrı karışımı
- B düğümlerinin türleri
- Düşük kapasiteli B düğümlerinin sayısı
- Gerekli yedek üniteler (örn. 2N, 2N+1)

- Gerekli değiştiriciler (diversity)
- Sektör başına düşen taşıyıcı sayısı
- Sektör başına düşen B düğümü sayısı
- Kullanıcı sayısı
- Taşınacak ses ve veri trafiği
- B düğümü yazılım özellikleri
- Gerekli olan B düğümü seçmeli özellikleri
- Özel anten sistemleri için gerekenler
- Güç ve transmisyon sistemleri için gerekenler

RNC planlaması, hava arayüzü boyutlandırılması ve şebeke arayüzlerinin planlanmasından sonra gerçekleştirilir. Bu boyutlandırmalar yapıldıktan sonra her RNC hattının bant genişliği bilinmiş olur. RNC boyutlandırılması, RNC sayısının hesaplanması ve radyo erişim şebekesinin ihtiyaçlarını karşılayacak RNC'lerin konfigürasyonudur. şebeke ekipmanlarının konfigürasyon seçiminde bazı tavizlerin verilmesi gerekebilir. şebeke ileride genişlemeyi kolaylaştırabilecek şekilde ya da maliyeti en aza indirecek şekilde planlanabilir. Genellikle RNC'lerin konumları şebeke operatörlerinin istasyon konumlarına bağlıdır, bu nedenle transmisyon maliyetleri en hesaplı RNC konfigürasyonları için belirleyici unsur olmaktadır. RNC donanım konfigürasyonları da donanım sağlayıcılara özgü olup, aşağıda RNC boyutlandırılması esnasında göz önünde bulundurulması gereken elemanların listesi verilmiştir:

- RNC kapasitesi ve konfigürasyon seçenekleri
- Toplam devre anahtarlama trafiği (Erlang)
- Toplam paket anahtarlama trafiği (Mbps)
- Toplam trafik ve sinyalleşme yükü
- Toplam B düğümü sayısı
- Toplam hücre sayısı
- Toplam taşıyıcı sayısı

- Kullanılan kanal konfigürasyonları
- RNC yazılım özellikleri
- Gerekli olan RNC seçmeli özellikleri
- Transmisyon arayüzlerinin türleri
- Genişleme ihtimalleri

7.1.5 Çekirdek Şebeke Planlaması

UMTS çekirdek şebeke planlaması GSN sistem dizaynı, MSC ve sicillerinin boyutlandırılması, OMC boyutlandırılması ve çekirdek şebeke arabirimlerinin boyutlandırılması işlemlerinden meydana gelir.

Çekirdek şebeke, ayarlanması ve boyutlandırılması gereken arabirlere sahiptir. Ayar gerektiren arabirimler şunlardır:

- Gn : SGSN ile GGSN arasındaki arabirim
- Gi : GGSN ile harici paket veri şebekesi arasındaki arabirim

Diğer arabirimler de MSC'ler ile PSTN, HLR, AUC, EIR, SMS, ücretlendirme merkezi, sesli posta, OMC, WAP ve diğer şebeke elemanları arasındadır.

GSN sistemlerinin planlanabilmesi için gerekli olan temel bilgiler, hava arabirimi planlamasında ihtiyaç duyulan bilgilerle benzerlik göstermektedir. Donanım konfigürasyonunun sağlayıcıdan sağlayıcıya göre değişmesine rağmen, GSN sistemi planlarken hesaba katılması gereken bilgilerin genel listesi şu şekildedir:

- Abone sayısı
- PDP kontekst sayısı
- Hizmet harekete geçirme oranı
- En yüksek değerdeki trafik miktarı
- İhtiyaç duyulan hatların sayısı
- Hizmet verilen alandaki RNC sayısı

Çekirdek şebeke yazılım konfigürasyonları da sağlayıcıya özgüdür. Şebeke sağlayıcıları, çekirdek şebekenin tüm yönleriyle nasıl planlandığına dair kapsamlı dökümantasyonlara sahiptir. MSC'lerin boyutlandırılması sırasında gerekli olan bilgilerin listesi aşağıdadır:

- Abone sayısı
- Ortalama görüşme uzunluğu
- Görüşme birleşimi
- Toplam devre anahtarlama trafiki (Erlang)
- Sistem özellikleri
- Diğer ekipmanlara dahili bağlantı
- MSC yazılım özellikleri
- İhtiyaç duyulan MSC kapasitesi ve konfigürasyon özellikleri.

7.2 Uygulama

Bu bölümde öncelikle kullanılacak olan simülasyon programı tanıtılacak ve çalışılacak bölge yapısı hakkında bilgiler verilecektir (alan, arazi yapısı, yükseklikler, harita üzerinde gösterim). Uygulamanın yapılacağı bölge için geçerli olan yayılma modelinin belirlenmiş olan bölge kayıpları incelenecek, ardından da gerekli bilgilerin programa girişi yapılacaktır (model, anten tipi vb...).

Farklı iletim hızlarında istenilen kapsama ve kapasiteye göre hesaplamalar yapılarak, seçilmiş bölge için gerekli istasyon sayıları hat bütçeleri yardımıyla bulunacaktır. Daha sonra aynı bölge, yayılma model bilgileri önceden girilmiş olan simülasyon programı vasıtasıyla planlanacak ve aynı kapsama oranları için bulunan değerler birbirleriyle karşılaştırılıp kıyaslama yapılacaktır.

Planlanmış olan istasyonların tek tek ve topluca kapsamaları gösterilecek, iki taraftan gelen bilgilerin ne kadar uyduğu tartışılacaktır.

7.2.1 Simülasyon Programının Tanıtılması

Kısaca tanıtılacak olan TEMS Cell Planner isimli program, Ericsson lisansı altında kullanılmakta olan tescilli bir planlama programıdır. Detaya girmeden önemli özelliklerinden bahsedilecek, yapılacak uygulamada gerekli olacak kullanım teknikleri hakkında bilgiler verilecektir.

Programın işleyebilmesi için, çalışılacak bölgeyle ilgili birtakım bilgileri içeren özel formatta dosyalara ihtiyaç vardır. Bu bilgilerden en önemlileri bölge yapıları, yükseklik bilgileri ve yol bilgileridir. Bizim kullanacağımız harita, 20 metre çözünürlükteki İstanbul haritasıdır. Yani harita 20 metrelik kutucuklara bölünmüş ve her kutucuk için arazi yapısı ve yükseklik bilgisi ayrı ayrı tanıtılmıştır.

Ek 1’de İstanbul için bölge, yol ve yükseklik yapıları örnek şekillerle gösterilmektedir. Haritadaki bölge yapıları, bina yükseklik ve durumlarına göre hazırlanmıştır. Örneğin 3-5 katlı birbirlerine uzak binalar kahverengi, 6-8 katlı birbirlerine yakın binalar ise pembe renkli olarak gösterilmiştir.

Model ayarlama olarak bahsedilen işlem de, haritada gösterilen farklı türdeki bölge yapılarının, sinyale ‘dB’ cinsinden uğratacağı kaybı hesaplamak için gerçekleştirilmektedir.

Simülasyon programının kullanılmasındaki amaç, her bir baz istasyonunun kapsama alanlarının hesaplanması ve şebekedeki genel kapsamanın yaklaşık olarak görülebilmesidir. Bu hesaplamalar daha önce bahsedilmiş olan Okumura-Hata algoritmalarına dayanmakta olup uzun denklemlerin çözülmesi sonucu arzu edilen değerlere ulaşılmaktadır.

Kapsama hesabı, daha önce bahsedilen 20 metrelik kutucuklar için birbirlerinden bağımsız olarak tek tek gerçekleştirilir, ve gösterim yapılırken topluca dikkate alınır.

7.2.2 Model Ayarlama ve Bölge Kayıpları

Kullanacağımız harita, İstanbul’u 19 farklı bölge yapısına ayırmıştır. Yükseklik farkı ve binaların birbirlerine yakınlık durumları ile değişik türlerdeki bitki örtüleri, farklı yapıları oluşturmaktadır.

Daha önceki kısımlarda üzerinde detaylıca durduğumuz model ayarlama işlemi, UMTS frekansı olan 2100 MHz için Türkiye’de henüz pratik olarak uygulanmamıştır. Bu yüzden yapacağımız uygulamada, 2100 MHz için modifiye edilmiş olan 1800 MHz frekansı değerlerini kullanacağız. Bu değerler yaklaşık değerler olmakla birlikte güvenilir sonuçlar

vermektedir.

Bölge yapıları ve herbir yapı için dikkate alınması gereken değeri şu şekilde sıralayabiliriz:

Çizelge 7.4 Bölge yapılarına göre sinyal kayıpları

Bölge Yapısı	Sinyal Kaybı (dB)
1-2 katlı birbirlerine yakın binalar	10
1-2 katlı birbirlerinden uzak binalar	7
3-5 katlı birbirlerinden uzak binalar	13
3-5 katlı birbirlerine yakın binalar	16
5 katlı birbirlerine yakın binalar	18
6-8 katlı birbirlerinden uzak binalar	17
6-8 katlı birbirlerine yakın binalar	20
9-12 katlı karışık bloklar	17
9-12 katlı binalar	19
13-15 katlı binalar	21
16-20 katlı binalar	22
20+ katlı binalar	23
26+ katlı gökdelenler	24
5 metreden kısa bitki örtüsü	8
5-10 metrelik ağaçlar	10
10 metreden uzun ağaçlar	12
Su	2
Açık alanlar	5

7.2.3 Kapsamaya Göre Hesaplamalar

Kapsama hesaplarını dört farklı veri iletim oranına göre inceleyeceğiz. Her oran için ayrı ayrı hücre sınırında hedeflenen yayılma kaybını hesaplayacak ve hücre sınırı mesafelerine göre planlama yapılacak bölge için gerekli olan istasyon sayılarını çıkartacağız.

Üzerinde duracağımız veri oranları 8 kb/s (sadece konuşma için gerekli olan değer), 64 kb/s, 144 kb/s ve 384 kb/s'dir. Hesaplama da kullanılacak değerler ve formülleri şu şekilde verilebilir.

Mobil istasyonun maksimum gücü = $0.125W = 21 \text{ dBm}$

Vücut kaybı = 2 dB (Sadece konuşma sırasında geçerlidir. Diğer işlemlerde hesaba katılmaz)

$$\text{EIRP} = \text{Mobil istasyonun maksimum gücü} - \text{Vücut kaybı} \quad (7.1)$$

$$\text{BTS gürültü yoğunluğu} = \text{Termik gürültü yoğunluğu} + \text{BTS gürültü biçimi} \quad (7.2)$$

$$\text{BTS gürültü yoğunluğu} = -174+6 = -168 \text{ (dBm/Hz)}$$

$$\text{RX gürültü yoğunluğu} = \text{BTS gürültü yoğunluğu} + 10\log(3840000) \quad (7.3)$$

$$\text{RX gürültü yoğunluğu} = -168 + 10\log(3840000) = -102.2 \text{ (dBm)}$$

$$\text{Karişma toleransı} = 3 \text{ dB}$$

$$\text{RX karişma gücü} = 10\log\left(10^{\frac{\text{RXgürültüyoğ.} + \text{Kar.toleransı}}{10}} - 10^{\frac{\text{RXgürültüyoğ.}}{10}}\right) \quad (7.4)$$

$$\text{RX karişma gücü} = 10\log\left(10^{\frac{-102.2+3}{10}} - 10^{\frac{-102.2}{10}}\right) = -102.2 \text{ (dBm)}$$

$$\text{Gürültü \& karişma} = 10\log\left(10^{\frac{\text{RXgürültüyoğ.}}{10}} - 10^{\frac{\text{RXkarişmagücü}}{10}}\right) \quad (7.5)$$

$$\text{Gürültü \& karişma} = 10\log\left(10^{\frac{-102.2}{10}} - 10^{\frac{-102.2}{10}}\right) = -99.2 \text{ (dBm)}$$

$$\text{İşlem kazancı} = 10\log\left(\frac{3840}{\text{verioranı}}\right) \text{ (dB)} \quad (7.6)$$

Çizelge 7.5 Veri oranına göre Eb/No değerleri

Veri oranı	8kb/s	64kb/s	144kb/s	384 kb/s
Eb/No	4.8	2.4	1.7	0.4

$$\text{Anten kazancı} = 18 \text{ (dBi)}$$

$$\text{Kablo ve bağlantı kayıpları} = 3 \text{ (dB)}$$

$$\text{Hızlı sönümlenme toleransı} = 4 \text{ (dB)}$$

Bu değerlere göre RX hassasiyeti şu şekilde hesaplanır;

$$\text{RX hassasiyeti} = (\text{Gürültü \& karişma}) - (\text{İşlem kazancı}) + (\text{Eb/No}) - (\text{Anten kazancı}) + (\text{Kablo ve bağlantı kayıpları}) + (\text{Hızlı sönümlenme toleransı}) \quad (7.7)$$

Buradan toplam yol kaybı;

$$\text{Toplam yol kaybı} = (\text{EIRP}) - (\text{RX hassasiyeti}) \quad (7.8)$$

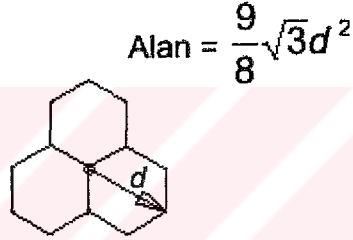
formülü ile hesaplanır ve boyutlandırma sonrası hücre sınırındaki yayılma kaybına ulaşılmış olunur;

Hücre sınırında hedeflenen yayılma kaybı = (Toplam yol kaybı) – (Log normal sönümlenme toleransı) – (Bina ve araç içi kayıplar) + (Hücreler arası yumuşak geçiş kazancı) (7.9)

Hücre sınırı, Okumura-Hata formülü yardımıyla km cinsinden şu formül vasıtasıyla hesaplanabilir:

$$L = 137.4 + 35.2 \log(d) \quad (7.10)$$

Buradan d çekilir ve üç sektörlü bir istasyonun toplam alanı şekilde görüldüğü gibi hesaplanır.



Şekil 7.1 Hücre sınırı bilinen istasyonun kapsama alanı hesabı

Son olarak da kapsanmak istenen alan bir istasyonun alanına bölünerek, yaklaşık olarak kaç istasyonla kapsanabileceği hesaplanır.

Ek 2’de seçilen poligonla ilgili bölge, yol ve yükseklik bilgileri incelenebilir. Seçilen alanın çok yoğun bir yerleşim yapısına sahip olmasına dikkat edilmiştir. Genellikle 9-12 katlı binalardan oluşan bu alan Anadolu yakasının en kalabalık bölgelerinden biridir. Semt olarak Kızıltoprak, Ziverbey, Feneryolu ile Göztepe ve Fenerbahçe’nin bir kısmı poligon içerisine düşmüştür. Kısmen düz bir zemine sahip olmakla birlikte Göztepe tarafına doğru yükseklikler göze çarpmaktadır. Şekillerde yeşil renkli çizgiyle belirtilmiş olan poligon, alan olarak 5.5 km²’lik yüzölçümüne sahiptir.

Şimdi tüm bu formüller yardımıyla 8, 64, 144 ve 384 kb/s hızlarında, seçmiş olduğumuz poligonu kapsayabilmek için kaç adet istasyon gerektiğini hesaplayalım.

Tüm bilgileri yanyana girerek, veri hızının artması sonucu yol kaybı, hücre sınırı mesafesi ve kapsama için gerekli olan baz istasyonu sayısının nasıl değişim gösterdiğini daha kolay bir şekilde inceleyebiliriz.

Çizelge 7.6 Farklı veri hızlarına göre kapsama hesabı

TX (Verici)	8 kb/s	64 kb/s	144 kb/s	384 kb/s
Mobil istasyonun maksimum gücü = 0.125W (dBm)	21	21	21	21
Vücut kaybı - Anten kazancı (dB)	2	0	0	0
EIRP (dBm)	19	21	21	21
RX (Alıcı)				
BTS gürültü yoğunluğu (dBm/Hz)	-168	-168	-168	-168
RX gürültü yoğunluğu (dBm) = -168 + 10 * log(3840000)	-102.2	-102.2	-102.2	-102.2
Karışma toleransı (dB)	3	3	3	3
RX karışma gücü (dBm)	-102.2	-102.2	-102.2	-102.2
Gürültü & karışma (dBm)	-99.2	-99.2	-99.2	-99.2
İşlem kazancı (dB), = 10 * log(3840/veri oranı)	26.8	17.8	14.3	10
Konuşma için gerekli Eb/No değeri (dB)	4.8	2.4	1.7	0.4
Anten kazancı (dBi)	18	18	18	18
Kablo ve bağlantı kayıpları (dB)	3	3	3	3
Hızlı sönmülme toleransı (dB)	4	4	4	4
RX hassasiyeti (dBm)	-132.2	-125.5	-122.7	-119.8
Toplam mevcut yol kaybı (dB)	151.2	146.5	143.7	140.8
Boyutlandırma				
Log normal sönmülme toleransı (dB)	7	7	7	7
Bina içi / Araç içi kayıplar (dB)	18	18	18	18
Hücreler arası yumuşak geçiş kazancı (dB)	5	5	5	5
Hücre sınırında hedeflenen yayılma kaybı (dB)	131.2	126.5	123.7	120.8
Okumura-Hata hücre sınırı (km) $L=137.4+35.2\text{LOG}(d)$	0.67	0.49	0.41	0.34
İstasyonun toplam kapsama alanı (km ²)	0.8623	0.4705	0.3253	0.2208
Kapsanması istenilen poligonun alanı (km ²)	5.5	5.5	5.5	5.5
Gerekli baz istasyonu sayısı	7	12	17	25

7.2.4 Kapasiteye Göre Hesaplamalar

Daha önce de bahsedildiği gibi, şebeke çalışmadan ve kullanıcılar yüksek hızlı servisleri kullanmadan önce yapılan kapasite hesaplamaları sadece bir tahminden öteye gidememektedir. Ancak hesap mantığının anlaşılabilmesi açısından, daha önce verilen örnek tarzında bir çalışma daha yapılacaktır.

Seçilen poligon içerisinde 10000 kişi yaşadığını düşünelim. Yoğun saatler içerisinde kullanıcının 384 kb/s ile 15 Mbit, 144 kb/s ile 5 Mbit veri indirdiğini ve 140 saniyelik bir konuşma yaptığını varsayalım. Olumsuz koşullar yüzünden verilerin 1.15 kez yeniden iletilmek zorunda kaldığını dikkate alalım.

Çizelge 7.7 Kapasite hesabı

Servis Oranı	Ortalama Oran
$(15000 \text{ kbit} / 3600 \text{ s}) * 1.15$	4.79 kbit/s
$(5000 \text{ kbit} / 3600 \text{ s}) * 1.15$	1.60 kbit/s
$(140 \text{ s} * 8 \text{ kbit/s}) / 3600 \text{ s}$	0.31 kbit/s
Toplam	6.7 kbit/s / kullanıcı / yoğun saat

Görüldüğü gibi bu varsayımlara göre yoğun saatler dahilinde tek bir kullanıcının saniyede indireceği veri oranı 6.7 kb olmaktadır. Bir hücrenin kapasitesi 500 kb/s olarak hesaba katılırsa; o hücre $500 / 6.7 = 75$ kullanıcıya aynı anda hizmet verebilecektir. En yüksek veri iletim oranı olan 384 kb/s için 25 istasyon gerektiğini hesaplamıştık. Buna göre $25 * 3 = 75$ ve $75 * 75 = 5625$ kullanıcı anlamına gelmektedir. Yani 10000 kişilik bir alan için yetersiz kalmaktadır.

Sonuç olarak bu hesaplamalar sadece tahmindir. Şebeke ancak faaliyete geçtikten sonra gerçekçi değerler elde edilebilir.

7.2.5 Kapsama Hesabına Göre Çıkan Sonuçların Simülasyon Programında Kıyaslanması

Bölge yapılarına göre sinyal kayıpları daha önceden programa girilmişti. Girişi yapılması gereken diğer bir önemli bilgi de baz istasyonu EIRP'sidir.

$$\text{EIRP} = (\text{Çıkış gücü}) - (\text{Kablo ve bağlantı kayıpları}) + (\text{Anten kazancı}) \quad (7.11)$$

GSM 1800 için EIRP = 53.5 (dBm)

Dizayn değeri = EIRP – Yol kaybı (7.12)

1800 MHz ile 2100 Mhz arasındaki farktan kaynaklanan 1.7 dB’lik bir yol kaybı değişimi vardır.

Yani;

$$8 \text{ kb/s} = 53.5 - 131.2 + 1.7 = -76 \text{ dBm}$$

$$64 \text{ kb/s} = 53.5 - 126.5 + 1.7 = -71.3 \text{ dBm}$$

$$144 \text{ kb/s} = 53.5 - 123.7 + 1.7 = -68.5 \text{ dBm}$$

$$384 \text{ kb/s} = 53.5 - 120.8 + 1.7 = -65.6 \text{ dBm}$$

değerlerine karşılık gelmektedir.

Bunun anlamı; istasyondan 384 kb/s’nin hücre sınırı mesafesi olan 340 metre mesafede en kötü ihtimalle -65.6 dBm, 144 kb/s’nin hücre sınırı mesafesi olan 410 metrede ise en kötü ihtimalle -68.5 dBm’lik sinyal seviyesi beklendiğidir. Tabi ki bu hesaplamalar yine teoridedir. Arazi ve bölge yapısı, her yerde aynı sonucun alınmasını engeller.

Simülasyon programında yapılan plan en yüksek değer olan 384 kb/s için uygulanacak, böylece diğer tüm veri oranları da desteklenmiş olacaktır.

Ek 3’te, yapılmış olan plana dair tüm kapsama ve tek tek birkaç tane istasyonun kapsamı örnek gösterilmiştir. Şekil Ek 3.2’de görüldüğü gibi istasyondan 340 metre uzaklıkta, 384 kb/s için istenilen sinyal değerine ulaşılabilir. Aynı şekilde Şekil Ek 2.3’de, 144 kb/s için sınır mesafesi olan 410 metreye ulaşıldığı görülebilmektedir.

Genel kapsamada dikkat edilecek olan unsur, 25 istasyon kullanılmış olmasına karşın her yerin kapatılamamış olmasıdır. Bunun sebebi daha önce de üzerinde durduğumuz arazi yapısıdır. Teoride planlanan sayıya çok yaklaşmış dahi olsak, yine de bir miktar hata payı bulunmaktadır. %10-15’lik bir sapma, her an için beklenmelidir.

8. Sonuçlar ve neriler

Yapılan uygulama sonucu görülmüştür ki, teoride ulaşılan değerler çok ufak ayrıntılarla çok büyük değişimler göstermektedir. Gerçek hayatta ise arazi yapısı ve bölge yapıları gibi diğer etmenler etkili olmaktadır.

Kapsama ile ilgili hesaplamalar, kapasite ile ilgili olanlara göre daha gerçekçi fikirler vermektedir. Çünkü aktif olarak çalışmayan bir şebeke için trafik hesaplamaları yapmak tahmini değerlerden öteye gidememektedir. Bu sebepten dolayı da dikkate alınması gerekli olan kısım kapsama ile ilgili olanlardır.

UMTS sistemleri çok büyük ihtimalle mevcut GSM sistemlerinin üzerine kurulacaktır. Operatörler sıfırdan bir sistem kurmak yerine, mevcut sistemlerini genişletme yolunu tercih edeceklerdir. Bu durum da bir takım kalite problemlerini birlikte getirecektir. Tam olarak istenilen yerlerin kiralanamaması kapsama ile ilgili sorunlara yol açacak, sonuç olarak da kaliteden verilen ödün, eksik sinyal seviyesi olarak geri dönecektir.

KAYNAKLAR

- Annan, A., (1999), The Evolution From 2G To 3G, Ericsson Radio Systems AB, Stockholm/İsveç.
- Anthony, N., (2000), PDC/UMTS Delta, R1D, Ericsson Radio Systems AB, Stockholm/İsveç.
- Berggren, F., (2001), Power Control, Transmission Rate Control and Scheduling in Cellular Radio Systems, 42, Royal Institute of Technology, Stockholm/İsveç.
- Dahlman, E., Gudmundson, B., Nilsson, M. ve Skold, J., UMTS/IMT-2000.
- Guerreiro, E.V., (2001), GPRS System Survey, R2A, Ericsson Radio Systems AB, Stockholm/İsveç.
- Jansson, L., (2001), WCDMA/UMTS System Overview, R1C, Ericsson Radio Systems AB, Stockholm/İsveç.
- Nurmi, J., Harju, L. ve Kuulusa, M., (2001), A Flexible Rake Receiver Architecture for WCDMA Mobile Terminals, Tampere University of Technology, Tampere/Finlandiya.
- Rodermund, F., (2000), Spreading and Modulation(FDD), TS 25.213 V3.4.0, 3GPP, 7, Valbonne/Fransa.
- Sipilä, K., Hämäläinen, S. ve Holma, H., (1999), Advanced WCDMA Radio Network Simulator, Proceedings of VTC'99, Houston/Texas.
- Thiessen, M., (1999), WCDMA Experimental System, 95, Ericsson Radio Systems AB, Stockholm/İsveç.
- Thomssen, M., (1996), RF Measurements and Model Parameter Optimisation Guideline, ERA/LN:1175, Ericsson Radio Systems AB, Stockholm/İsveç.
- Toskala, A. ve Holma, H., (2000), WCDMA FOR UMTS, ISBN 0-471-72051-8, Wiley & Sons, New York.
- Wacker, A., Laiho, J., Sipilä, K. ve Heiska, K., (1999), The Impact of the Subscriber Profile on WCDMA Radio Network Performance, VTC'99, Houston/Texas.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1]www.3gpp.org
- [2]www.umts-forum.org
- [3]www.eurescom.de/~public-web-deliverables/P900-series/P921/D2/index001017.html
- [4]www.3g-generation.com/3g_spectrum.htm
- [5]www.nttdocomo.co.jp/corporate/rd/tech_e/mult02_e.html
- [6]www.nttdocomo.co.jp/corporate/rd/tech_e/mult05_e.html
- [7]www.cdmatech.com/about_cdma/index.html
- [8]<http://stuweb.ee.mtu.edu/~wong/wcdma.htm>

- [9]www.ee.vt.edu/~yufei/wcdma/yash_airinterf/sld016.htm
- [10]www.tsp.ece.mcgill.ca/wireless/OVSF.html
- [11]<http://cas.et.tudelft.nl/~glas/ssc/techn/techniques.html>
- [12]www.privateline.com/3G/WCDMA.pdf
- [13]www.comlab.hut.fi/opetus/238/lecture6_ch6.pdf
- [14]www.utdallas.edu/~gxm016000/Lecture%2018%20November%201%202001.pdf
- [15]www.imst.de/mobile/itg/itg_umts/nasshan.pdf

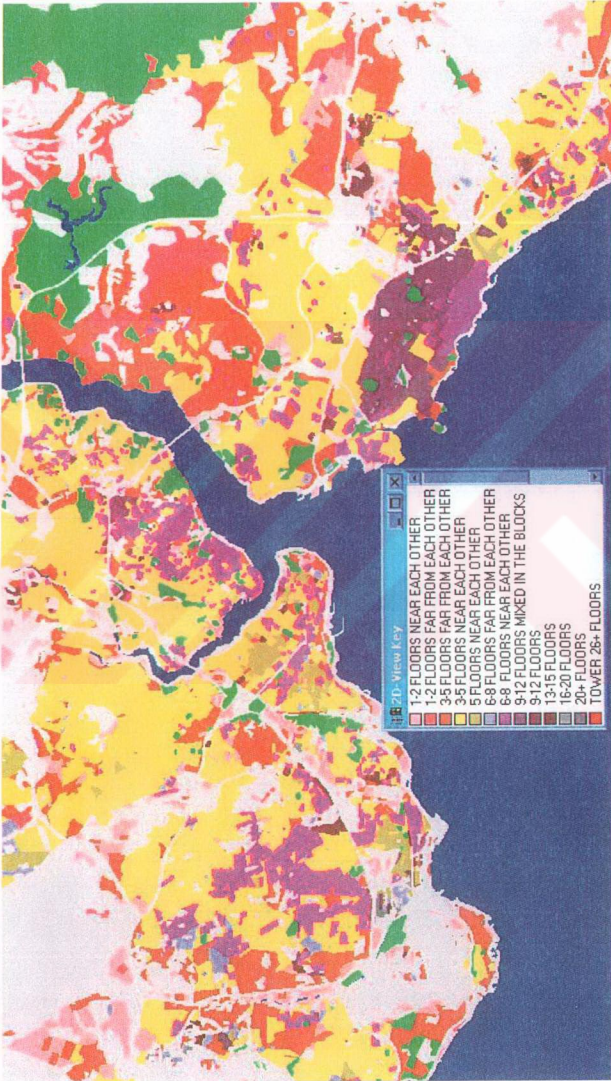


EKLER

- Ek 1 Simülasyon programında İstanbul'un yol, yükseklik ve bölge yapılarının gösterilmesi
- Ek 2 Seçilen bölgenin yol, yükseklik ve bölge yapılarının gösterilmesi
- Ek 3 Planlama sonucu kapsamaların gösterimi



Ek 1 Simülasyon programında İstanbul'un bölge, yol ve yükseklik yapılarının gösterilmesi



Şekil Ek 1.1 İstanbul bölge yapısı

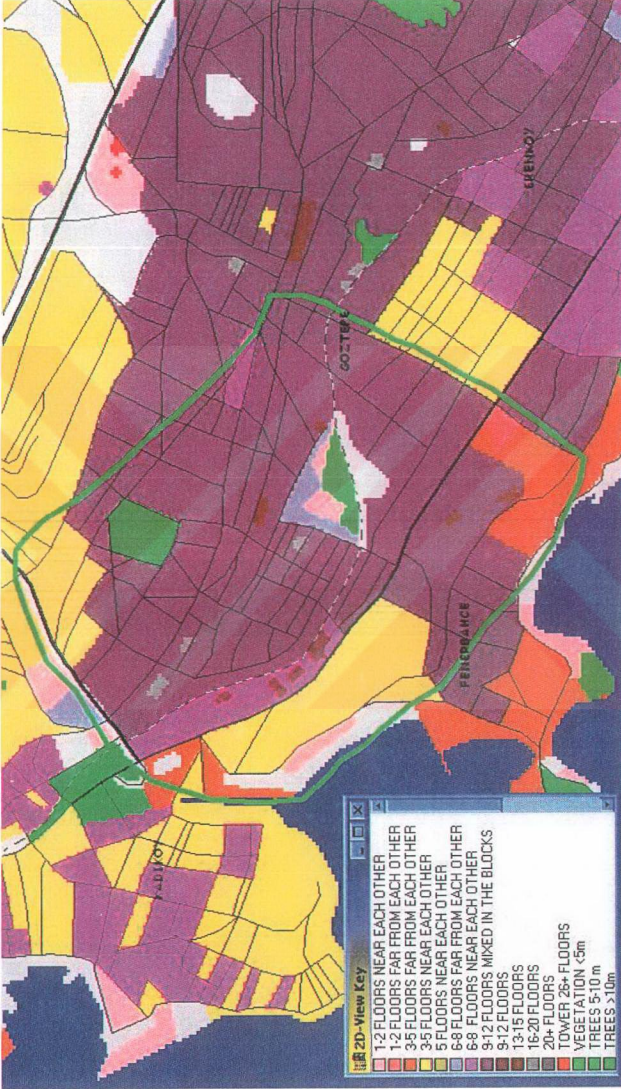


Şekil Ek 1.2 İstanbul yol yapısı

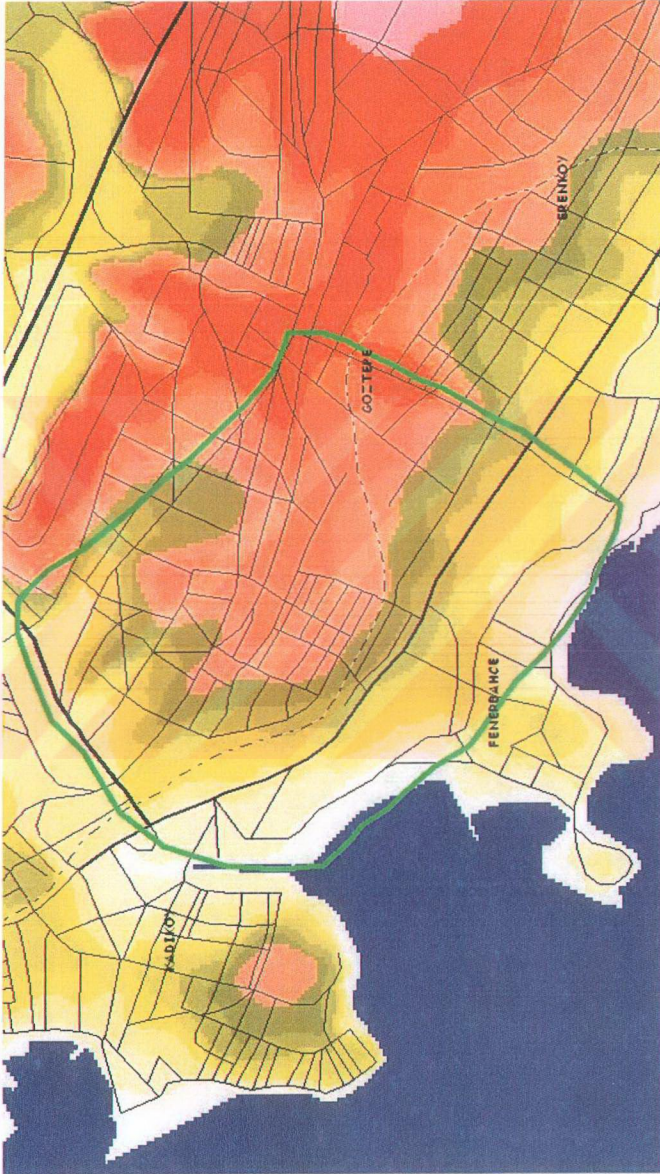


Şekil Ek 1.3 İstanbul yükseklik yapısı

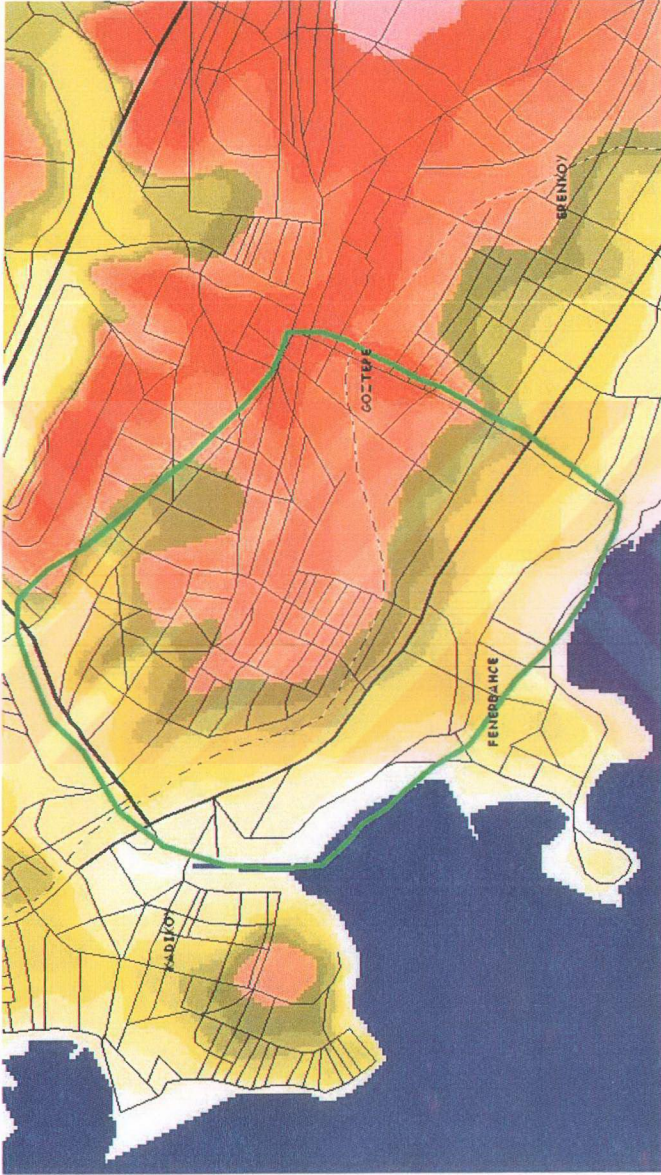
Ek 2 Seçilen alanın yol, yükseklik ve bölge yapılarının gösterilmesi



Şekil Ek 2.1 Seçilen alanın bölge yapısı

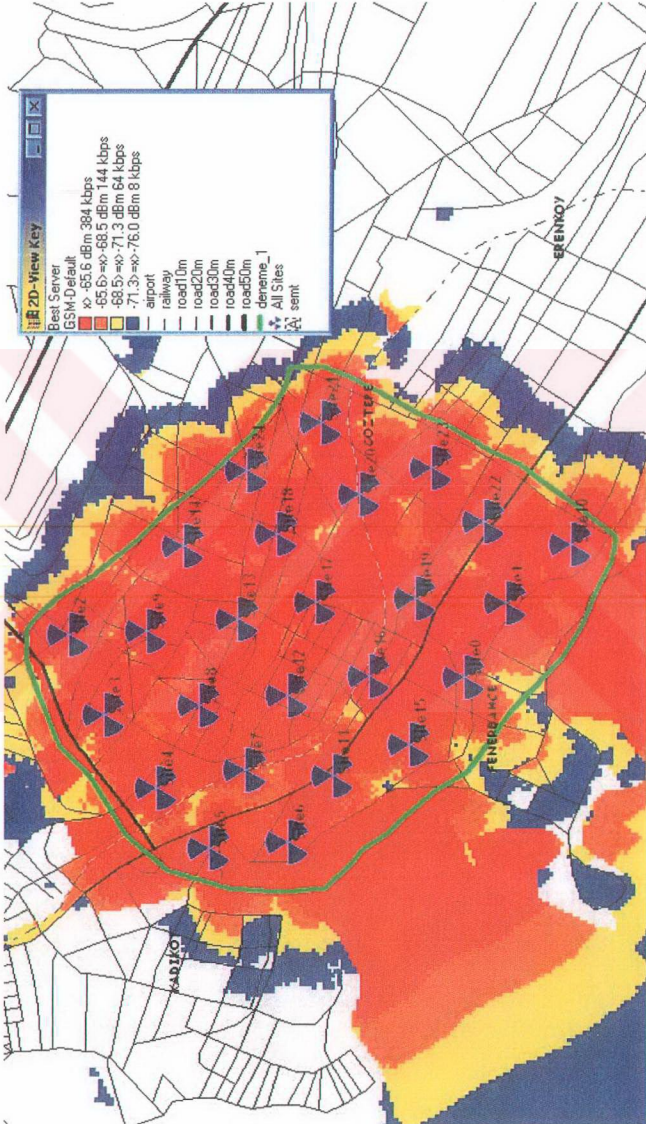


Şekil Ek 2.2 Seçilen alanın yükseklik ve yol yapısı

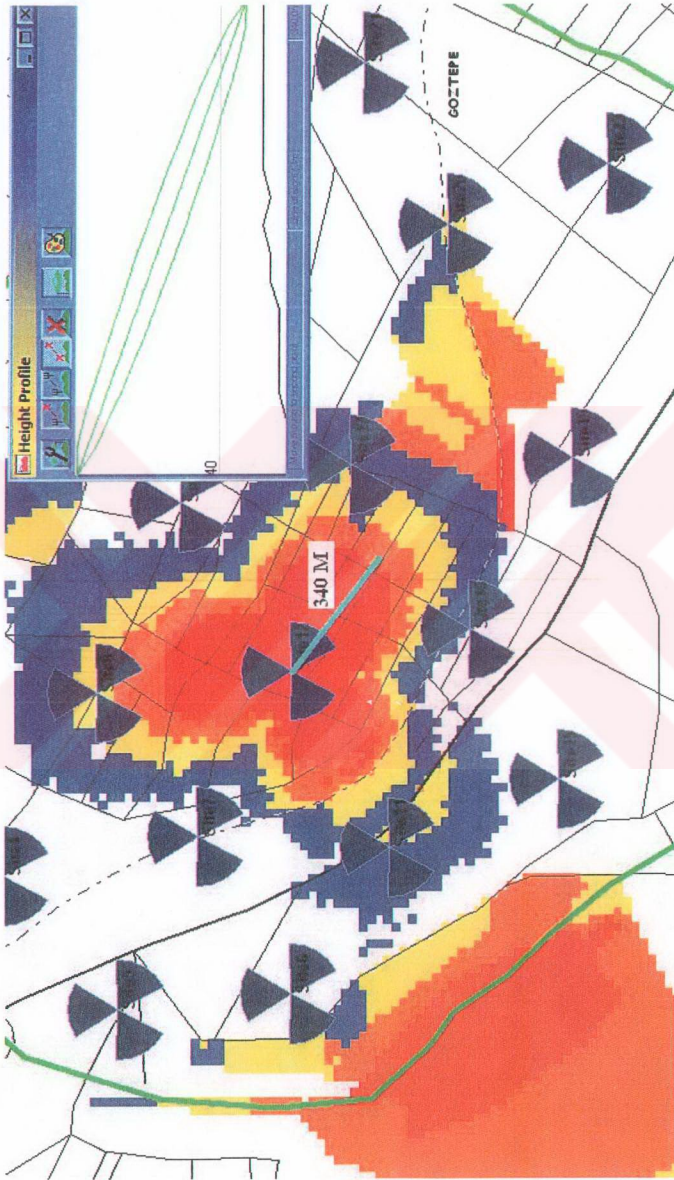


Şekil Ek 2.2 Seçilen alanın yükseklik ve yol yapısı

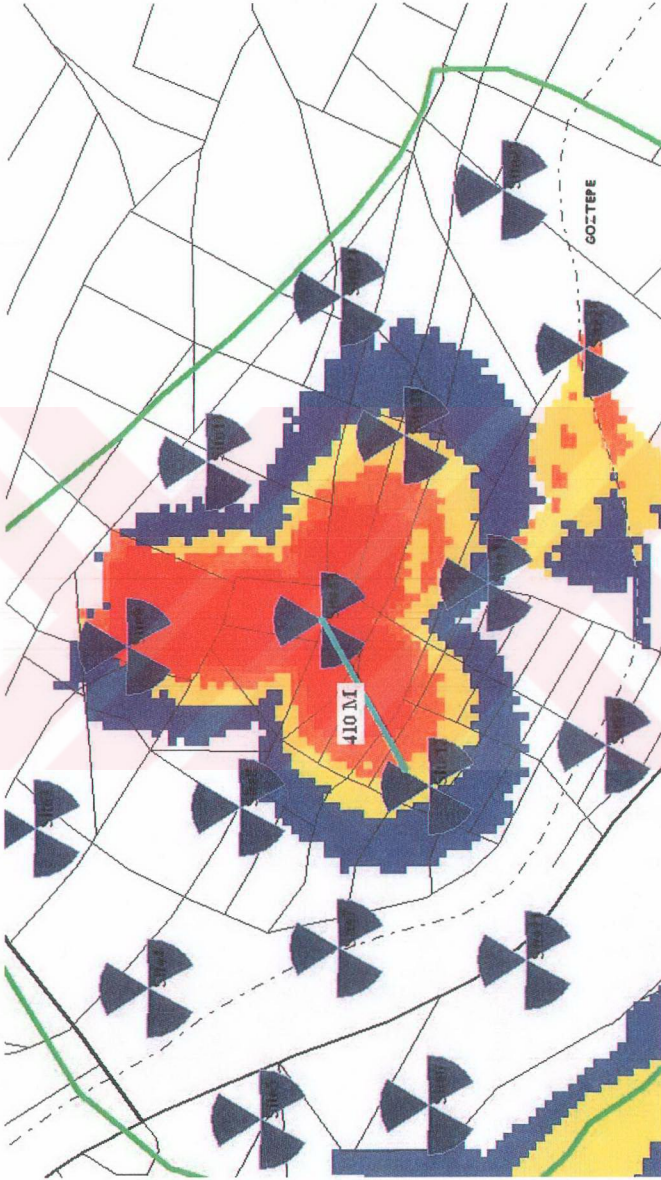
Ek 3 Planlama sonucu kapsamaların gösterimi



Şekil Ek 3.1 384 kb/s için yapılmış planın genel kapsaması



Şekil Ek 3.2 384 kb/s için mesafe ve sinyal seviyesi kıyaslama



Şekil Ek 3.3 144 kb/s için mesafe ve sinyal seviyesi kıyaslama

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	14.07.1977	
Doğum yeri	Ankara	
Lise	1992-1995	Kenan Evren Lisesi
Lisans	1995-1999	Yıldız Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1999-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı, Haberleşme Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2000-Devam ediyor İRİS Telekomünikasyon, Network Planlama ve Optimizasyon Mühendisi .