

**MOBİL HABERLEŞME SİSTEMLERİNİN GELİŞİMİ VE
GENİŞBAND CDMA PERFORMANS TESTİ**

Vakkas ŞAHİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

Vakkas ŞAHİN tarafından hazırlanan Mobil Haberleşme Sistemlerinin Gelişimi ve Genişband CDMA Performans Testi adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Öğr. Gör. Dr. Nursel AKÇAM
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Anabilim Dalında
Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Tarih :/...../.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Vakkas ŞAHİN

**MOBİL HABERLEŞME SİSTEMLERİNİN GELİŞİMİ ve
GENİŞBAND CDMA PERFORMANS TESTİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Vakkas ŞAHİN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2006

ÖZET

GSM Mobil Haberleşme sistemleri ses datalarının iletilmesinde başarılı olmasına karşın band genişliğinin sınırlı olması ve kullanılan modülasyon tekniğinden dolayı data iletiminde yeterince hızlı olamamıştır. Data iletimi için GSM’de geliştirilen GPRS ve EDGE teknolojisi maksimum 59,2Kbps hızına ulaşabilmiştir. Data aktarım hızını sınırlayan band genişliğinin arttırılabilmesi için yapılan çalışmalar sonucu zaman ve frekansı aynı anda kullanabilen 5MHz band genişliğinde genişband haberleşme sistemleri geliştirilmiştir. Genişband haberleşme sistemlerinin en büyük avantajı ses ve görüntü datalarının belirlenmiş kodlar yardımıyla güvenli ve hızlı bir şekilde iletilmesine olanak sağlamasıdır. Genişband haberleşme sistemlerinde data hızı 384Kbps/2Mbps’na ulaşmaktadır.

Bu çalışmada mobil haberleşme sistemlerinin gelişimi incelenmiş ve gerçek ortamda genişband haberleşme sistemlerinden W-CDMA tekniğinin testleri yapılarak performansları ölçülmüştür.

Bilim Kodu : 905.1.053
Anahtar Kelimeler : GSM, UMTS, Genişband CDMA
Sayfa Adedi : 143
Tez Yöneticisi : Öğr. Gör. Dr. Nursel AKÇAM

**EVOLUTION OF MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS AND
PERFORMANCE TEST OF WIDEBAND CDMA**

(M.Sc. Thesis)

Vakkas ŞAHİN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

Mayıs 2006

ABSTRACT

GSM Mobile Communication Systems isn't fast in transmission of data due to using modulation technique and having limited bandwidth although they success transmission of voice data. GPRS and EDGE technologies which developed in GSM for transmission of data can reach 59,2Kbps speed. A lot of study are made for increasing of bandwidth. In conclusion, wideband communication systems can use time and frequency domain in same time in 5MHz bandwidth are developed. The biggest advantage is providing possibility of voice and image transmission which is secure and fast with determined codes. Data speed can reach 384Kbps/2Mbps in wideband communication systems.

In this study, evolution of mobile communication systems are examined and tested of performance W-CDMA technique which is one of wideband communication systems in real medium.

**Science Code : 905.1.053
Key Words : GSM, UMTS, Wideband CDMA
Page Number : 143
Adviser : Instructor Dr. Nursel AKÇAM**

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Öğr. Gör. Dr. Nursel AKÇAM'a, yüksek lisans eğitimim sırasında emeği geçen hocalarıma, manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Safiye ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. MOBİL HÜCRESEL HABERLEŞME SİSTEMLERİN TARİHİ.....	4
2.1. Birinci Nesil	4
2.2. İkinci Nesil.....	6
2.2.1. GSM.....	8
2.3. 2.5G NESİL	15
2.3.1. GPRS (General packet radio services).....	15
2.3.2. EDGE (Enhanced data rates for global evolution)	23
2.4. Üçüncü Nesil.....	29
2.4.1. Üçüncü nesile geçiş nedenleri	29
2.4.2. Üçüncü nesil hücresel haberleşme sistemlerinin gelişimi	30
2.4.3. UMTS'e geçiş basamakları	32
3. UMTS (EVRENSEL MOBİL HABERLEŞME SİSTEMİ).....	35
3.1. UMTS'in Sağlayacağı Özellikler	35
3.2. UMTS'in Sağlayacağı Hizmetler	35

Sayfa

3.3. UMTS Standartları	36
3.3.1. Hava arayüzü ve özellikleri.....	36
3.3.2. Hücre yapısı.....	38
3.3.3. USIM (UMTS abone kimlik modülü)	40
3.4. UMTS Mimarisi	40
3.4.1. Kullanıcı cihazı.....	43
3.4.2. UTRAN (UMTS terrestrial radio access network).....	43
3.4.3. Çekirdek şebeke	45
4. UMTS'DE KULLANILAN TEKNOLOJİLER	47
4.1. Gelişmiş TDMA.....	47
4.2. Hibrid CDMA/TDMA	47
4.3. OFDM (Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama)	47
4.4. CDMA	48
5. UMTS VE W-CDMA	65
5.1. W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access).....	65
5.2. W-CDMA Hava Arayüzü	69
5.2.1. İleri hata düzeltme (FEC) kodlama/kodçözme.....	74
5.2.2. Radyo ölçümü ve üst katmanlarda gösterilmesi.....	75
5.2.3. Makrodiversity dağılımı/toplaması ve yumuşak aktarım (soft handover) çalışması	76
5.2.4. Taşıma kanallarında hata tespiti	76
5.2.5. Taşıma kanallarının çoğullama (multiplexing) ve CCTrCH kanallarının çoğullama-çözülmesi (demultiplexing) işlemi.....	77
5.2.6. Oran uyumu (Rate matching).....	77

Sayfa

5.2.7. Fiziksel kanallardaki CCTrCH'ların haritalandırılması	78
5.2.8. Fiziksel kanalların modülasyon, spreading (yaygınlaştırma) ve demodulasyon, çoğullama-çözülme (despreading) işlemleri.....	80
5.2.9. Frekans ve zaman senkronizasyonu	81
5.2.10. İç-döngü güç kontrolü.....	84
5.2.11. Güç ağırlığı ve fiziksel kanalların bileşimi	85
5.2.12. RF işleme	88
5.2.13. Uplink kanallarında ön zamanlama (timing advance).....	89
5.2.14. Uplink senkronizasyon desteği.....	90
6. W-CDMA İÇİN GERÇEK ORTAMDA YAPILMIŞ TEST SONUÇLARI.....	91
6.1. Devre Anahtarlama Data İçin Test ve Ölçüm Sonuçları	102
6.1.1. Devre anahtarlama data için saha ölçüm RF analizleri	102
6.2. Paket Anahtarlama Data İçin Test ve Ölçüm Sonuçları	110
6.2.1. Paket anahtarlama data için saha ölçüm RF analizleri	111
7. SONUÇ	122
KAYNAKLAR.....	124
EKLER.....	125
EK-1 Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri.....	126
EK-2 Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı).....	134
ÖZGEÇMİŞ.....	143

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Birinci nesil şebekeleri ve kullanıldığı ülkeler	5
Çizelge 2.2. GPRS'in gelişimi.....	20
Çizelge 2.3. İşletim modelleri ve içerikleri	32
Çizelge 3.1. IMT 2000 spektrum tahsisi	38
Çizelge 5.1. Dünyada kullanılan UMTS teknikleri	67
Çizelge 5.2. UTRAN hava arayüzünde kullanılan kanal-kodlama işlemleri	74
Çizelge 5.3. SSC ve karıştırma kod grupları [1]	82
Çizelge 5.4. (Devam) SSC ve karıştırma kod grupları [1].....	83
Çizelge 5.5. UE güç sınıfları	88
Çizelge 6.1. Uplink performans testi için kullanılan değerler.....	91
Çizelge 6.2. İlave servis devreye alınmadan önceki Node B değerleri	94
Çizelge 6.3. Mevcut servisler ile ilave servisin değerleri	94
Çizelge 6.4. Sönümleme test değerleri	95
Çizelge 6.5. Aktif hücre ve aktif komşuların UE ile bağlantı sırasındaki Ec/No değerleri	98
Çizelge 6.6. Pilot kapsama dağılımı (UE).....	102
Çizelge 6.7. Pilot kapsama seviyeleri (tarayıcı)	103
Çizelge 6.8. UE'den alınan 2621 örneğe göre pilot kapsama dağılımı	103
Çizelge 6.9. Hücreye göre seçilen pilot bölgede kapsama (tarayıcı).....	104
Çizelge 6.10. (Devam) Hücreye göre seçilen pilot bölgede kapsama (tarayıcı) ...	105
Çizelge 6.11. Seçilen pilot bölgedeki hücre sayılarının dağılımı (tarayıcı).....	106
Çizelge 6.12. Grup-seviye yumuşak aktarım performansı.....	108

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.13. Seçilen pilot bölgedeki kapsama dağılımı (UE).....	111
Çizelge 6.14. Grup-seviye PS erişebilirlik istatistikleri.....	112
Çizelge 6.15. İyi server iş/zaman oranı.....	113
Çizelge 6.16. PS uygulama-seviye iş/zaman oranı istatistikleri.....	114
Çizelge 6.17. Ec/No değerlerine göre PS uygulama-seviye iş/zaman oranı	115
Çizelge 6.18. RLC/Taşıma Kanalı iş/zaman oranı istatistikleri	116
Çizelge 6.19. Ec/No değerlerine göre PS RLC/taşıma kanalı iş/zaman oranı	116

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Mobil haberleşme sistemlerinin gelişimi.....	4
Şekil 2.2. GSM sistem mimarisi.....	9
Şekil 2.3. Frekans tekrar kullanımı.....	11
Şekil 2.4. GSM 900 frekans bandı.....	13
Şekil 2.5. EGSM frekans bandı	13
Şekil 2.6. DCS 1800 frekans bandı.....	14
Şekil 2.7. PCS 1900 frekans bandı	15
Şekil 2.8. GPRS şebeke mimarisi.....	22
Şekil 2.9. EDGE paket yapısı.....	25
Şekil 2.10. EDGE teknolojisinin mevcut GSM şebekesine olan etkileri.....	28
Şekil 2.11. IMT 2000 ailesinin gelişimi hakkındaki genel görünüş [2]	31
Şekil 2.12. 3G gelişim basamakları	33
Şekil 2.13. UMTS'e geçişte izlenen aşamalar.....	33
Şekil 3.1. UMTS kapsama alanları	39
Şekil 3.2. UMTS hücre yapısı	39
Şekil 3.3. UMTS sistem yapısı	41
Şekil 3.4. UMTS şebeke mimarisi.....	42
Şekil 3.5. Kullanıcı cihazı	43
Şekil 3.6. UTRAN sistem yapısı	44
Şekil 3.7. Çekirdek şebeke	45
Şekil 4.1. Çoklu erişim teknikleri.....	50

Şekil	Sayfa
Şekil 4.2. Yaygın spektrum	52
Şekil 4.3. CDMA vericisi.....	53
Şekil 4.4. CDMA alıcısı.....	53
Şekil 4.5. CDMA kodlayıcı.....	55
Şekil 4.6. CDMA kod çözücü	55
Şekil 4.7. CDMA PN döngüsü	56
Şekil 4.8. Frekans atlamaşı örüntüsü	57
Şekil 4.9. CDMA’de değişik frekans kullanımları	58
Şekil 4.10. Kanal hata sayısının (BER) ölçülmesi.....	61
Şekil 4.11. Rake (tırnık) alıcı	62
Şekil 4.12. Hücre değıştirme	64
Şekil 5.1. FDD ve TDD modunda frekansların kullanımı	68
Şekil 5.2. UTRAN sisteminde radyo arayüz protokolleri [11]	69
Şekil 5.3. Hava arayüz modeli.....	71
Şekil 5.4. Fiziksel katman arayüzleri.....	72
Şekil 5.5. TDD modunda time slot dizisi.....	73
Şekil 5.6. Taşıma ve fiziksel kanalların haritalandırması	79
Şekil 5.7. Yaygın spektrum verici ve alıcı	81
Şekil 5.8. Senkronizasyon kanallarının yapısı.....	82
Şekil 5.9. Alınan SSC dizisi	84
Şekil 5.10. SSC dizisinden elde edilen çerçeve senkronizasyonu.....	84
Şekil 5.11. Güç ağırlığı ve fiziksel kanalların toplaması (uplink).....	86
Şekil 5.12. Güç ağırlığı ve fiziksel kanalların toplaması (downlink)	87

Şekil	Sayfa
Şekil 6.1. Uplink Rx seviyesinin uzaklığa göre değişimi	92
Şekil 6.2. Dinamik güç kontrolü.....	93
Şekil 6.3. Yüke göre uplink seviyesinin değişimi	95
Şekil 6.4. Sönümlleme değerinin Node B'ye uzaklığa göre değişimi	96
Şekil 6.5. Node B'de görülen sönümlleme değeri.....	96
Şekil 6.6. Açık ve kapalı devre güç kontrolü	97
Şekil 6.7. UE ile Node B'lerin data transfer gösterimi	97
Şekil 6.8. UE ile Node B'nin bağlantı anındaki SIR, RSCP, BLER değerleri	99
Şekil 6.9. UE ile Node B'nin data transferi sırasındaki mesajlaşma raporu	100
Şekil 6.10. UE ile Node B'nin bağlantı sırasındaki aktarım protokol değerleri	101
Şekil 6.11. Seçilen pilot bölgenin kapsama grafiği (tarayıcı)	104
Şekil 6.12. Hücreye göre kirlilik dağılımı (tarayıcı).....	107
Şekil 6.13. Aktarım denemeleri şekilleri	108
Şekil 6.14. Radyo link eklemesi için aktarım sonuçları.....	109
Şekil 6.15. Radyo link çıkarması için aktarım sonuçları	109
Şekil 6.16. Aktarım boyunca ve sonrasında çağrı kesilme oranları	110
Şekil 6.17. Ölçümde alınan dataların dağılımı	111
Şekil 6.18. PS uygulama-seviye downlink iş/zaman oranı	114
Şekil 6.19. DL uygulama-seviye iş/zaman oranı, PDF ve CDF	115
Şekil 6.20. PS RLC Downlink iş/zaman oranı	116
Şekil 6.21. RLC/Taşıma Kanalı DL iş/zaman oranı, PDF ve CDF	117
Şekil 6.22. RLC/Taşıma kanalı DL iş/zaman oranı, PDF ve CDF	118
Şekil 6.23. PS yaygınlaştırma faktörü kullanımı.....	118

Şekil	Sayfa
Şekil 6.24. Uygulama-katmanı DL iş/zaman oranı (SF=8), PDF ve CDF	119
Şekil 6.25. RLC DL iş/zaman oranı (SF=8), PDF ve CDF.....	119
Şekil 6.26. Uygulama-katmanı DL iş/zaman oranı (SF=16), PDF ve CDF.....	120
Şekil 6.27. RLC DL iş/zaman oranı (SF=16), PDF ve CDF.....	120
Şekil 6.28. Uygulama-katmanı DL iş/zaman oranı (SF=32), PDF ve CDF.....	121
Şekil 6.29. RLC DL iş/zaman oranı (SF=32), PDF ve CDF.....	121

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
GHz	Frekans birimi
dB	Desibel
Ec/No	Chip enerjisi/gürültü değeri
Kbps	Data hız birimi
kHz	Frekans birimi
Mbps	Data hız birimi
Mcps	Bit hız birimi
MHz	Frekans birimi
Kısaltmalar	Açıklama
1G	Birinci nesil haberleşme sistemleri
2G	İkinci nesil haberleşme sistemleri
3G	Üçüncü nesil haberleşme sistemleri
3GPP	Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi
AMPS	İleri Mobil Telefon Servisi
AUC	Doğrulama Merkezi
BCH	Genişband Kanal
BLER	Blok Hata Hızı
BMC	Genişband Multicast Kontrol
BSC	Baz İstasyonu Kontrolörü
BSS	Baz İstasyon Altsistemi (BTS+BSC)
BTS	Baz Alıcı-Verici İstasyonu
CC	Çağrı Kontrolü
CDMA	Kod Bölmeli Çoklu Erişim

Kısaltmalar**Açıklama**

CDF	Kümülatif Dağılım Fonksiyonu
CFN	Bağlantı Çerçeve Sayısı
CPCH	Ortak Paket Kanalı
CPHY	Kontrol PHY
CPICH	Ortak Pilot Kanalı
CRC	Çevrimsel Fazlalık Denetimi
D-AMPS	Sayısal AMPS
DCH	Ayrılmış Kanal
DCS	Sayısal Hücresel Sistem
DL	Downlink
DPCH	Ayrılmış Fiziksel Kanal
DS-CDMA	Doğrudan Çarpım CDMA
DSCH	Downlink Paylaşımlı Kanal
DTX	Kesintili İletim
ECSD	Devre Anahtarlama İletim
EDGE	Global Gelişim için Arttırılmış Data Hızları
EGPRS	Paket Anahtarlama İletim
EGSM	Genişletilmiş GSM
EIR	Cihaz Kimlik Kayıtedicisi
ETSI	Avrupa Haberleşme Standart Enstitüsü
FACH	İleri Erişim Kanalı
FDD	Frekans Bölmeli Çift Yönlü Haberleşme
FDMA	Frekans Bölmeli Çoklu Erişim
FEC	İleri Hata Bağlantısı
FH-CDMA	Frekans Atlamalı CDMA
FPLMTS	Gelecek Genel Mobil Haberleşme Sistemi
FSK	Frekans Kaydırmalı Anahtarlama
GGSN	GPRS Ağgeçidi Destek Noktası
GMM	GPRS Hareketlilik Yönetimi
GMSC	Ağgeçit MSC

Kısaltmalar	Açıklama
GMSK	Gausyen Minimum Faz Kaydırmalı Anahtarlama
GPRS	Genel Paket Radyo Servisi
GPS	Global Konumlandırma Sistemi
GSM	Mobil için Global Sistem
GSN	GPRS Destek Noktaları
HLR	Esas Yerleşim Kayıtedicisi
HND	Esas Şebeke
HSCSD	Yüksek Hızlı Devre Anahtarlama Data
HS-DSCH	Yüksek Hızlı Downlink Paylaşım Kanalı
IMEI	Uluslar arası Mobil İstasyon Kimlik Numarası
IMSI	Uluslar arası Mobil Abone Kimliği
ISDN	Tümleşik Servisler Sayısal Şebekesi
ISI	İntersembol Girişimi
ITU	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
JDC	Japon Sayısal Hücresel Sistemi
MAC	Orta Erişim Kontrolü
ME	Mobil Cihaz
MM	Hareketlilik Yönetimi
MS	Mobil İstasyon
MSC	Mobil Anahtarlama Merkezi
NMT	Nordic Mobil Telefon
OFDM	Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama
PCH	Sayfalama Kanalı
PCS	Kişisel Haberleşme Sistemleri
PCPCH	Fiziksel Ortak Paket Kanalı
PDC	Kişisel Sayısal Hücresel
PDCH	Paket Data Toplayıcı Protokolü
PDF	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
PLMN	Kamu Alanı Mobil Şebekesi

Kısaltmalar**Açıklama**

PRACH	Paket Rasgele Erişim Kanalı
PSK	Faz Kaydırmalı Anahtarlama
QPSK	Kuadratur PSK
RACH	Rasgele Erişim Kanalı
RLC	Radyo Link Kontrolü
RLP	Radyo Link Protokolü
RNC	Radyo Şebeke Kontrolörü
RNS	Radyo Şebeke Altsistemi
RSCP	Alınan Sinyalin Kod Gücü
RSSI	Alınan Sinyalin Güç Gösterimi
RTT	Gidiş-Dönüş Zamanı
SFN	Sistem Çerçeve Sayısı
SGSN	GPRS Hizmet Destek Noktası
SIM	Abone Kimlik Modülü
SIR	Sinyal Girişim Oranı
SM	Dönem Yönetimi
SMS	Kısa Mesaj Servisi
SMS-GMSC	SMS- MSC Ağgeçidi
SND	Hizmet Şebeke Kısım
SS	Tamamlayıcı Servisler
TACS	Toplam Erişim Haberleşme Sistemleri
TDD	Zaman Bölmeli Çift Yönlü Haberleşme
TDMA	Zaman Bölmeli Çoklu Erişim
TFC	Akım Geçiş Format Birleşimi
TND	Geçiş Şebeke Kısım
TrCH	Geçiş Kanalı
UL	Uplink
UMTS	Evrensel Mobil Haberleşme Sistemi
USIM	UMTS Abone Kimlik Modülü
UTRA	UMTS Karasal Radyo Erişimi

Kısaltmalar**Açıklama****UTRAN**

UMTS Karasal Radyo Erişim Şebekesi

VLR

Ziyaret Edilen Yer Kayıtedicisi

WCDMA

Genişband CDMA

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yüzyıllardır bulunduğu yer ve zamandan bağımsız olarak iletişim sağlayabilmeyi hayal etmiştir. Teknolojik alanlardaki gelişmeler radyo iletişimine olanak sağlayacak düzeye eriştiğinde bu rüya gerçekleşmiş ve ilk mobil telefon servisi 1946'da St Louis'de (Missouri, ABD) doğmuştur.

O yıllarda manuel olarak işletilen mobil telefon şebekeleri tek hücreli sistemler olarak tasarlanmış ve bu servis için dar bir radyo spektrumu ayrılmıştı. Bu nedenle büyük, ağır ve pahalı olan terminallerin fazla alıcı bulamamasına rağmen zaten düşük olan kapasite kısa zamanda dolmuştur.

1980'li yıllara değin elektronik alanında gerçekleşen gelişmeler sonucunda otomatik olarak işletilebilen daha yüksek kapasiteli mobil radyo sistemleri tasarlanmıştır.

Mobil iletişim teknolojisi adına yapılan en büyük atılım hücreli sistemlerin ortaya çıkarılmasıdır. Bu düşünce ilk olarak Bell Labs tarafından üretilmiştir ve ilk hücreli sistem AMPS (Advanced Mobile Phone Service) 1979 yılında Chicago'da (Illinois, ABD) gerçekleştirilmiştir. Kuzey Avrupa'da ise İskandinavya'yı kapsamı amaçlanan NMT (Nordic Mobile Telephone) sistemi geliştirilmiştir. AMPS'in bir türevi olan TACS (Total Access Communication System) İngiltere'de 1985'te servise sokulmuştur.

Mobil telefon servisine duyulan yüksek talep karşısında bütün bu analog sistemler yetersiz kalmıştır. Ayrıca, kullanılan farklı sistemlerin uyumlu çalışması söz konusu değildi. Artan kapasiteyi karşılamak amacıyla tasarlanacak yeni sistemlerin maliyeti hiçbir Avrupa ülkesinin tek başına yüklenmeyi istemeyeceği kadar yüksekti. Mobil haberleşmedeki talebe karşılık verememe sorununa çözüm olarak bütün Avrupa ülkelerinin ortak tasarlayıp ortak kullanacakları bir sayısal, hücreli mobil sistemi, GSM (Global Systems for Mobile Communications) ortaya çıkmıştır.

Günümüzde kullanılan biçimi ile GSM sisteminin abonelerine sunduğu servis ve avantajlar şöyle özetlenebilir:

Herhangi bir GSM şebekesinin abonesi, artık küçük boyutlara sahip cep telefonu ile GSM sistemine dahil olan ve kapsama alanı içinde bulunan bütün ülkelerde her yeri arayıp telefon görüşmesi yapabilmekte, nerede olursa olsun aranabilmektedir. Kullandığı telefonun kendisine ait olması gerekmemektedir, çünkü abonelik bilgilerini içeren SIM (Subscriber Identity Module) kartını yanında taşıması kiralayabileceği ya da ödünç alabileceği herhangi bir GSM el telefonunu kullanması için yeterli olacaktır. Ayrıca abone kendisine ait telefonu belirli çağrılara (örneğin daha pahalı olan uluslararası çağrılara) kapatabilmekte, erişilemediği yada meşgul olduğu durumlarda çağrı yönlendirme özelliği kazandırılabilir. Üstelik bütün bunları GSM sistemine özgü olağanüstü güvenlik önlemlerinin sağladığı gizlilik içinde gerçekleştirebilmektedir.

1990 yılında, GSM'in 1800MHz'de çalışan bir türü olarak tanımlanabilecek olan DCS 1800 (Digital Cellular System 1800) sisteminin standartlarının belirlenmesine de başlanmış ve bu standartların tamamlanmasıyla iki 75MHz'lik band genişliğinin kullanılmasının sonucu olarak belirgin bir kapasite artışı sağlanmıştır.

GSM, sayısal olması ve kullandığı radyo erişim teknikleri açısından birçok yenilikler getirmiştir ve erişilen son nokta değil, daha gelişmiş ve küresel sistemlere geçişi sağlayacak bir aşama olarak kabul edilmektedir.

Üçüncü nesil haberleşme sistemleri olarak adlandırılan sistemler, bütün dünyayı kapsayan ortak işletim özelliği ile kişisel mobil iletişimi sağlayacaktır. Bu sistemler Avrupa'da UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) olarak, ITU (International Telecommunications Union) içinde ise FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System) olarak adlandırılmaktadır.

UMTS'te kullanılan genişband haberleşme sistemleri kullanıcıya, herhangi bir kişi ile zamandan ve yerden bağımsız olarak haberleşme imkanı sunabilen teknolojilerin

toplamı olarak tanımlamak mümkündür. Ayrıca, mobil kullanıcıya konumdan bağımsız olarak çoklu ortam hizmeti sunar.

Bununla birlikte, genişband haberleşme sistemlerinde hem paket anahtarlama hem de devre anahtarlama veri iletimini destekler. 2Mbps yüksek veri hızı sunması, spektrumunun verimli kullanılması ve yüksek kalitede düşük gürültü oranında ses ve veri iletimiyle birlikte IP tabanlı haberleşme olanağı da sağlamaktadır.

Bundan sonraki aşama; günümüzde var olan ve gelecekte tasarlanması planlanan yerleşik ve mobil sistemlerin bütünleşmesini amaçlayan, bunun gerçekleşmesiyle bütün dünya üzerinde, zamandan, yerden ve hangi şebekenin kullanıldığından bağımsız olarak, geniş bantlı veri iletimini de kapsayan her türlü servise hem sabit hem de mobil olarak erişim olanağını sunacak olan GMM (Global Multimedia Mobility'nin) geliştirilmesi olacaktır.

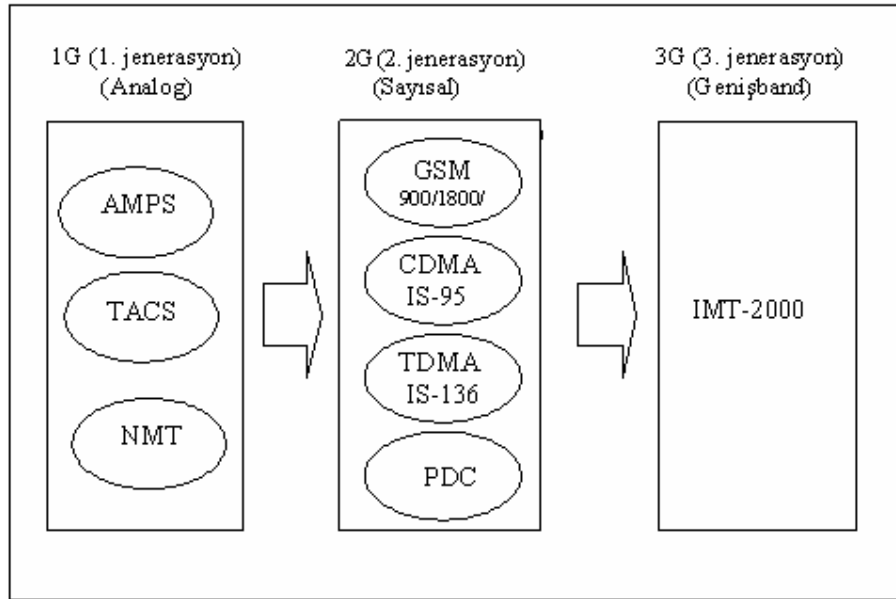
UMTS, GMM sistemi içinde geniş bantlı mobil erişim birimi olarak yerini alacaktır.

Bu çalışmada mobil haberleşme sistemlerinin gelişiminden bahsedilmiş, üçüncü nesil haberleşme sistemlerinde kullanılan W-CDMA hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. 6. bölümde ise dünyada UMTS sistemlerini (Node B, RNC, vs) üreten bazı firmalarla birlikte gerçek ortamda yapılmış olan performans test sonuçlarına yer verilmiştir.

2. MOBİL HÜCRESEL HABERLEŞME SİSTEMLERİN TARİHİ

Mobil haberleşme sistemleri 1980’li yılların başından itibaren gelişim göstermiştir. İlk olarak 1. nesil analog haberleşme sistemleri kullanılmaya başlanmış olup, 1990’lı yıllarda ise 2. nesil sayısal haberleşme sistemlerine geçilmiştir. 2000’li yıllara gelindiğinde ise üçüncü nesil genişband haberleşme sistemleri gelişmiş ülkelerde devreye alınmış ve günümüzde yaklaşık 40 milyon kullanıcıya ulaşmıştır.

Mobil haberleşme sistemlerinin gelişimi Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Mobil haberleşme sistemlerinin gelişimi

2.1. Birinci Nesil

Mobil Hücresel Sistemlerinin ilk nesili 1980’lerde ortaya çıkmıştır. Birinci nesil mobil haberleşmenin başlangıcı değildir, daha önceleri hücresel sistem olmayan çeşitli radyo şebekeleri çıkmıştır. Bu şebekelerin kapasitesi hücresel şebekelerden çok daha düşüktür ve hareketlilik desteği zayıftır.

Mobil hücresel şebekelerde yayın alanı küçük hücrelere bölünür ve aynı frekanslar bozucu girişim olmadan şebekede çeşitli zamanlarda kullanılabilir. Bu durum sistem kapasitesini arttırır. Birinci nesil neredeyse tamamı ses olan trafik için analog iletim tekniklerini kullanmıştır. Bu nesilde kullanılan başarılı standartlar NMT (Nordic Mobile Telephone), TACS (Total Access Communication Systems) ve AMPS (Advanced Mobile Phone Service) dir. Birinci nesil standartların kullanıldığı ülkeler Çizelge 2.1’de verilmiştir [1].

Çizelge 2.1. Birinci nesil şebekeleri ve kullanıldığı ülkeler

Sistem	Ülkeler
NMT-450	Andora, Avusturya, Belarus, Belçika, Bulgaristan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, İzlanda, Finlandiya, Fransa, Almanya, Macaristan, Endonezya, İtalya, Malezya, Moldova, Hollanda, Norveç, Polonya, Romanya, Rusya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, Tayland, Türkiye, Ukrayna
NMT-900	Kıbrıs, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, Norveç, İsveç, Tayland, İsviçre
TACS/ETACS	Avusturya, Azerbeycan, Bahreyn, Çin, Hong Kong, İrlanda, İtalya, Japonya, Kuveyt, Malezya, Malta, Filipinler, Singapur, İspanya, Srilanka, Birleşik Arap Emirlikleri, İngiltere
AMPS	Arjantin, Avustralya, Bangladeş, Brezilya, Burma, Kanada, Çin, Gürcistan, Hong Kong, Endonezya, Kazakistan, Kırgızistan, Malezya, Meksika, Yeni Zelanda, Pakistan, Papua Yeni Gine, Filipinler, Rusya, Singapur, Kuzey Kore, Srilanka, Tacikistan, Tayvan, Tayland, Türkmenistan, Amerika, Vietnam
C-NETZ	Almanya, Portekiz ve Güney Amerika

NMT ilk olarak İskandinavya’da, daha sonra ise orta ve güney Avrupa’daki bazı ülkelerde kullanılmıştır. NMT’nin NMT-450 ve NMT-900 olmak üzere iki versiyonu vardır. NMT-450, 450MHz frekansını kullanan daha eski bir sistemdir. NMT-900 ise 900MHz bandında daha sonra kullanılmaya başlanmıştır. NMT, uluslararası dolaşım

olanağı sunmuştur. 1990'larda, NMT-450 şebekesi çeşitli Doğu Avrupa ülkelerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

TACS bir İngiltere standardıdır ve bazı orta doğu ve güney Avrupa ülkeleri tarafından kullanılmıştır. TACS, 800MHz radyo bandını kullanan ve bir Amerika standardı olan AMPS protokolüne dayanmasına karşın 900MHz bandını kullanır. Ayrıca Kuzey Amerika, Güney Amerika, Uzakdoğu'daki bazı ülkeler ile Avustralya ve Yeni Zelanda'da kullanılmıştır.

Dünya 3G şebekesine geçerken bile halen birinci nesil teknikleri kullanımdadır.

2.2. İkinci Nesil

İkinci nesil (2G) mobil hücresel sistemleri trafik için sayısal radyo iletim teknikleri kullanır. Bu yüzden birinci ve ikinci nesil sistemleri arasındaki temel fark analog/sayısal bölücü kullanmalarıdır. 2G şebekeleri, birinci nesil sistemlerden daha yüksek kapasiteye sahiptir. Bir frekans kanalı, eşzamanlı olarak çeşitli kullanıcılar için kod veya zaman bölmeli olarak bölünür. Makro hücre, mikro hücre ve piko hücreleri içeren servis alanındaki hiyerarşik hücre yapıları sistem kapasitesini artırır.

2G sisteminde kullanılan dört ana standart vardır:

- GSM (Global System for Mobile) haberleşmesi ve türevleri
- D-AMPS (Digital AMPS)
- CDMA (Code Division Multiple Access) IS-95
- PDC (Personal Digital Cellular)

GSM, 2G sistemlerinde yaygın olarak kullanılan oldukça başarılı bir sistemdir. Orjinal olarak bir pan-Avrupa standardı olarak tasarlanmış ve kısa zamanda Amerika kıtası dışında tüm dünyada benimsenmiştir. Kuzey Amerika'da PCS (Personal Communication Systems) 1900 (PCS-900; ayrıca GSM-1900 olarakta adlandırılan bir GSM türevidir) zemin kazanmıştır. Güney Amerika, Şili geniş yayın alanlı GSM

sistemine sahiptir. Bununla birlikte, 2001 yılında Kuzey Amerika TDMA (zaman bölmeli çoklu erişim) sistemi, 3G teknolojisine ait WCDMA (wideband CDMA) olarak ta tanımlanan 3GPP (Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi)'yi benimsemiştir.

Temel GSM sistemleri 900MHz bandını kullanmasına karşın DCS 1800 (Digital Cellular System, GSM-1800 olarak ta adlandırılır) ve PCS-1900 (veya GSM-1900) gibi farklı band genişliği kullanan türevleri de vardır. PCS-1900 sadece Kuzey Amerika ve Şili'de, DCS-1800 ise dünyanın çeşitli bölgelerinde kullanılmaktadır. 1800MHz bandı daha çok kullanıcı nüfusuna sahip olmasına karşın yayın alanı 900MHz şebekelerinden daha azdır ve dualband mobiller kullanılır. Son zamanlarda ETSI (European Telecommunication Standard Institute) GSM-400 ve GSM-800 sistemlerini de geliştirmiştir. 400MHz bandı kıyı bölgelerde ve boş alanlarda yüksek frekans bandlı GSM şebekeleri kullanarak geniş-alan yayın alanı için uygundur. GSM-800 Kuzey Amerika'da kullanılmaktadır. GSM-400, NMT-450 ile aynı frekans bandını kullanır.

GSM-400: 450,4-457,6 [uplink (UL)]/460,4-467,6 [downlink (DL)] MHz ve
478,8-486,0 (UL) /488,8-496,0 (DL) MHz;

NMT-450: 453-457,5 (UL)/ 463-467,5 (DL) MHz

D-AMPS (ayrıca US-TDMA, IS-136 veya TDMA olarak ta bilinir) Amerika, İsrail ve Asya'daki bazı ülkelerde kullanılmaktadır. D-AMPS, ses kanalı sayısal olan ve analog kontrol kanalları kullanan bir IS-54 standardı olarak tanımlanır. Her iki kontrol kanalı nispeten basit FSK (frequency shift keying) kullanır. D-AMPS ilk olarak 1990 yılında ortaya çıkmıştır. Gelişiminin sonraki adımı ise 1994'te olmuştur ve IS-136 standardı olarak adlandırılmıştır. AMPS ve D-AMPS 850MHz bandında çalışmasına karşın, tam-sayısal IS-136 protokolü 1900MHz bandında da çalışabilir.

Qualcomm tarafından geliştirilen IS-95 standardı olan CDMA ise hava arayüz tasarımı için farklı bir yaklaşım kullanır. TDMA'daki gibi frekans taşıyıcısı kısa zaman aralıklarına bölmek yerine CDMA aynı frekans üzerindeki iletimleri ayırmak

için farklı kodlar kullanır. CDMA, ABD, Kuzey Kore, Hong Kong, Japonya, Singapur ve bir çok doğu Asya ülkelerinde kullanılır.

PDC ise Japon 2G standardıdır ve JDC (Japan Digital Cellular) olarak ta bilinir. Bu sistem 800MHz ve 1500MHz olmak üzere iki frekans bandında çalışır. Analog ve sayısal modların her ikisini de kullanır. Fiziksel katman protokolleri D-AMPS'e benzer olmakla birlikte protokol kümeleri GSM'e de benzer [1].

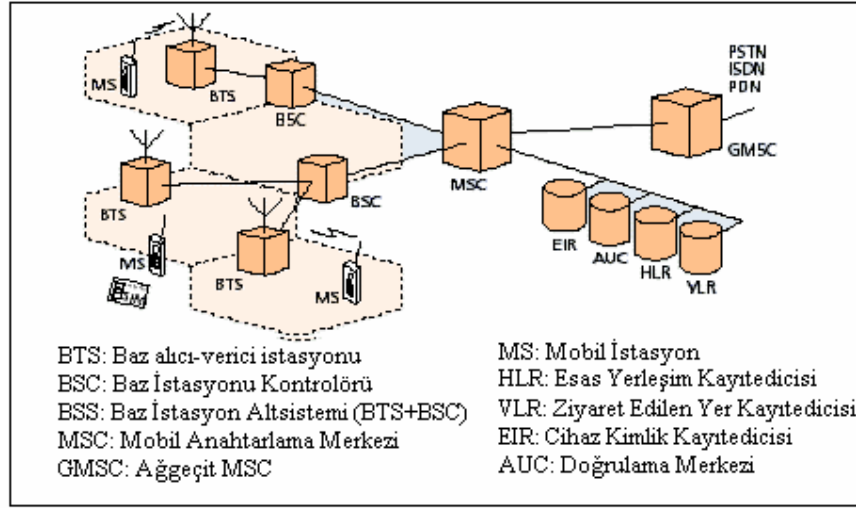
2.2.1. GSM

GSM, sayısal mobil telefon şebekeleri için öngörülen bir dizi özelliklerden oluşur ve yerel şebekeye bağlı mobil şebeke (PLMN-Public Land Mobile Network) olarak tanımlanır.

Bu özellikler, hem farklı GSM sistem üreticilerinin ürünleri arasındaki uyumluluğu, hem de farklı yönetime sahip şebekeler arasında uluslararası sınırlarda geçişliliği ve bağlantıyı sağlamak amacıyla öngörülmüştür.

Genel GSM yapısı

Şekil 2.2'de genel GSM sistem mimarisi görülmektedir. Mobil istasyon MS olarak gösterilmiştir. Hücre ise, BTS (baz alıcı verici istasyonu)'ın radyo kapsama bölgesi olarak ifade edilmiştir [2].



Şekil 2.2. GSM sistem mimarisi

GSM sisteminde pek çok BTS baz istasyon kontrol birimi, BSC tarafından kontrol edilir. BTS ve BSC birlikte BSS (baz istasyonu alt sistemi)'i oluştururlar. Mobil istasyonların haberleşme trafikleri MSC (mobil anahtarlama merkezi) tarafından kontrol edilir. Sabit şebekelerle olan bağlantı ağ geçitleri (gateway) aracılığı ile sağlanır. GSM'in hiyerarşik bir yapısı vardır ve şebekede bir MSC'ye bağlı en az bir yönetim bölgesi vardır. Her yönetim bölgesi en az bir yerleşik alanından, her yerleşik alan ise pekçok hücre grubundan oluşmuştur. Her hücre grubu da bir BSC'ye bağlanmıştır.

Şebeke yönetimi ve çağrı kontrolü için; HLR (esas yerleşim kayıtedicisi), VLR (ziyaret edilen yer kayıtedicisi), EIR (cihaz kimlik kayıtedicisi), doğrulama merkezi gibi pek çok veri tabanı kullanılır.

Bu veritabanlarının fonksiyonları

Abonelerle ilgili abone bilgisi gibi sabit, abonenin yeri gibi geçici bilgiler HLR'de saklanır, dolayısıyla abonenin aranması durumunda ilk önce HLR sorgulanır. Abonelere daha hızlı ulaşabilmek amacıyla belirli bir bölgedeki abonelerin HLR'den gönderilen kalıcı bilgileri ve abonenin yeri gibi geçici bilgiler VLR'de bulunur. AUC

güvenlikle ilgili bilgileri oluşturur ve saklar. EIR abone bilgisinden ziyade cihaz bilgilerini bulundurur [3].

- GSM Adresleri ve Tanımlayıcılar: GSM sistemi, kullanıcıyı ve telefon cihazını ayrı ayrı ele alır. Telefon numarası, telefon ve cihaz tanımlayıcılarının yanında abonenin gezinmesinin kontrolünü sağlayan daha başka tanımlayıcılar da kullanılır.

Telefonun üreticisi tarafından atanan ve bir çeşit cihaz seri numarası olan IMEI (Uluslararası Mobil İstasyon Kimlik Numarası) şebeke işletici tarafından EIR’da saklanır. Şebekeye kayıtlı her kullanıcı tek olarak uluslararası mobil abone kimliği ile belirlenir ve bu bilgi abone kimlik modülünde saklanır. Mobil istasyon geçerli IMSI (Uluslararası Mobil Abone Kimliği)’ye sahip bir SIM (Abone Kimlik Modülü)’in geçerli IMEI numarasına sahip bir cihaza takılmadan çalışmaz. Abonenin telefon numarası SIM’de saklıdır.

GSM’in bazı genel özellikleri ve avantajları

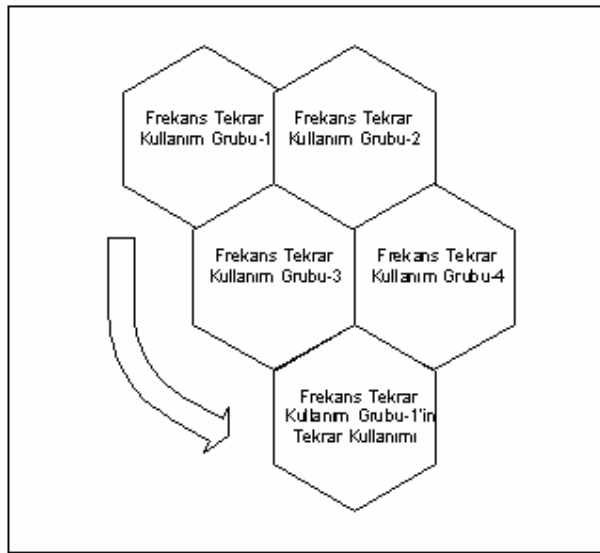
GSM’in avantajları, ETSI ve Group Speciale Mobile tarafından belirlenen özelliklerinde ortaya çıkar. Analog şebeke ile karşılaştırıldığında GSM şebekesinin sayısal olması, yüksek kapasite ve düşük hata oranları, ilk akla gelen avantajlarıdır. GSM, ISDN (Integrated Services Digital Networks)’in bir uzantısıdır ve hücresel şebeke ile mobil kullanıcı cihazı arasında sayısal bir radyo arabirimi kullanır.

Yüksek Kapasite

Analog sistemler ile karşılaştırıldığında GSM’in çok daha yüksek bir kullanıcı kapasitesine sahip olduğu görülür. GSM bir kullanıcı için 25kHz band genişliği tahsis eder. Bu da 200kHz band genişlikli kanal çiftlerinde, eş zamanlı 8 farklı görüşmeyi mümkün kılmaktadır (Bir kanal çiftinden kasıt, alış verişi için kullanılan frekans gruplarında, birbirine denk düşen iki frekans kanalıdır). GSM’de GMSK (GMPK; Gaussian Minimum Phase Shift Keying) kullanılır. Sayısal kanal

kodlaması ve kullanılan modülasyon türü, aynı işareti kullanan hücreler arasında meydana gelebilecek girişime karşı (co-channel interference) frekansı dayanıklı kılar.

Bu sayede 9dB'lik bir taşıyıcı/girişim oranı (Carrier to Interference Ratio (C/I)) elde edilir. Bu oran bize frekansların coğrafi olarak çok daha fazla tekrar kullanımına imkan tanır. GSM'de mobil kullanıcı, vericiden en fazla birkaç kilometre uzakta bulunur. Bu sebeple GSM'de kullanılan hücre boyutları, genellikle çok küçük olur; bu da çok sayıda frekans çiftine ihtiyaç duyulması anlamına gelir. Bu yüzden frekans çiftleri, biri alışta diğeri verişte kullanılmak üzere tekrar kullanım grupları olarak adlandırılır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Frekans tekrar kullanımı

Ses Kalitesi

GSM, konuşmanın sayısal olarak transferi ve yüksek performanslı sayısal işaret işleyici işlemciler arasında oldukça iyi bir konuşma iletim kapasitesine sahiptir. Analog sistemler ile karşılaştırıldığında, girişimin ve gürültünün mevcut ortamlarda konuşma kalitesi hissedilebilir derecede iyidir. Gürültü ve girişim sebebiyle yok olan konuşma çerçevelerine rastlandığında hata düzeltme işlemi yapılır; eğer kaybolan bilgi çok fazla ise, sayısal bir ekstrapolasyon algoritması ile bu boşluk doldurulur.

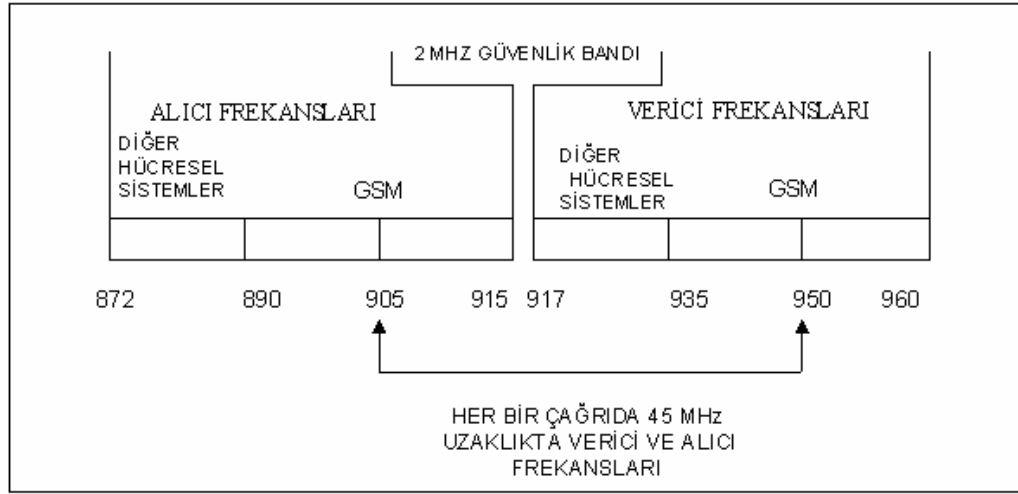
Kullanıcı Hizmetleri

GSM şebekesinin sağladığı kullanıcı hizmetleri, karasal bir ISDN şebekesinin sağladığı hizmetlere benzerdir. Mobil istasyonlar için kontrol kanalları sağlanmıştır. Bu kanallar ISDN'deki D kanalına benzerdir. Sayısallaştırılmış ses veya data taşımak için, ISDN'deki B kanalına benzer trafik kanalları kullanır. Hem ses hem de data, radyo arabirimde sayısal olarak taşınır ve bu şekilde bir uçtan öbür uca sayısal bağlantı ve iletişim sağlanmış olur.

GSM frekansları

GSM 900 Frekansları

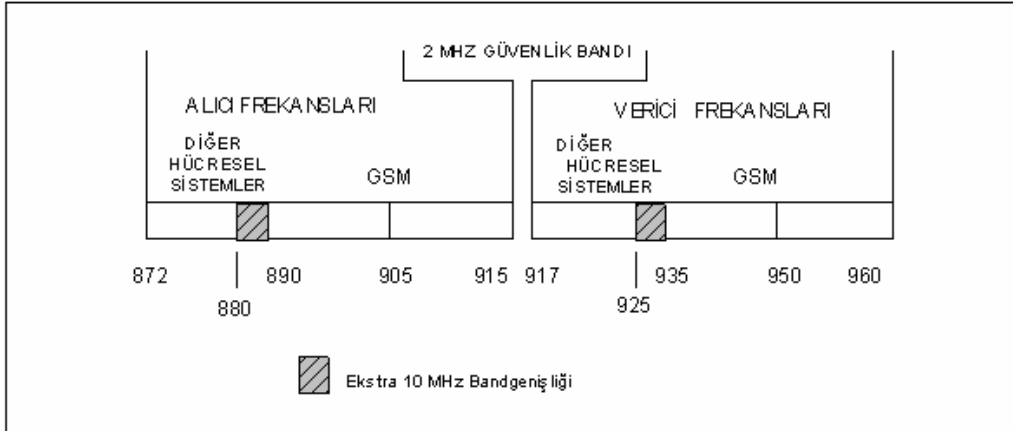
GSM sistemi, Şekil 2.4'de görüldüğü gibi, 890 ile 915MHz arasındaki frekansları alışı frekansı, 935 ile 960MHz arasındaki frekansları da verişi frekansı olarak kullanır. RF taşıyıcıları 200kHz aralıklarla yer alırlar, bu da 124 taşıyıcının kullanılmasına imkan tanır. 917MHz ile 935MHz arasındaki frekanslar, GSM dışındaki hücresel sistemler tarafından kullanılır. 2MHz'lik bir koruma bandı 915 ile 917MHz arasında bırakılır ve alışı verişi frekansları arasında meydana gelebilecek bir girişimi önleme amacı taşır. Alışı ve verişi frekansları, birbirlerinden 45MHz uzaklıktadır. Bu sabit frekans boşluğu, girişim ihtimalini düşürür.



Şekil 2.4. GSM 900 frekans bandı

EGSM (Extended GSM)

Bu sistemin GSM 900'den farkı, hem alış hem de veriş için sağladığı ekstra 10MHz'lik band genişliğidir (Şekil 2.5).



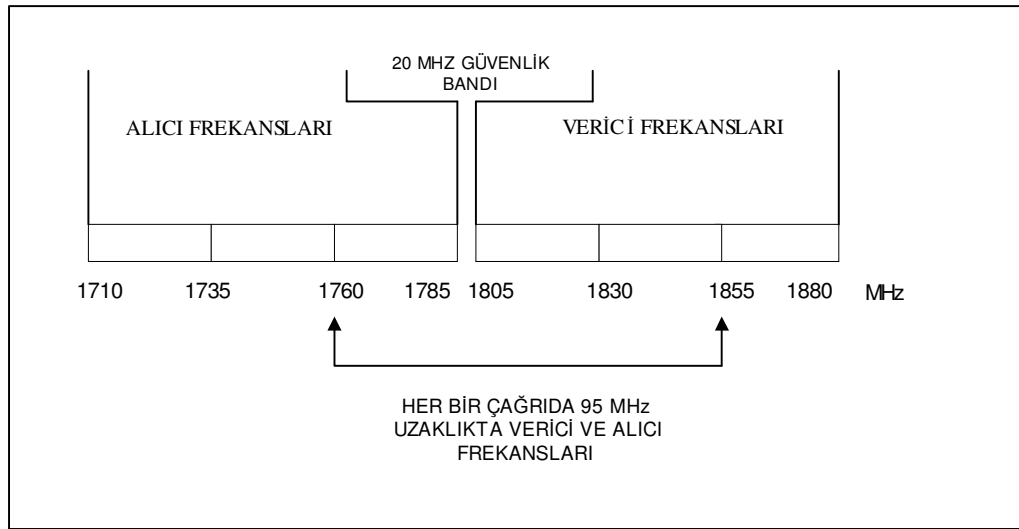
Şekil 2.5. EGSM frekans bandı

DCS 1800 (Digital Cellular System 1800)

DCS 1800 sistemi, 1710-1785MHz arasındaki frekansları alış ve 1805-1880MHz arasındaki frekansları da veriş için kullanır. RF taşıyıcıları da 200kHz aralıklarla

kullanılır ve 374 taşıyıcıya imkan verir. 1785-1805MHz frekansları arasındaki 20MHz'lik koruma bandı, alış ve veriş frekanslarının birbirine girişimini engellemek amacıyla kullanılır.

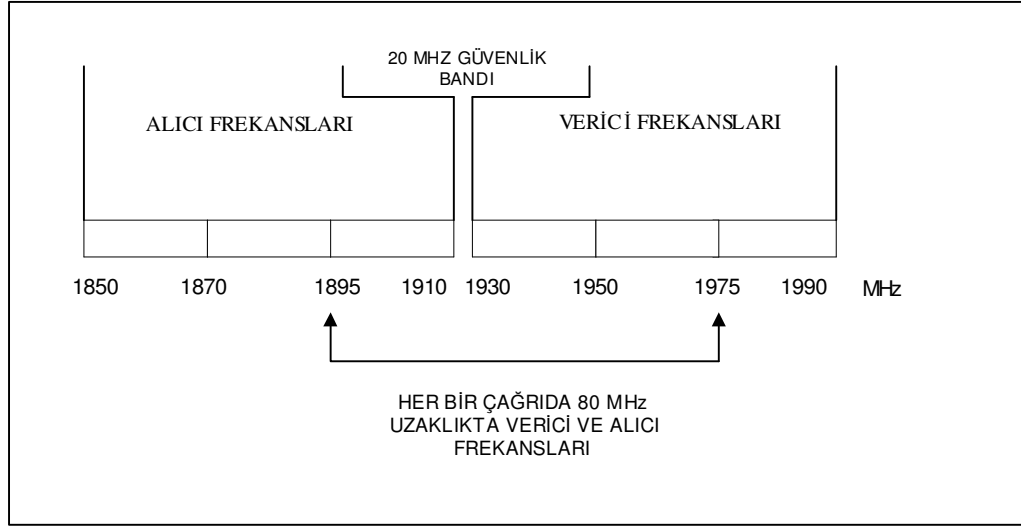
Alış ve veriş frekansları arasında her zaman için 95MHz uzaklık mevcuttur (Şekil 2.6). Bu sabit aralık girişim ihtimalini düşürür.



Şekil 2.6. DCS 1800 frekans bandı

PCS 1900(Personal Communication Systems 1900)

PCS 1900 sistemi, 1850 ile 1910MHz arasındaki frekansları alış ve 1930 ile 1990MHz arasındaki frekansları veriş için kullanır. RF taşıyıcıları 200kHz aralıklarla kullanılır ve 299 taşıyıcıya imkan verir. 1920 ile 1930MHz frekansları arasındaki 20MHz'lik koruma bandı, alış ve veriş frekans grupları arasındaki girişimi engeller. Alış ve veriş frekansları, birbirinden her zaman için 80MHz uzaklıktadır (Şekil 2.7). Bu sabit aralıkta girişim ihtimalini düşürür.



Şekil 2.7. PCS 1900 frekans bandı

2.3. 2.5G NESİL

“2.5 Nesil”, 2G şebekesinin gelişmiş özelliklerini içeren bir tasarımdır. Genel olarak bir 2.5G GSM sistemi şu teknolojilerden en az birini içerir: HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Services) ve EDGE (Enhanced Data Rates For Global Evolution).

2.3.1. GPRS (General packet radio services)

GPRS mevcut GSM Şebekesi üzerinden yüksek hızlı paket veri iletişimini sağlayan bir teknoloji olup internet gibi paket veri şebekelerine kablosuz erişimi büyük oranda basitleştiren ve geliştiren yeni bir taşıyıcı servisedir.

Hücresel mobil telefon ve internet kullanıcılarındaki artış, hücresel kablosuz veri şebekeleri için büyük bir pazar hedeflenmesine karşın günümüzde yüksek performanslı kablosuz internet erişimine büyük talep vardır. Ancak mevcut GPRS veri servisleri kullanıcıların ve hizmet sağlayıcıların isteklerini karşılayamamıştır.

Kullanıcı açısından, veri transfer hızlarının düşük olması, bağlantının kurulmasının pek çok kullanıcıya karmaşık gelen işlemler içermesi ve uzun sürmesi, bunların ötesinde sağlanan hizmetin pahalı olması mevcut şebeke üzerinden veri iletiminin dezavantajıdır.

Mevcut hücrel şebekenin devre anahtarlama yapısından dolayı tüm trafik kanalı bir tek kullanıcı tarafından işgal edilir. Bu ise zaten sınırlı olan hava arayüzü kaynaklarının verimsiz kullanımına sebep olur. Bunun yanında paket anahtarlama şebekede trafik kanalı sadece ihtiyaç duyulduğunda işgal edilir, veri iletimi gerçekleşikten hemen sonra serbest kalır. Dolayısıyla pek çok kullanıcı istatistiksel çoğullama ile aynı fiziksel kanalı paylaşabilir.

Ücretlendirme açısından da mevcut şebekeler kanalın meşgul edilme süresi ile orantılı olarak ücretlendirildiği için kullanıcı açısından dezavantajlıdır. Paket Anahtarlama şebekede ise ücretlendirme transfer edilen veri miktarı üzerinden yapılır, bu da sürekli hatta kalmayı olanaklı kılar.

Mevcut GSM şebekesinin veri iletimindeki yetersizliklerinden dolayı *AMPS IS-95 ve IS-136 da kullanılan CPPD ve GSM için GPRS* olmak üzere iki hücrel paket anahtarlama teknolojisi geliştirilmiştir [2].

GPRS' in başlıca kullanıcı özellikleri

Hız: GSM sisteminde zamanda çoğullama amacıyla kullanılan sekiz zaman diliminin tamamının aynı anda kullanılması ile teorik olarak ulaşılacak maksimum veri iletim hızı 171.2kbps'tir. Bu teorik veri iletim hızı bugün kullandığımız telefon şebekesinden üç kat ve mevcut GSM şebekesindeki devre anahtarlama veri iletim hızından da on kat daha fazladır. GPRS devre anahtarlama veri iletimi ve kısa mesaj servisi ile kıyaslandığında en az maliyetli veri iletim hizmetidir.

Süreklilik: GPRS'in sağladığı en önemli özellik sürekli şebekeye bağlı olmak, yani sürekli hatta (online) olmaktır. Süreklilik, devre anahtarlama veri iletimi ile kıyaslandığında GPRS'in en büyük avantajlarından biridir.

Yeni Uygulamalar: GPRS, mevcut GSM şebekesi üzerinden, devre anahtarlama veri hızındaki (9.6Kbps) ve kısa mesaj servisindeki mesaj uzunluğu (160 Karakter) gibi kısıtlamalardan ötürü daha önce mümkün olmayan pek çok yeni uygulamaya olanak sağlamıştır. GPRS, bilgisayarla internet üzerinde yapılabilen tüm işlemlerin ve uygulamaların, mobil olarak yapılabilmesini sağlar.

GPRS'in şebeke özellikleri

- **Paket Anahtarlama:** GPRS sisteminde bilgi, iletilmeden önce paket olarak tabir edilen birbirinden ayrı, fakat birbiri ile ilgili parçalara bölünür. Alıcı tarafında ise bu parçalar tekrar birleştirilir. İnternet, paket veri iletiminin kullanıldığı bir şebeke örneğidir.

GPRS, mevcut devre anahtarlama GSM şebekesi üzerinden paket tabanlı hava arayüzü gerektiren bir sistem esasına dayanır. Bu kullanıcıya paket tabanlı veri hizmeti opsiyonu sunar.

Aslında devre anahtarlama şebeke mimarisi üzerine paket anahtarlama şebeke mimarisini eklemek oldukça kapsamlı bir değişiklik gerektirmesine rağmen; GPRS, mevcut GSM şebeke yapısına bir çift yeni altyapı bileşeni eklentisi ve bazı mevcut şebeke elemanları üzerinde birtakım yazılım güncellemeleri ile paket anahtarlama ve devre anahtarlama şebekeleri zahmetsizce birleştirilebilmiştir.

- **Spektrum Verimliliği:** GPRS sistemi, hava arayüzünü yani kullanılabilecek radyo kanallarını, belli bir süre kullanıcıya tahsis etmek yerine, kullanıcı sadece veri gönderirken veya alırken meşgul eder veya kullanır. Böylece mevcut kanallar diğer kullanıcılar tarafından da kullanılabilir. Bu sayede sınırlı olan bant genişliğini ve radyo kanallarını daha çok kullanıcı kullanır. Benzer şekilde tek bir hücre daha fazla

sayıda kullanıcıya hizmet verebilir. Aslında tek bir hücrede kaç aboneye GPRS hizmeti sunulacağı kullanılan uygulamanın çeşidine veya iletilecek verinin miktarına göre değişir. Dolayısıyla sadece çok yoğun zamanlarda kullanılmak üzere tahsis edilecek kapasiteye daha az ihtiyaç duyulur. GPRS'in spektrum verimliliği, şebeke işleticisi için şebeke kaynaklarının verimli ve esnek bir şekilde kullanımını en üst seviyeye çıkarır.

- **İnternet Erişimi:** GPRS bugün sabit şebekeler üzerinden erişebildiğimiz tüm uygulamalara hareketli olarak erişme imkanı sağlamaktadır. Dolayısıyla GPRS hizmeti sunan şebeke işleticileri aynı zamanda birer internet servisi sağlayıcısı haline gelmişlerdir.

İnternet GPRS için çok önemli bir uygulama alanıdır, çünkü aynı protokolleri kullanırlar. GPRS şebekesi, GPRS'i destekleyen mobil telefonlar birer mobil host olarak görüldüğünde; internetin bir alt-şebekesi olarak düşünülebilir. Dolayısıyla her mobil cihaz kendi IP adresi ile erişilebilir olmuştur.

- **TDMA ve GSM Desteği:** Mevcut sayısal GSM altyapısı üzerine kurulan tek servis GPRS değildir. IS-136 TDMA standardı Güney ve Kuzey Amerika'da oldukça yaygındır ve buralarda da GPRS'e geçiş olacaktır. GPRS, TDMA ve GSM'i destekleyen bir üçüncü nesil sisteme geçişte çok önemli bir rol üstlenmiştir.

GPRS'in sınırlamaları

GPRS, şu anki veri iletim hızı ve spektrum kullanımı ile kıyaslandığında çok önemli özelliklere sahip olmasına rağmen aşağıdaki gibi özetlenebilecek bir takım sınırlamalara sahiptir.

- **Tüm Kullanıcılara Sınırlı Hücre Kapasitesi:** Mevcut şebeke yapısında farklı kullanıcılar tarafından kullanılacak sınırlı sayıda radyo kanalı vardır. Dolayısıyla kanalların bir amaç için tahsis edilmesi aynı anda diğerinin kullanımını önler. Örneğin ses ve GPRS çağrıları, aynı şebeke kaynaklarını kullanırlar. GPRS'in

şebekeye olan etkisi, GPRS'e bir zaman aralığı (Time Slot) tahsis edilirse ortaya çıkar. Sonuç olarak; başka bir tip radyo kaynağını kullanan kısa mesaj servisine tamamlayıcı taşıyıcı olarak ihtiyaç duyulur.

- **Pratikteki Hız Düşüklüğü:** Teorideki veri iletim hızı olan 172.2Kbps'a ulaşabilmek için tek bir kullanıcının tüm sekiz zaman dilimini herhangi bir hata koruması olmaksızın kullanması gerekir. Ancak uygulamada hiçbir operatör bir tek GPRS kullanıcısının tüm zaman dilimlerini kullanmasına müsaade etmez. Bunun yanında mobil GPRS terminallerinin de iki ya da üç zaman dilimini desteklerler. Dolayısıyla bant genişliği sınırlıdır. Gerçek şu ki yeni bir teknoloji sunulana kadar uygulamada mobil şebekeler sabit şebekelerden daha yavaş olacaklardır. Sonuç olarak; EDGE veya UMTS teknolojileri kullanılabildiği kadar GPRS kullanıcıları sabit şebeke veri iletim hızına ulaşamayacaklardır.

- **Verimsiz Modülasyon:** GPRS, GMSK modülasyonunu kullanır. EDGE ise hava arayüzü üzerinden daha çok bit oranına izin veren yeni bir modülasyon tekniği olan 8 PSK'yı kullanır; aynı şekilde UMTS'de kullanılması düşünülen bir modülasyon türüdür. Dolayısıyla şebeke işleticileri üçüncü nesile geçmek için şebekelerine bazı eklentiler yapmak zorundadırlar.

- **Geçiş Gecikmeleri:** GPRS, veri paketlerinin aynı istikamete farklı yollardan gitmesi bazı paketlerin iletim esnasında bozulma veya kaybolma olasılıklarını artırır. Paket iletiminde kaybolan veriler yeniden istendiği için bazı gecikmeler ortaya çıkar.

Bu yüzden kaliteli görüntü yayını gibi uygulamalarda HSCSD kullanılabilir. HSCSD bir kullanıcının aynı anda dört zaman dilimine kadar kullanabildiği bir sistem olduğu için uç noktalar arası bağlantıda gecikme daha az olur.

GPRS'in gelişimi

Yeni bir teknolojik uygulama ortaya çıktığında tam olarak kurulmadan önce pek çok aşamalardan geçilir.

GPRS'in gelişimi Çizelge 2.2'de yıllara göre ayrıntılı olarak verilmiştir [2].

- Standardizasyon,
- Alt yapı gelişimi,
- Şebeke denemeleri,
- Sözleşmeler,
- Şebekenin yaygınlaşması,
- GPRS telefonların yaygınlaşması ve
- Uygulamaların geliştirilmesi gibi aşamaları içerir.

Çizelge 2.2. GPRS'in gelişimi

1999- 2000	Şebeke işleticileri tarafından GPRS alt yapısının mevcut GSM şebekesine eklenmesi için gerekli sözleşmelerin imzalanması,
2000 Yazı	İlk GPRS denemelerinin yapılması,
2001'in başı	GPRS telefonların ticari olarak piyasaya çıkması,
2001 yılı	Şebeke işleticilerinin GPRS hizmetini ticari olarak sunmaları ve GPRS'in yaygınlaşması,
2001'in ikinci yarısı	56Kbps'lik tek kullanıcı hızı, yeni GPRS uygulamaları, yüksek bit oranları, daha fonksiyonel telefonların piyasaya çıkması,
2002	112Kbps'lik tek kullanıcı hızı GPRS faz/2 EDGE'e geçiş, GPRS'in her telefonda standart olması ve GPRS kullanımının 1999 yılındaki kısa mesaj kullanım oranına erişmesi,
2003	UMTS'in ticari olarak faaliyete geçmesi.

GPRS'in uygulamaları

GPRS uygulamalarını aşağıdaki gibi kısaca sıralamak mümkündür.

- Sanal muhabbet (Chat),
- Yazılı ve görsel bilgi transferi,
- Sabit resim transferi,
- Hareketli resim transferi,
- WEB gösterimi,
- Doküman paylaşımı ve ortaklaşa çalışma,
- Müzik yayını,
- Kurumsal mail
- İnternet mail,
- Araç takibi.

GPRS sistem mimarisi

GPRS'i mevcut GSM şebekesine entegre edebilmek için GSN (GPRS Support Nodes) olarak tanımlanan yeni şebeke bileşenlerinin GSM alt yapısına eklenmesi gerekmektedir. Şekil 2.8'de GPRS sistem mimarisini görülmektedir.

Aslında GGSN ile SGSN arasında pek çok ilişki vardır. Bir SGSN farklı paket veri şebekelerine ulaşabilmek için kendi veri paketlerini farklı GGSN'ler üzerinden gönderebilir.

Şekil 2.8'de GSM şebeke bileşenleri ile yeni bileşenler arasındaki arayüzler de görülmektedir.

2.3.2. EDGE (Enhanced data rates for global evolution)

EDGE, özellikle Ericsson tarafından UMTS lisansı alamamış GSM şebeke işleticileri için geliştirilmiş; sekiz zaman diliminde kullanımı halinde 384Kbps veri transfer hızına olanak veren mobil veri transfer standardıdır.

EDGE, daha sonra UMTS için gerekli olacak bir modülasyon türü olan 8-PSK'yı kullandığı için GPRS'den UMTS'e geçişte bir ara basamak gibi düşünülür. HSCSD ve GPRS tek bir zaman dilimindeki veri aktarım hızını arttıran GMSK modülasyonu kullandığı için GPRS ile ulaşılacak maksimum veri hızı 115Kbps, HSCSD ile ulaşılacak veri aktarım hızı ise 56Kbps ile sınırlıdır.

EDGE'in şebekeye eklenmesi, şebeke işleticisi açısından basit olacak şekilde tasarlanmıştır ve yeni bir lisans gerektirmez. GSM'le aynı zaman bölmeli çoklu erişim çerçeve yapısını ve mevcut hücre ayarlarını kullandığı için sadece her hücreye bir EDGE alıcı-verici birimi eklenmesi ile kolaylıkla mevcut GSM standardı üzerine kurulur.

Nokia ve Ericsson gibi alt yapı sağlayıcı firmalar, ticari olarak 2001'in ikinci yarısında EDGE uygulamalarına başlamışlardır. EDGE ile ilgili gelişmelere ek olarak TDMA endüstri birliği, spektrumu daha verimli kullanan EDGE Compact'ı geliştirdiklerini duyurdular.

EDGE şebeke yapısı GPRS'in şebeke yapısı ile aynıdır.

EDGE teknolojisi

Teknik olarak EDGE, hücresel haberleşmenin hava arayüzü kısmında sağlanan teknolojik bir gelişme olmasına rağmen mevcut şebekeye yeni radyo taşıyıcıları sağlayan bir sistem olarak da düşünülür.

Kullanıcıların baz istasyonuna olan uzaklığının, bulunduğu ortamdan dolayı maruz kaldığı zayıflama ve girişimlerin farklı olmasından dolayı hücresel haberleşme sistemlerinin karakteristik bir özelliği olarak, her kullanıcı farklı kalitede trafik kanalları üzerinden haberleşir.

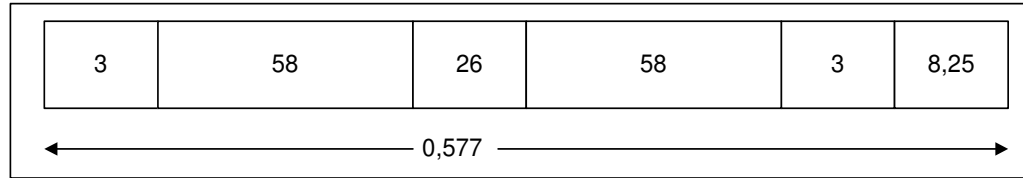
Mevcut GSM şebekesinde ses iletimi gibi klasik bir uygulama SIR (Sinyal Girişim Oranı) cinsinden standart bir kalite seviyesine ihtiyaç duyar. Eğer kullanılmakta olan trafik kanalında SIR değeri saptanan değer altındaysa yani kullanılan kanalın kalitesi düşükse çağrı düşürme diye tabir edilen iletişim kesilmeleri olur. Bu durumun önüne geçebilmek için radyo şebeke planlaması yapılırken çok az kullanıcının standart SIR seviyesinin altında kalması hedeflenir. Dolayısıyla kullanıcıların büyük çoğunluğu faydalanamadıkları çok iyi bir kanal kalitesine sahip olurlar.

EDGE, GSM'deki bu durumu iyileştirmek için link kalite kontrolü denen bir yöntemi kullanır. Link kalite kontrolü, kanal kalitesine göre verinin korunma derecesini ayarlar; böylece her kanal için makul bir veri iletim hızı sağlanır [2].

Radyo hava arayüzü temel parametreleri

EDGE hava arayüzü, mevcut hücresel sistemle aynı hava arayüzünü kullanarak daha hızlı veri iletimini sağlar. Aynı hava arayüzü üzerinden daha hızlı veri aktarımını sağlayabilmek için GMSK'dan farklı olarak bir darbede daha fazla veri taşınmasına olanak tanıyan, 8-PSK modülasyon yöntemini kullanır. 8-PSK ve GMSK modülasyonunda da veri iletim hızı 271Kbps'dir.

EDGE için kullanılan pekçok fiziksel katman parametresi GSM sisteminde kullanılanlarla aynıdır. GSM'in 200kHz'lik taşıyıcı genişliği ve TDMA çerçeve yapısı EDGE ile aynıdır. Ayrıca EDGE burst yapısı da GSM'in burts yapısına çok benzer. Şekil 2.9'da görüldüğü gibi bir burst ortada 26 eğitim biti başta ve sonda 3 kuyruk biti, ve 8,25 koruma biti içerir. Her burst 2x58 veri sembolü (bit) içerir.



Şekil 2.9. EDGE paket yapısı

Radio protokol tasarımı

Yeni protokol gereksinimlerini azaltmak için EDGE sistemi GSM/GPRS'de kullanılan protokolleri aynen kullanır, ancak performansı arttırmak için bazı protokollerin değişmesini gerektirir.

EDGE'de EGPRS ve ECSD olmak üzere iki anahtarlama modu vardır.

Paket anahtarlama iletim (EGPRS)

Yüksek veri hızı ve veri korumasının kanal kalitesine göre ayarlanma ihtiyacından dolayı EDGE'in kullandığı RLC protokolü GPRS'de kullanılanlardan farklıdır. Temel değişiklikler link kalite kontrol yönetimindeki gelişmelerle ilgilidir. Daha önce de belirtildiği gibi link kalite kontrolü değişen kanal kalitesine göre radyo linkinin performansını ayarlamak için kullanılan bir yöntemdir. Bu amaçla kullanılan yöntemlerden biri link ayarlaması (*Link Adaptation*) diğeri ise fazlalık arttırımı (*incremental redundancy*) yöntemidir.

Link ayarlama yönetimi, düzenli olarak link kalitesini tahmin eder ve bir sonraki iletimde en yüksek veri iletim hızını sağlamak için en iyi modülasyon ve kodlama

yöntemini seçer. Link kalitesindeki değişikliklere göre kanal ayarlama yöntemlerinden biri olan fazlalık arttırımı yönteminde de; bilgi ilk önce düşük bir kodlamayla yollanır, eğer veri alınamaz veya kodu çözülemezse veri sağlıklı bir şekilde alınana kadar yeni kodlar eklenerek veri tekrar tekrar yollanır. Bu, veri iletim hızını düşürdüğü gibi bazı gecikmeler de sebep olur.

EGPRS bahsedilen iki metodu da destekleyen karma bir metot kullanır. Gönderilen verinin hızı link kalite kontrol yönteminin ölçme sonuçlarına göre yapılır. Bu yöntemin faydası fazlalık arttırımı ile oluşan gecikmenin önüne geçilebilmesidir.

Devre anahtarlama iletim (ECSD)

EDGE'in Devre Anahtarlama iletim modunu kullanmasının temel amacı GSM'de kullanılan protokollerin de kullanımını sağlamaktır.

Paket anahtarlama taşıyıcılar

GPRS şebeke mimarisi mobil istasyonun harici sabit IP şebekesine bağlanmasına imkan verir. Bağlantıyı sağlayan her radyo erişim taşıyıcısının servis kalitesi tanımlanır. Bu tanımlamada kullanılan parametreler öncelik, güvenilirlik ve gecikmedir. Bu parametrelerin kombinasyonu farklı uygulamalar için kullanılacak taşıyıcının belirlenmesinde kullanılır.

Devre anahtarlama taşıyıcılar

Mevcut GSM standardı şeffaf olan ve şeffaf olmayan radyo erişim taşıyıcılarını destekler. 9,6Kbps'den 64Kbps arasındaki sabit veri hızlarına imkan veren 8 şeffaf taşıyıcı tanımlanmıştır.

Şeffaf olmayan taşıyıcılar sanal olarak hatasız veri iletimini sağlamak için RLP (Radyo Link Protokolü)'yi kullanırlar.

EDGE'in gelmesi taşıyıcı tanımlarının değişmesini gerektirmemektedir. Yani kanallardan iletilebilecek veri hızları aynıdır. Yeni olansa kullanılan kodlama yönteminin değişmesidir. Örneğin şeffaf olmayan taşıyıcıda 57,6Kbps'lık veri hızına iki zaman dilimi kullanılarak ulaşır iken; standart GSM siteminde aynı hıza ulaşmak için dört zaman diliminin kullanılması gerekir.

Böylece ECSD iletim yüksek hızlı taşıyıcıların daha az zaman dilimi kullanmalarına imkan tanır, bu da her kullanıcının daha az zaman dilimine ihtiyaç duyması anlamına gelir. Böylelikle sistemin kapasitesi artırılmış olur.

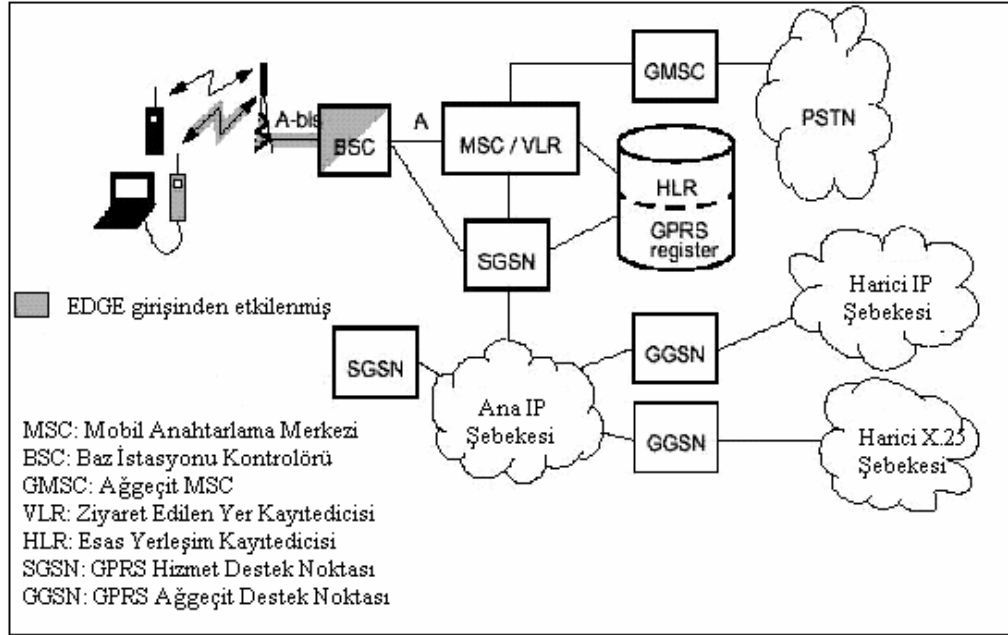
Asimetrik servisler

EDGE ile birlikte gelecek olan mobil istasyonlar daha ucuz, daha küçük boyutta ve olup daha uzun pil ömrüne sahip olacaklardır.

ETSI, mobil istasyon standardı oluşturulması için iki sınıf mobil istasyon olması yönünde bir yaklaşım izler. Bunlardan birinin up-link için GMSK, down-link için 8-PSK, diğer sınıfın ise hem down-link hem up-linkte 8-PSK'yı kullanması düşünülmüştür. İlk sınıf için uplink hızı GSM/GPRS hızı ile sınırlı iken downlink hızı EDGE hızı ile sınırlı olacaktır. Bu sayede mobil istasyonun daha az karmaşık olması hedeflenmektedir. Ancak henüz kesin bir kural yoktur ve konu üzerindeki çalışmalar devam etmektedir.

EDGE'in GSM mimarisine etkileri

EDGE gelen yüksek veri iletim hızı, GSM/GPRS şebekesi üzerinde bazı değişiklik ve etkileri de beraberinde getirmektedir. EDGE'in devreye girmesi ile etkilenen şebeke bileşenleri Şekil 2.10'da görülmektedir.



Şekil 2.10. EDGE teknolojisinin mevcut GSM şebekesine olan etkileri

EDGE'in ilk etkisi A-bis arayüzünde olacaktır. EDGE her trafik kanalı için 64Kbps'lık veri iletim hızlarına ulaşması 16Kbps destekleyen A-bis arayüzünün çoklu kullanımını gerektirir. Bu problemin çözümü için ATM ve IP tabanlı çözümler de düşünülmektedir. GPRS tabanlı paket anahtarlama veri servisleri ve diğer şebeke bileşenleri yüksek veri hızlarını destekleyecek özelliklere sahiptirler.

EDGE'in GSM radyo şebeke planlamaya etkileri

GSM işleticisi EDGE sistemini kademeli olarak devreye almaktadır. İlk kurulumda EDGE uyumlu alıcı vericiler EDGE kapsamının istendiği hücrelere eklenir, böylece aynı frekans bandında GSM, GPRS ve EDGE kullanıcıları olur.

Hücrede trafik için kullanılan her fiziksel kanal (zaman dilimi) dört kanal tipinden biri olarak görülür [2].

- 1- GSM konuşma ve GSM devre anahtarlama veri (CSD),
- 2 - GSM paket veri (GPRS),

3 - GSM konuşma ve Devre anahtarlama veri (CSD ve ECSD),

4 - Paket veri (GPRS ve EGPRS).

2.4. Üçüncü Nesil

Üçüncü nesil haberleşme sistemi, cep telefonu, smart telefon gibi mobil terminallere yüksek hızlı internet erişimi, hareketli resim iletimi gibi yüksek hız ve bant genişliği gerektiren hizmetlerin ISDN, DSL gibi sabit şebeke kalitesinde iletebilmek amacıyla tasarlanan hücresel haberleşme standartlarının ve teknolojisinin genel adıdır.

2.4.1. Üçüncü nesile geçiş nedenleri

Birinci nesil analog hücresel sistemlerden ikinci nesil sayısal hücresel sistemlere geçişin temel nedeni; abone sayısının beklentilerin üzerinde artması ve iletişim alt yapısının bu artışa cevap veremez hale gelmiş olmasıdır.

İkinci nesilden üçüncü nesile geçiş nedenleri, birinci nesilden ikinci nesile geçiş nedenlerinden oldukça farklıdır. Mevcut ikinci nesil alt yapısı artan abone sayısına cevap verebilecek esnek yapıya sahip olmasına rağmen, aşağıda sıralanan gelişmelerden dolayı yeni bir mobil pazar oluşturma ve bunu destekleyecek yüksek hızlı ve büyük miktarda veri iletimini mümkün kılacak bir alt yapı oluşturmak amacıyla üçüncü nesil kavramı ortaya atılmıştır.

- İnternetin geldiği nokta ve IP'nin başarısı,
- Paket anahtarlama teknolojilerdeki gelişme,
- Mobil haberleşmeye olan ilginin beklenenden çok üzerinde olması,
- Elektronik ve mobil e-ticaret kavramlarının ortaya çıkması,
- Mevcut mobil şebeke üzerinden veri iletim miktarının artması ve bu artışı destekleyen WAP ve GPRS gibi teknolojilerin gelişmesi.

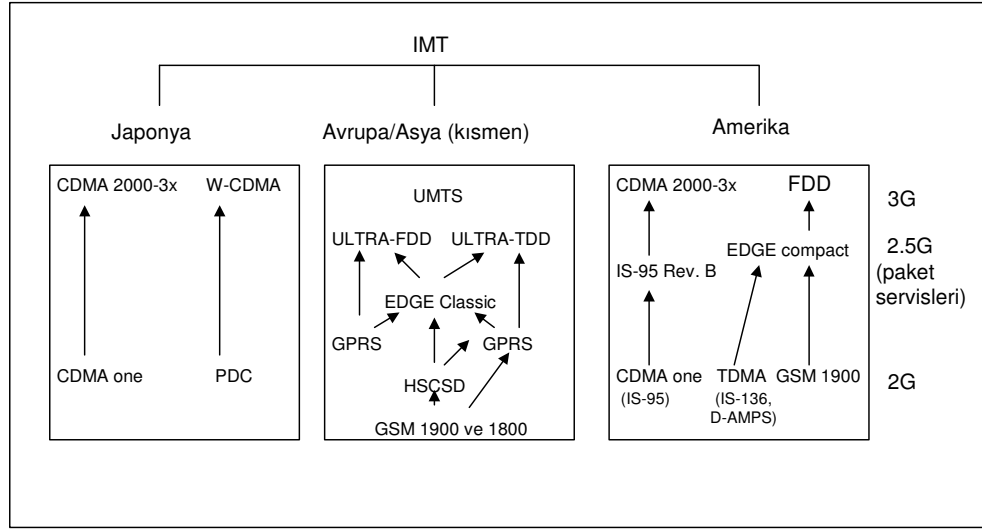
2.4.2. Üçüncü nesil hücresel haberleşme sistemlerinin gelişimi

ITU, birbiri ile uyumsuz standartlara sahip hücresel haberleşme sistemlerinin hızlı gelişimini takiben 1985 yılında “3G” diye tabir edilen Üçüncü Nesil Haberleşme standartlarını geliştirmek için çalışmalara başlamıştır.

Üçüncü nesil teknolojisi ile ilgili çalışmalar, şu an kullanılmakta olan ikinci nesil hücresel haberleşme sistemleri ile uyumlu tüm dünyada geçerli birleştirilmiş tek bir standardın geliştirilmesini hedeflemiştir.

1997 yılında Japon Radyo Endüstrisi Birliği ARIB’in üçüncü nesil haberleşme sistemi hava arayüzü standardı olarak CDMA teknolojisini önermesi ile 3G geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır.

1998 yılında ITU, üçüncü nesil hücresel haberleşme standartlarının genel adı olarak IMT-2000’i (International Mobile Telecommunications year 2000) kabul etmiş (Şekil 2.11); aynı yıl ETSI, Avrupa’da üçüncü nesil sistemler için kullanılacak standartları, UMTS (Universal Mobile Communications) adı altında ITU’ye global standart önerisi olarak sunmuştur. Eski dünyadaki bu gelişmeler karşısında Amerikan Qualcomm Firması liderliğindeki CDMA Geliştirme Grubuna dahil birkaç Kuzey Amerika şirketi Kuzey Amerikada kullanılmakta olan hücresel sistemler olan AMPS ve CDMA ile uyumlu olan CDMA-2000’ni 3G global standardı olarak önermiştir.



Şekil 2.11. IMT 2000 ailesinin gelişimi hakkındaki genel görünüş [2]

1998 yılı Aralık ayında içlerinde Avrupa'dan ETSI, Japonya'dan ARIB ve TTC, Birleşik devletlerden ANSI ve Kore'den TTA gibi dünyanın önde gelen standart enstitülerinin altı tanesi Üçüncü Nesil Mobil Haberleşme sisteminin mevcut GSM alt yapısı ile uyumlu olmasını sağlayacak teknik özellik ve standartları belirlemek amacı ile bir araya gelerek; *3GPP* (3G Partnership Project)'yi oluşturdular.

Ancak 3GPP'nin 3G için düşündüğü W-CDMA teknolojisinin kullanımına ilişkin telif haklarının, Amerikan Qualcomm şirketinde olması IMT-2000'ni ve destekçi firmaları zor durumda bırakmış, ayrıca UMTS'in global bir standart olmasının önünde bir engel teşkil etmiştir.

1999 yılı Mart ayının sonlarına doğru UMTS'in önde gelen destekçilerinden Ericsson Firmasının Qualcomm'un CDMA Altyapı Bölümünü satın alması ve iki şirket arasında telif haklarının kullanımına ilişkin bir antlaşma imzalanması ile IMT-2000 bir dünya standardı haline gelmiştir.

Bu gelişmeler sonucunda IMT-2000 herbiri GSM ve IS-41 şebeke mimarisine uyumlu üç işletim modelini kapsayan CDMA tabanlı bir standart haline gelmiştir. Bu üç işletim modeli ve içerikleri Çizelge 2.3'de özetlenmiştir.

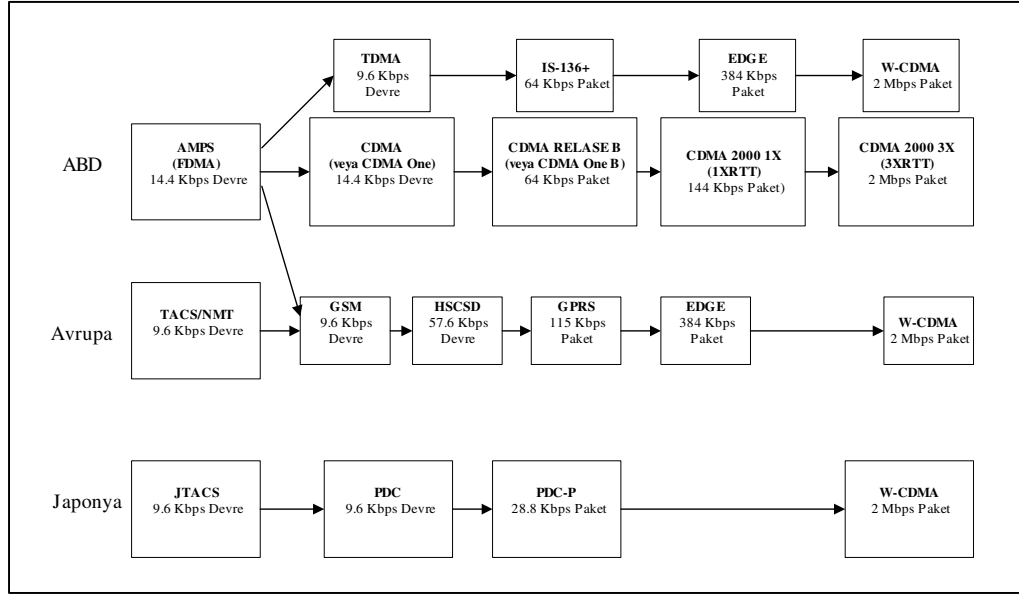
Çizelge 2.3. İşletim modelleri ve içerikleri

<i>Mod</i>	<i>İsim</i>	<i>Kaynak</i>	<i>Destekleyenler</i>
1	IMT DS WCDMA Direct Spread FDD (Frequency Division Duplex)	ETSI'nin UTRA RTT'nin ilk teklifi temel alınarak geliştirilmiştir.	Japon'ların ARIB GSM Şebeke işleticileri ve altyapı sağlayıcıları Japonya ve Avrupa'da kullanılması beklenmektedir.
2	IMT MC cdma2000 Multi-Carrier FDD (Frequency Division Duplex)	Amerikan Telekom endustrisi tarafından önerilen cdma2000 RTT teklifi baz alınarak geliştirilmiştir.	CdmaOne işleticileri ve CDMA Geliştirme grubu üyeleri tarafından desteklenmektedir. Amerika'da kullanılması beklenmektedir.
3	IMT TC UTRA TDD (Time Division Duplex)	ETSI'nin RTT teklifi baz alınarak geliştirilmiştir.	Çin'de kullanılması beklenmektedir.

Tüm çalışmaların sonucunda Avrupa ve Asya için, Japonya için ve Amerika için üç ayrı modelin ortaya çıkması, geline noktanın ikinci neslin şu anki durumundan pek de farklı olmadığını göstermektedir. Ancak, Japonya Avrupa GSM topluluğuna katılarak W-CDMA'ı taban olarak kabul etmiştir. Sonuçta, şu an üç hava arayüzü modeli ile GSM ve IS-41 olmak üzere iki büyük temel şebeke altyapısı vardır.

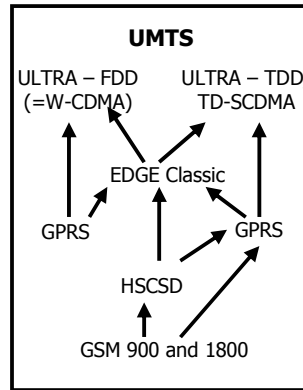
2.4.3. UMTS'e geçiş basamakları

UMTS'e geçişin temel olarak üç aşamada gerçekleşmekle birlikte, tam bu durum daha çok şebeke işleticilerinin tercihinin bağlı olan bir konudur. UMTS'e geçişte izlenebilecek çeşitli aşamalar Şekil 2.12'de görülmektedir.



Şekil 2.12. 3G gelişim basamakları

Örnek olarak, üçüncü nesile geçiş metodlarından biri şu şekildedir; ilk aşama olarak mevcut GSM şebekesinin IP ve X.25 gibi paket anahtarlama tabanlı şebekelere bağlanmasını olanaklı kılan GPRS'e geçiş, daha sonra ikinci aşama olarak EDGE standardına geçiş ve son olarak ta UMTS'e geçiştir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. UMTS'e geçişte izlenen aşamalar

Aşağıda geçiş aşamalarında yer alan erişim metodları kısaca incelenmiştir.

HSCSD (Yüksek hızlı devre anahtarlama veri) iletimi

HSCSD; bir tek kullanıcının birden fazla zaman dilimini aynı anda kullanabilmesini sağlayan bir sistemdir.

GSM devre anahtarlama veri iletiminde her kullanıcı bir zaman dilimi kullanır. HSCSD tek bir kullanıcının dört taneye varan zaman dilimini sürekli olarak kullanabilmesini sağlar, ancak bu durum bir kullanıcının birden fazla trafik kanalını işgal etmesi anlamına gelir ki, bu durum şebeke işleticisi açısından bir kullanıcının birden fazla çağrı yapmasına eşdeğerdir. Bu yüzden, ücretlendirme kullanıcı açısından ekonomik olmamaktadır.

GSM sisteminde tek bir zaman dilimi kullanılarak 9.6Kbps'lik veri aktarım hızına ulaşılabilmekte iken dört zaman diliminin kullanımı ile bu hız 57.6Kbps'ye ulaşabilir. Ancak teoride HSCSD, konuşma çağrıları tarafından bloke edilebilir. Konuşma çağrılarının boş bir kanal arama işlemi esnasında HSCSD bir zaman dilimine kadar düşebilir. Konuşma çağrılarının önceliği olduğu için HSCSD konuşma çağrılarını kesemez. Bu yüzden HSCSD yeni kurulmakta olan, fazla miktarda boş trafik kanalı olan şebekeler için tercih edilir. Bu sayede boş kalan kanallardan gelir elde edilir.

HSCSD, GPRS ile karşılaştırıldığında iki nedenden dolayı tercih edilebilir. Bunlardan biri paket anahtarlama veri iletişim tekniğini kullanan GPRS'de farklı yollardan kaynağa yönelen veri paketlerinin gecikmesi ve bazılarının iletim esnasında kaybolması, özellikle hareketli resim uygulamalarında gecikmelere sebep olmasıdır.

Diğer bir sebep ise GPRS'in diğer paket anahtarlama şebekelerle olan bağlantısının iyi; HSCSD'in ise devre anahtarlama şebekelerle olan bağlantısının iyi olmasıdır.

3. UMTS (EVRENSEL MOBİL HABERLEŞME SİSTEMİ)

UMTS, IMT-2000'nin standartlarına uygun olarak Avrupa'da kabul edilen üçüncü nesil haberleşme sistemidir. UMTS, yüksek hızlı veri iletimine ve gerçek küresel gezinmeye olanak tanıyan bir şebeke sağlamayı hedeflemektedir.

Yeni UMTS şebekesi mevcut GSM işleticilerinin kullandıkları şebeke alt yapısı üzerine kurulmaktadır. İlk aşamalarda UMTS, GSM'in bir gelişimi gibi görünecek olmasına rağmen esas farkı, kullanımı için yeni lisans almayı gerektirecek tamamen farklı bir spektrum ve hava arayüzü kullanılacak olmasıdır.

3.1. UMTS'in Sağlayacağı Özellikler

UMTS aşağıdaki özellikleriyle avantajları çok olan bir mobil haberleşme sistemidir.

- Ses kalitesinde artış,
- Bireye özel uygulamalar ve güvenlik artışı,
- Kapsama alanın genişlemesi ve hücre sayısında azalma,
- Sistem planlama, kurulum ve işletme masraflarında azalma,
- Diğer elektronik cihazlarla olan elektromanyetik etkide azalma,
- Aktarmadan kaynaklanan çağrı kayıplarında azalma,
- Kablosuz güvenli veri transferi,
- Eski teknolojilerle uyumluluk.

3.2. UMTS'in Sağlayacağı Hizmetler

- Sanal Ev Ortamı: UMTS, kullanıcılarına bazı işlerini sanki evlerindeymiş gibi uzaktan yapabilmelerine imkan tanınması düşünülen uygulama ailesinin genel adıdır.
- Internet Protokolü Üzerinden Ses İletimi: Telefon çağrılarının internet üzerinden yönlendirilerek tüm çağrıların yerel çağrımış gibi ücretlendirilmesine imkan veren

bir uygulamadır ve EDGE'in gelmesi ile ilk defa mobil telefonlarda uygulanmıştır. VoIP yüksek hız gerektirmesinden ötürü standart ses servisine bir alternatif olarak gelmeyecektir.

- Hareketli Resim İletimi: Bu uygulama ailesi içerisinde görüntülü telefonların yanında güvenlik kameralarının uzaktan takibi, tele-konferans gibi diğer uygulamalar da girmektedir.
- Sabit Resim İletimi: Fotoğraf, resim, mektup, posta kartı, sunumlar, statik web sayfaları gibi görsel içerikleri veri iletimi bu uygulama ailesi içerisine girer.
- Elektronik Yardımcı: E-Sekreter, E-Advisor gibi uygulamalar bu uygulama ailesi içerisinde yer alır. Elektronik yardımcılar, şebeke üzerinde kullanıcı adına çalışan veri arama ve iletme işlevlerini yürüten programlar olarak düşünülebilir.
- Yazılım Transferi: UMTS'in şu anki internet erişiminden daha yüksek veri hızlarına ulaşmasıyla gelecekte yazılımların mobil cihazlar aracılığı ile transfer edilebileceği düşünülmektedir.
- Radyo ve Televizyon Yayını
- Konuma Özel Uygulamalar

3.3. UMTS Standartları

3.3.1. Hava arayüzü ve özellikleri

Bugünün mobil telefon kullanıcıları bina içlerinden, şehir içlerine ve hatta kırsal bölgelere kadar pek çok ortamda farklı hızlarda seyahat halindeyken haberleşmek durumunda olduklarından farklı ortamlarda farklı kullanıcı yoğunlukları ortaya çıkmaktadır. UTRA (UMTS Karasal Radyo Erişim Sistemi)'nin tüm bu koşullarda

öngörülen kablosuz yüksek spektral verimliliği ve servis kalitesini sağlaması beklenmektedir.

1992 yılında Dünya İdari Radyo Konferansında yeni radyo spektrumunun 230MHz'lik bölümü, karasal ve uydu servislerine ayrılmıştır. Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi bunun 2GHz bandındaki 155MHz kısmı ITU tarafından karasal 3G servislerine tahsis edilmiştir. Ancak UMTS'in kalıcı olmasını ve ileride doğabilecek yüksek bant genişliği taleplerini karşılayabilmek amacıyla Mayıs 2000'de İstanbul'da WRC 2000 görüşmeleri sonucunda 2500-2690MHz frekans aralığı genişleme frekans aralığı olarak tahsis edilmiştir. IMT-2000 için belirlenen hava hava arayüzü standartları beş farklı radyo teknolojisini kapsayacak şekilde aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

IMT DS (Direct Spread) için *UTRA FDD* 1920-1980MHz ve 2110-2170MHz bandı

IMT MC (Multi Carrier) için *Cdma2000*

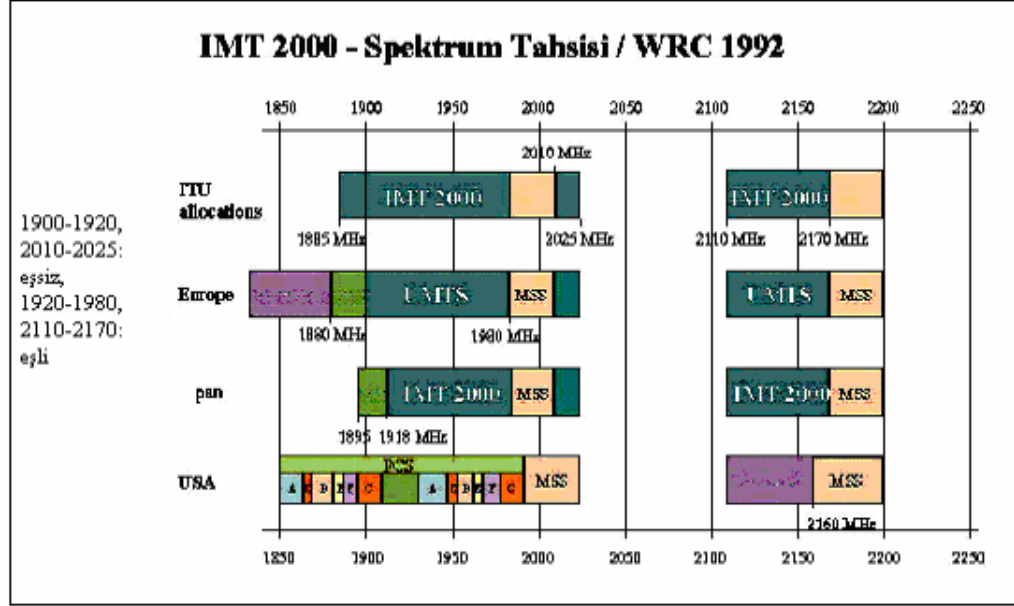
IMT TC (Time-Code) için *UTRA TDD* 1900-1920MHz ve 2010-2025MHz bandı

IMT SC (Single Carrier) için *UWC-136*

IMT FT (frequency Time) için *DECT*

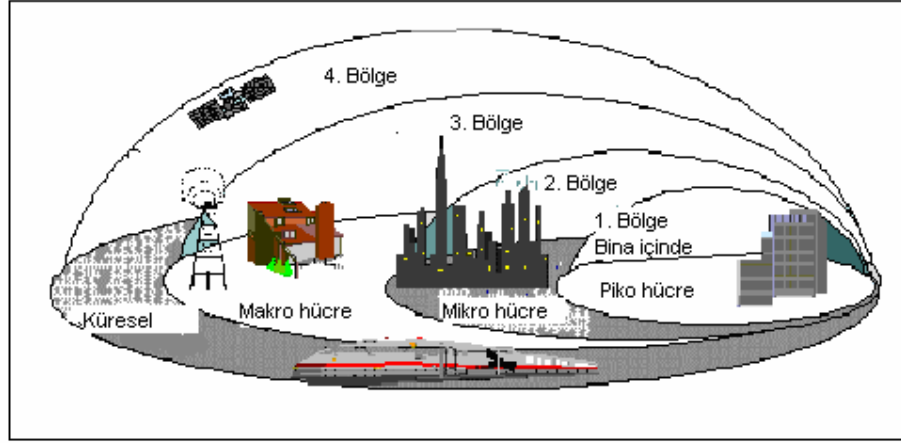
Mevcut GSM şebekesi Zaman Bölmeli Çoklu Erişim yöntemi olan TDMA'i kullanır. Ancak UMTS, CDMA'e benzeyen ancak daha fazla bant genişliği sağlayan W-CDMA'ı frekans spektrumunun geniş kısmında eşli olarak, TD-CDMA'i ise eşsiz kısmında kullanır.

Çizelge 3.1. IMT 2000 spektrum tahsisi



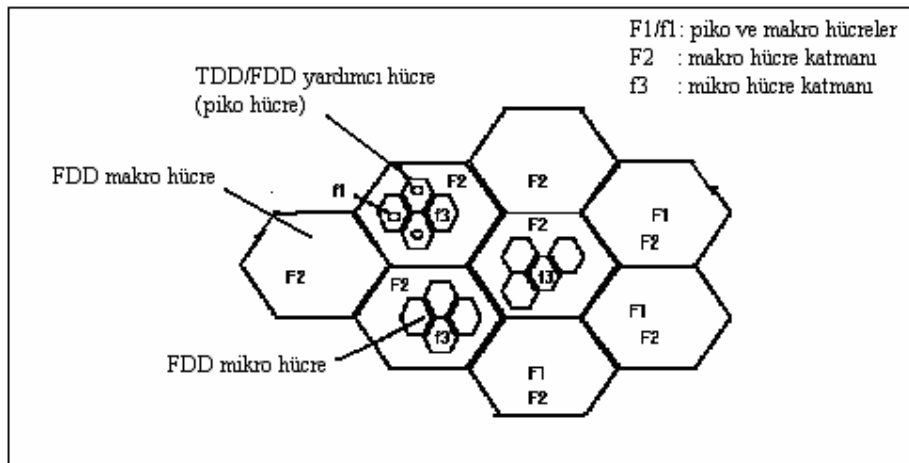
3.3.2. Hücre yapısı

UMTS, ulusal karasal ve küresel uydu bileşenlerini kapsayacak şekilde tüm dünyada geçerli olacak bir sistem olarak düşünülmüştür. Sistem çok modlu ve çok bandlı mobil telefonlar sayesinde temel hizmetler için mevcut ikinci nesil şebekesini de kullanarak çok geniş bir kapsama alanına kavuşacaktır.



Şekil 3.1. UMTS kapsama alanları

Etkili bir kapsama alanı için piko, mikro ve makro hücre yapıları ile uydu mobil şebekelerinin kullanılması düşünülür. Bu hücre ve şebeke yapıları hiyerarşik hücre yapıları olarak adlandırılır ve şebeke işleticisinin ihtiyaçlarına göre düzenlenirler. Örneğin devre anahtarlama gerektiren işlemler veya veri iletimi piko hücreler tarafından yürütülürken, şehir içinde yaya hızındaki yüksek hızlı veri trafiği mikro hücre üzerinden, yüksek hızla seyahat halindeki düşük veri trafiği de makro hücre tarafından yürütülür [4].



Şekil 3.2. UMTS hücre yapısı

3.3.3. USIM (UMTS abone kimlik modülü)

GSM sisteminin getirdiği en çarpıcı yenilik, yüksek güvenlik ve kullanıcı takibi sağlayan SIM (Abone Kimlik Modülü) ya da diğer adıyla akıllı kart uygulamasıdır.

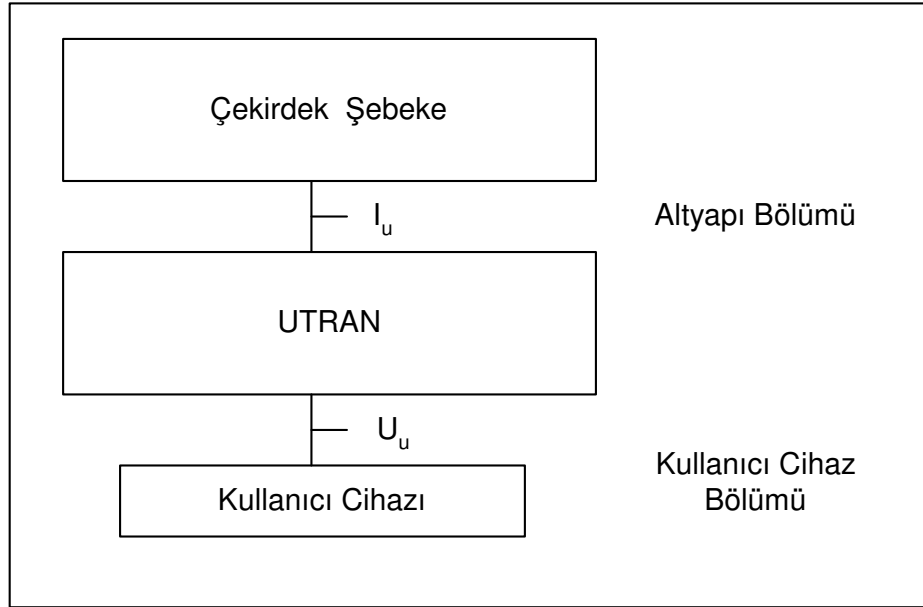
2002 yılında akıllı kart endüstrisi daha yüksek hafıza kapasiteli, daha yüksek işlemci performansı, uzaktan işlem ve daha yüksek kodlama ve şifreleme kapasitesi sağlayan yeni nesil SIM kartlar geliştirmiştir.

Bu gelişmeler ile USIM; UMTS telefonları için yazılım, kullanıcıya özel imza, parmak izi kodu, veya güvenlik amaçlı özel biometrik kodlar gibi güvenliği daha da arttıran verilerin yüklenebilmesini sağlamıştır.

Uzaktan uygulama SIM kartı telefonda çıkartmaya gerek kalmadan pek çok elektronik ticaret işleminin yapılabilmesi anlamına gelmektedir.

3.4. UMTS Mimarisi

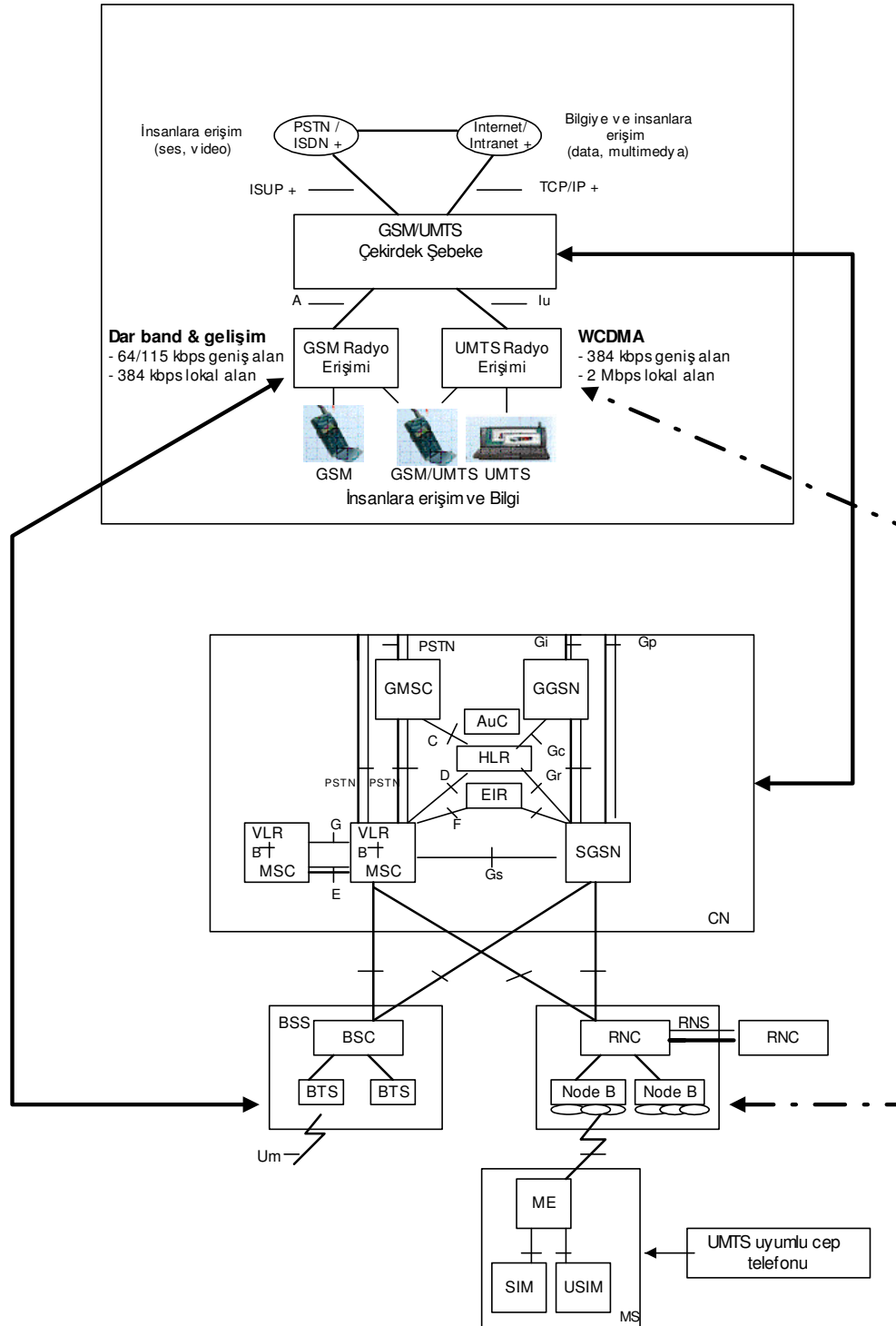
Şekil 3.3’de temel kısımları, harici referans noktaları ve UTRAN ara yüzleri ile basitleştirilmiş UMTS mimarisi görülmektedir. Şebeke mimarisi kullanıcı cihazı ve şebeke altyapısı olmak üzere kabaca iki kısma ayrılabilir. Burada referans noktaları olarak kısımlar arasındaki noktalar kastedilmektedir. Örneğin kullanıcı cihazı UTRAN’a erişmek için bir radyo arayüzü kullanır ve bu arayüz Uu referans noktası olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 3.3. UMTS sistem yapısı

Çekirdek şebeke (Core Network) ve UTRAN, UMTS şebekesinin altyapı kısmını oluşturur. Alt yapı kısmı haberleşme işlemlerini sağlayan pek çok fiziksel noktadan oluşur. Alt yapı sınırlı kaynakların kapsama alanındaki tüm son kullanıcılar arasındaki paylaşımını sağlar.

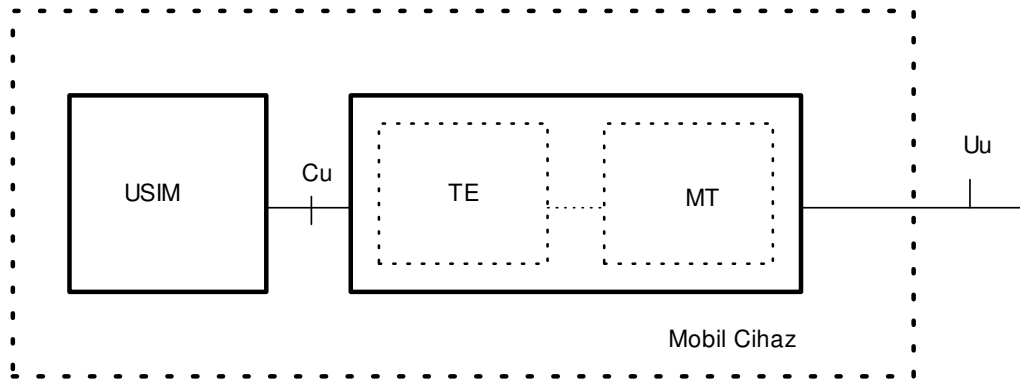
UMTS faz 1'e göre UTRA, UMTS'in erişim şebekesini oluşturur. UTRAN çekirdek şebekeye referans noktasıyla bağlanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. UMTS şebeke mimarisi

3.4.1. Kullanıcı cihazı

Şebekenin bu kısmı çeşitli seviyelerde işlevlere sahip kullanıcı cihazı (Şekil 3.5) olarak tabir edilen çok çeşitli mobil cihazlardan oluşur. Bu mobil cihazlar UMTS ve GSM gibi çift modlu olabilecekleri gibi; başka şebekelere erişim için farklı arayüzlerde kullanılabilirler.



Şekil 3.5. Kullanıcı cihazı

Kullanıcı cihazı kendi içinde Mobil cihaz kısmı ve USIM kısmı olmak üzere ikiye ayrılır. Mobil cihaz (ME) ile USIM arasındaki referans noktası Cu olarak tanımlanır. Mobil cihaz şebeke uygulamalarını ve radyo iletişimini yürütür. USIM ise daha öncede bahsedildiği gibi abonenin şebekeye tanıtılmasından ve güvenlikle ilgili uygulamalardan sorumludur.

3.4.2. UTRAN (UMTS terrestrial radio access network)

UTRAN UMTS’de kullanılan ve GSM’deki BSS yapısına denk düşen radyo erişim şebekesi için kullanılan kısaltmadır.

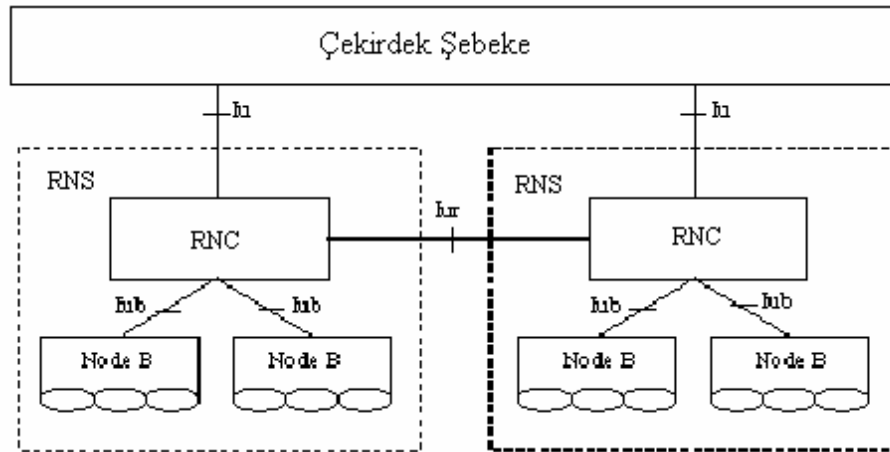
UTRAN UMTS’in erişim kısmını oluşturan RNS (Radio Network Subsystem)’lerden oluşmuştur. RNS’ler GSM sistemindeki BSS’lere denk düşer. RNS özel radyo kaynaklarının tahsisinden ve serbest bırakılmasından sorumludur ve çekirdek şebekeye Iu referans noktasıyla bağlıdır (Şekil 3.6). Her RNS, bir RNC (Radio

Network Controller) ve bir veya daha fazla Node B'den oluşur. RNC, GSM sistemindeki Baz istasyon Kontrolörü BSC ile benzer işlevleri yerine getirir. Node B de GSM sistemindeki BTS olarak düşünülebilir.

Node B bir veya daha çok hücrenin radyo iletimi ve alımından sorumludur. Başka bir deyişle bir bir hücreye hizmet veren şebeke elemanıdır. FDD (Frequency Division Duplex) ve TDD (Time Division Duplex) fonksiyonlarını destekler ve herhangi bir Node B için sadece bir tane RNC vardır.

RNC, aktarım işleminden ve Node B'nin tüm mantıksal kaynaklarının yönetiminden sorumludur. Bir Node B RNC'ye Iub arayüzü ile bağlıdır.

UTRAN'ın içinde RNC'ler ve RNS'ler birbirlerine Iur'ler ile bağlıdır. Iur, fiziksel bir kablo bağlantısı veya herhangi bir taşıyıcı şebeke olarak düşünülebilir.



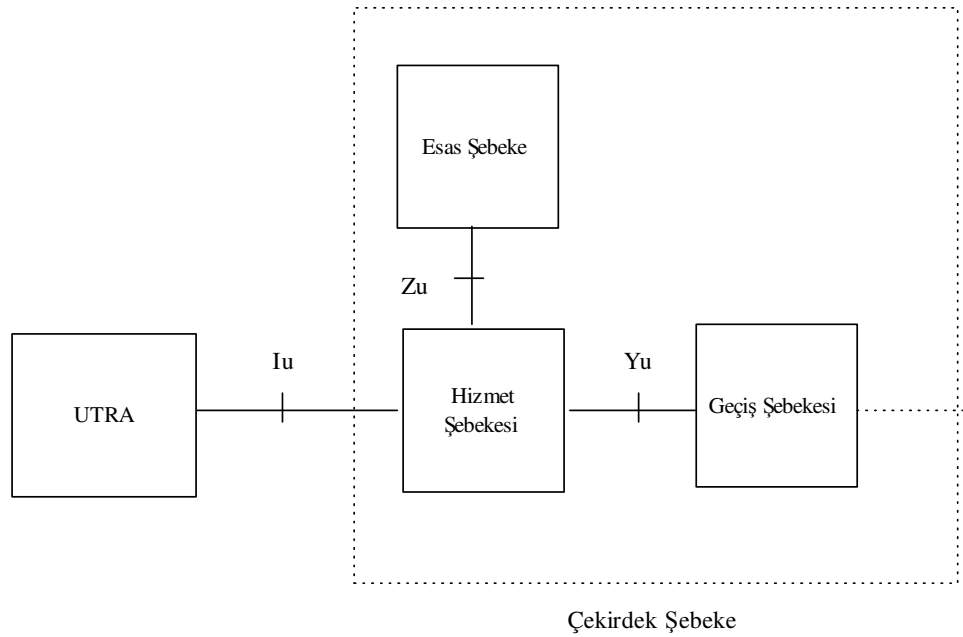
Şekil 3.6. UTRAN sistem yapısı

Kullanıcı cihazı ve UTRAN arasındaki her bağlantı için bir RNS, hizmet RNS'dir. Hizmet RNS'1 Iu'yu kullanıcı için Iu'yu sonlandırır.

3.4.3. Çekirdek şebeke

Çekirdek Şebeke, şebeke özelliklerini ve telekomünikasyon hizmetlerini sağlayan pek çok fiziksel bileşenden oluşur. Çekirdek şebeke, kendi içinde Hizmet Şebeke Kısmı (Serving Network Domain), Esas Şebeke Kısmı (Home Network Domain) ve Geçiş Şebeke Kısmı (Transit Network Domain) olarak üçe ayrılır (Şekil 3.7).

Hizmet Şebeke Kısmı ile Esas Şebeke Kısmı arasında Zu referans noktası vardır. Hizmet Şebeke Kısmı ile Geçiş Şebeke Kısmı arasında ise Yu referans noktası vardır.



Şekil 3.7. Çekirdek şebeke

Çekirdek şebeke fonksiyonel olarak *Paket Anahtarlama Servisleri* ve *Devre Anahtarlama Servisleri* olmak üzere iki kısma ayrılabilir.

- **SND (Serving Network):** SND çağrılarının yönlendirilmesinden ve verilerin kaynaktan hedefe iletilmesinden sorumludur.

- HND (Home Network): Kalıcı kullanıcı bilgisinin tutulması ve abone yönetiminden sorumludur.
- TND (Transit Network): Geçiş şebekesi servis şebekesi ile harici şebekelerin arasındaki iletimi sağlar aynı şebeke içindeki çağrılarda TN aktif olmaz.

4. UMTS'DE KULLANILAN TEKNOLOJİLER

4.1. Gelişmiş TDMA

1990'larda geliştirilmiş TDMA sistemleri hakkında ciddi araştırmalar yapılmıştır. UWC-136, IS-136 standardı ile uyumlu bir sistemdir ve bu sistemde 30KHz, 200KHz ve 1.6MHz frekansında 3 farklı taşıyıcı tipi kullanılır. 30KHz'lik band genişliği, IS-136 standardı ile aynı olmasına rağmen farklı bir modülasyon kullanılır. 200KHz'lik taşıyıcı ise GSM ve EDGE ile aynı parametreleri kullanır ve 384Kbps'e kadar data hızı sağlar. Bu frekans açık-alan kullanımı için tasarlanmıştır. 1.6MHz'lik taşıyıcı ise sadece kapalı-alan kullanımı için tasarlanmıştır ve 2Mbps'e kadar data hızı sağlar.

Ayrıca gelişmiş TDMA, GSM ve 2.5G sistemlerinde kullanılan GPRS, HSCSD ve EDGE sistemlerinde de kullanılır.

4.2. Hibrid CDMA/TDMA

Hibrid CDMA/TDMA sistemi, orijinal ETSI UMTS radyo arayüz tasarımlarında ve Avrupa Çerçeve projelerinde incelenmiştir. Her bir TDMA çerçevesi sekiz zaman aralığına (time slot) bölünür ve her bir zaman aralığı CDMA kullanılarak çoğullanan farklı kanallardır. Bu çerçeve yapısı GSM ile de uyumludur.

4.3. OFDM (Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama)

OFDM, çoklu-taşıyıcı modülasyonu prensibine dayanır. Bu prensip, bir data dizisinin her bir ana data dizisinden daha düşük bit hızına sahip çeşitli bit dizilerine bölünmesidir. Bu alt diziler daha sonra birbirleriyle dik kodlar kullanılarak modüle edilir. Diklikten dolayı, alt taşıyıcılar birbirleriyle karışmaksızın frekans spektrumunda birbirine oldukça yakındır. Düşük bit hızlı kanallardaki sembol zamanları uzun olduğundan dolayı ISI (intersymbol interference) olmaz. Dijital Ses Yayını ve Dijital Video Yayını OFDM sistemine dayanır.

Bu sistemin avantajları:

- Band genişliğinin etkili kullanımı,
- Darband girişimine dayanıklılık,
- Çok-yollu girişime dayanıklılık.

4.4. CDMA

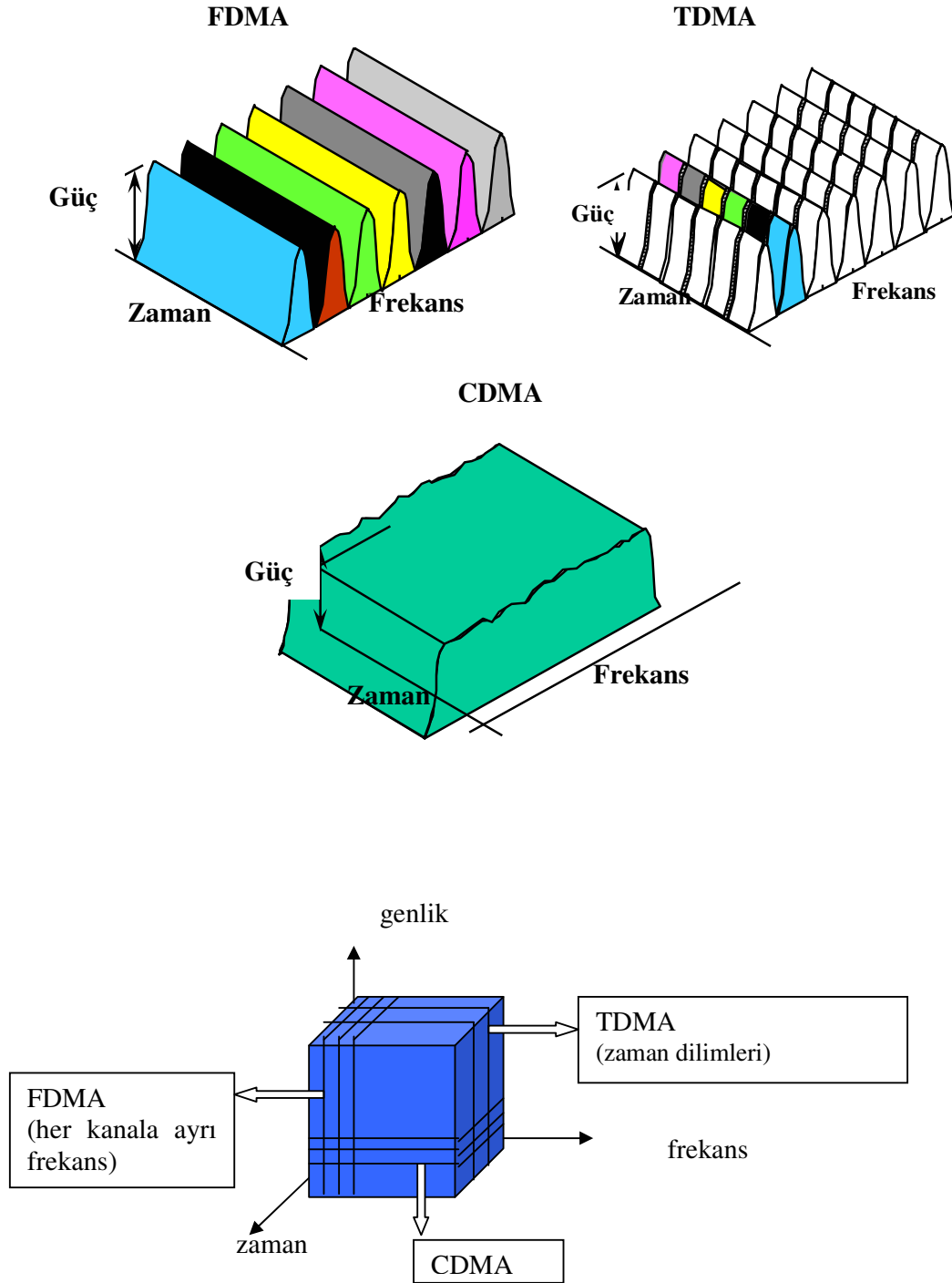
CDMA, UMTS'in üçüncü kuşak kablosuz iletişim standardı olan UTRA'nın çoklu erişim yöntemi olarak benimsenmiştir. 2Mbps sayısal iletişimin kablosuz gerçekleştirilebileceği insanların ceplerinde taşıyacağı CDMA çoklu-ortam uçbirimleriyle birbirlerine görüntü ve ses aktaracakları günler çok uzak değildir. Bazı varsayımlara göre 2010 yılında dünyadaki gezgin abonelerin %50'si üçüncü kuşak kablosuz hizmetlerden yararlanabileceklerdir. Yine çeşitli varsayımların verileri kullanılarak, 2010 yılında dünyadaki her 7 gezgin uçbiriminden 4'ünün CDMA teknolojisini kullanacağı iddia edilebilir. Bir sonraki bölümde CDMA sisteminin türlerinden olan W- CDMA (Wideband CDMA) hakkında ayrıntılı bilgi verilerek UMTS teknolojisinde kullanımı anlatılacaktır.

CDMA, kablosuz ortamda aynı frekans ve zamanda herkesin yalnızca birbirini anlayacağı bir çoklu erişim tekniğidir. Son yıllarda CDMA'den daha çok söz edilmesinin nedeni üçüncü nesil kablosuz iletişim kavramının doğuşu ve CDMA'nin bu iletişimin çekirdek teknolojisi oluşudur. Bugün GSM standardı ve TDMA teknolojisi hayatımızın ne denli içerisinde ise belki bir 10 yıl sonra CDMA teknolojisinde hayatımızda çok daha büyük bir etkinliğinin olacağını iddia etmek yanlış olmayacaktır.

Çoklu erişim teknikleri temelde üçe ayrılır. Bunlar;

1. FDMA,
2. TDMA,
3. CDMA.

Bu kısaltmaların açılımları sırasıyla frekans, zaman ve kod bölmeli çoklu erişimdir. Çoklu erişim kübü adı verilebilecek bir çizimle adı geçen teknikler açık bir şekilde karşılaştırılabilir [5].



Şekil 4.1. Çoklu erişim teknikleri

Şekil 4.1'den görüldüğü gibi, FDMA her kanala bir frekans ayırır. Bu yüzden de, tam düzeltme kullanılamayan kanalların kaynakları, başka kanallara aktarılır.

TDMA’da ise her kanala belirli bir zaman dilimi ayrılması tercih edilir. Bu FDMA’ya göre daha verimli bir çözümdür ve zaten pratik olarak FDMA’yı içerebilir. Yani TDMA, belirli bir kanal grubuna ayrılmış bir frekansta da gerçekleştirebilir. CDMA, TDMA ve FDMA’yı içerebilir. Böylece, FDMA’dan CDMA’ya (kronolojik olmasada) evrimsel bir süreç olduğu söylenebilir. CDMA’nın diğer tekniklerin gözardı ettiği genlik ekseninden de yararlanıyor olması, onu kaynakları en verimli biçimde kullanan çoklu erişim teknolojisi olarak ortaya çıkarmaktadır.

CDMA’nın avantajları

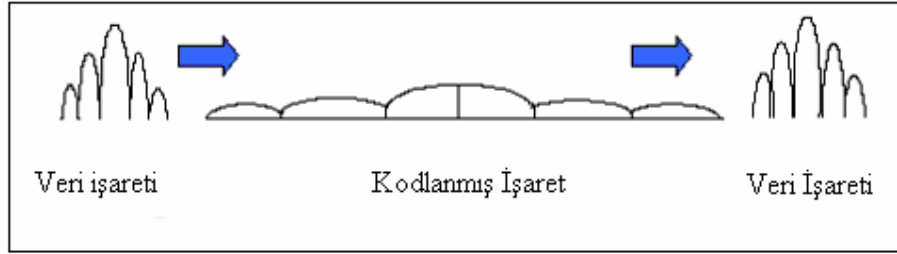
1. AMPS analog sistemlere göre 8-10 kat kat fazla iletim kapasitesine sahiptir,
2. GSM sistemlere göre 4-5 kat fazla iletim kapasitesine sahiptir,
3. AMPS sistemlere göre ses kalitesi fazladır,
4. Kullanılan aynı frekanstan dolayı kolay sistem planlamasına sahiptir,
5. Kodlar bilinmedikçe modülasyonu çok zordur ve gelişmiş güvenliğe sahiptir,
6. CDMA’da taşınabilir haberleşme cihazlarının konuşma süresi fazladır,
7. Geliştirilmiş kapsama karakteristiği ile mümkün olduğunca az sayıda hücre sitelerine müsaade eder,
8. Daha çok bant genişliğine izin verir.

CDMA’nın yaygın spektrumu

CDMA’nın genlik ekseninden yararlanma biçimi ve CDMA’nın çekirdek modülasyon yöntemi, yaygın spektrum (spread spectrum) tekniğidir (Şekil 4.2). Yaygın spektrum tekniği, veri işaretini daha geniş bir spektruma yaymak olarak özetlenebilir. Böylece TDMA ya da FDMA sistemlerinin gerektirdiğinden çok daha geniş bir frekans bandı işgal eder. Ancak CDMA, band genişliğine ödediği bedeli yüksek sığa olarak geri kazanır. CDMA’nın standart data iletim oranı 9.6Mbps tir.

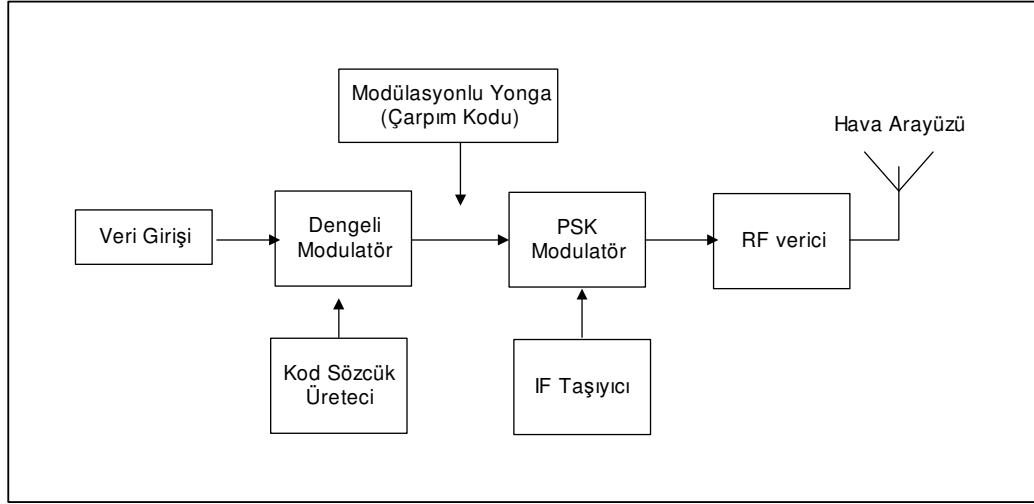
FDMA’da, yer istasyonları bir uydu kanalı ya da sistemi dahilindeki belli bir bant genişliği ile sınırlıdır, ancak ne zaman iletim yapabilecekleri ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoktur. TDMA’da yer istasyonunun iletimleri, belirli bir zaman bölmesi ile

sınırlıdır, ancak belli bir uydu sistemi ya da kanalı dahilinde iletimlerinin hangi frekansı ya da bant genişliğini kullanabileceği ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoktur. Her yer istasyonu vericisi istediği herhangi bir anda iletim yapabilir ve belli bir uydu sistemini ya da kanala tahsis edilen bant genişliğinin herhangi bir bölümünün ya da tümünü kullanabilir.

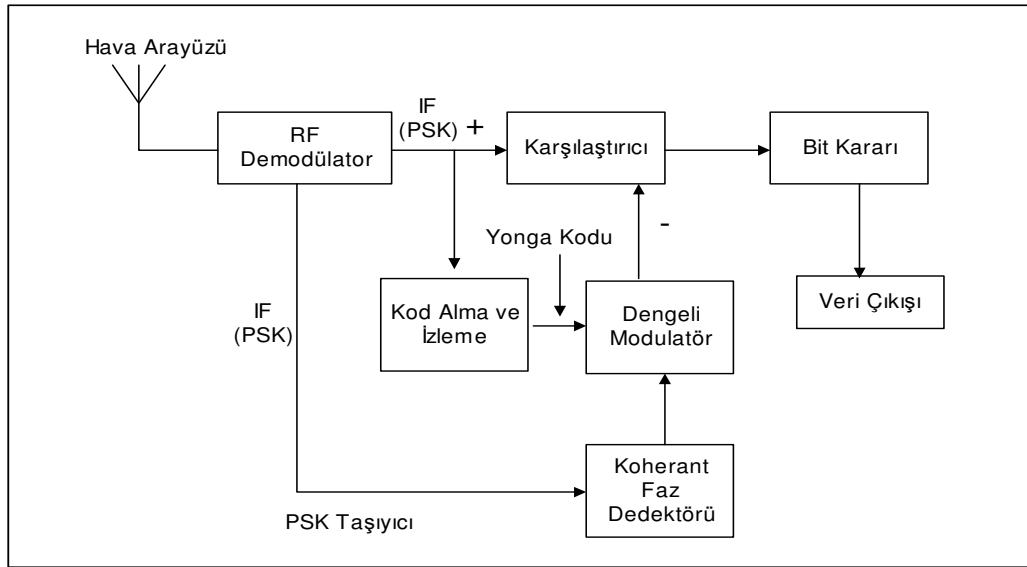


Şekil 4.2. Yaygın spektrum

Bant genişliği ile ilgili herhangi bir sınırlama olmadığı için, CDMA'ya bazen spektruma yayılmış çoklu erişim de denmektedir; iletimler, tahsis edilen bütün bant genişliğine yayılabilir. İletimler, zarf şifreleme/şifre çözme teknikleriyle ayrılır. Yani, her yer istasyonun iletimleri yonga kodu adı verilen benzersiz bir ikili sözcükle kodlanır. Her istasyonun iletimini almak için, alma istasyonu o istasyonun yonga kodunu bilmek zorundadır. Şekil 4.3'de CDMA verici ve Şekil 4.4'de CDMA alıcı devreleri görülmektedir.



Şekil 4.3. CDMA vericisi



Şekil 4.4. CDMA alıcısı

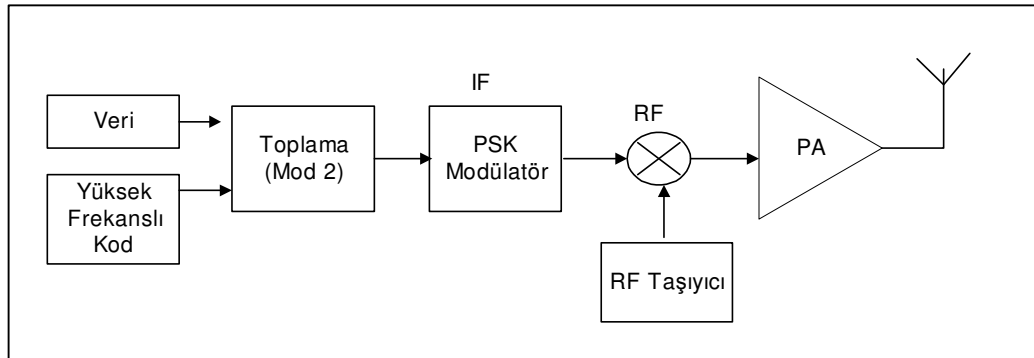
Şekil 4.5 ve 4.6'de kodlayıcı ve kod çözücü verilmiştir.

Kodlayıcıda, giriş verileri benzersiz bir yonga kodu ile çarpılır. Çarpım kodu bir IF taşıyıcıyı PSK (Phase Shift Keying) modülasyonuna tabi tutar. PSK modülasyonunda

(ikili işaretler için faz kaydırmalı anahtarlama, bir taşıyıcının fazı sayısal işaretin iki seviyesine bağlı olarak iki değer arasında değiştirilir. İşaretimiz "0" seviyesinde ve "1" seviyesinde farklı faza sahip olur, Modülasyonlu taşıyıcı, iletim için radyo frekansına dönüştürülür. Alıcıda RF, IF'ye (ara frekansa) dönüştürülür. IF'den koherant bir PSK taşıyıcı tekrar elde edilir. Ayrıca yonga kodu elde edilir ve alma istasyonunun kod üreticini senkronize etmekte kullanılır. Alan istasyon yonga kodunu bilmektedir, ancak alma koduyla eşzamanlı olan bir yonga kodu üretmesi gerekir. Tekrar elde edilen senkron yonga kodu, tekrar elde edilmiş PSK taşıyıcıyı çarpar ve PSK taşıyıcı ile yonga kodunu içeren PSK modülasyonlu bir sinyal üretir. Yonga kodunu, PSK taşıyıcıyı ve veri bilgisini içeren alınan IF sinyali karşılaştırmacıda alınan IF sinyali ile karşılaştırılır. Karşılaştırmacının işlevi, iki sinyali karşılaştırmada ve başlangıçtaki veriyi tekrar elde etmektedir. Temel olarak karşılaştırmacı tekrar edilmiş PSK+taşıyıcı+yonga kodunu, alınan PSK taşıyıcı+yonga kodu vericiden çıkarır. Sonuç olarak, veri elde edilir.

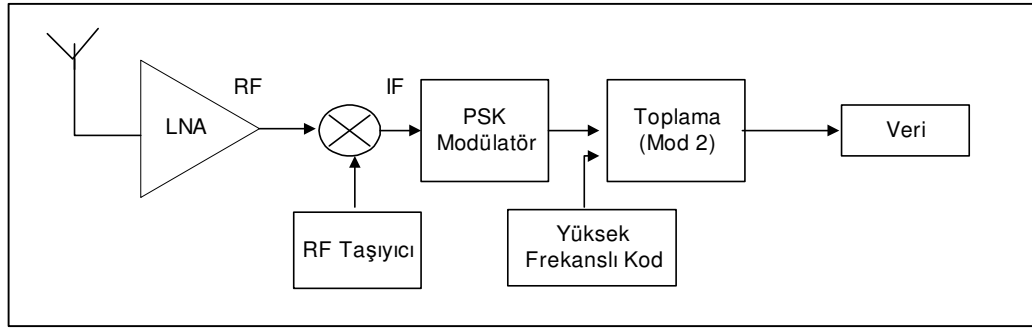
DS-CDMA (direct sequence CDMA) protokolü, yaygın spektrum iletişimi ise şu şekilde gerçekleşir :

DS-CDMA sistemi, sayısal veriyi daha yüksek frekanslı sayısal bir kodla çarparak (mod 2 toplama), veri işaretinin spektrumunu yayar ve aynı kodu kullanarak veriyi alıcı kısmında yeniden kurar. Bu sistem, doğallıkla alıcı ve verici aynı kodu kullanıyorsa anlamlıdır, çünkü alıcı kısmında veri işareti ayağa kaldırılırken, kullanılan kodla ilintisi olmayan işaretler gürültü olarak algılanır.



Şekil 4.5. CDMA kodlayıcı

Alıcı ve vericide kullanılan ortak kodun bir iletişim kanalını temsil ettiği düşünülürse, CDMA çoklu erişimin özü anlaşılmış olur. CDMA, her veri kanalını farklı bir kodla çarpıp, kanalların birbirine gürültü olarak görülmesini sağlar. Kodları bilen alıcı ise, işaretleri bu gürültü yığını içerisinde çıkarır.



Şekil 4.6. CDMA kod çözücü

Herhangi bir kod kümesi, doğallıkla çoklu erişimi başarıyla sağlayamaz. Kodların birbiriyle çapraz korelasyonlarının en az ya da sıfır olması gerekmektedir. Geometrideki *diklik* kavramı kodların özelliğini iyi tanımlamaktadır. Kodların dik olmaları, A koduyla çarpılmış bir işaretin gücünün, B koduyla ayağa kaldırılmaması anlamına gelmektedir. N bitlik dizilerden x_n ve y_n , eğer (x_n, y_n) dizisi ve ayrı ayrı x_n, y_n dizilerindeki 1 ve 0 sayıları eşitse, dik olarak tanımlanırlar. Matematiksel olarak gösterilebilirki, n bitlik bir diziden en çok (n-1) elemanlı bir dik küme seçilebilir.

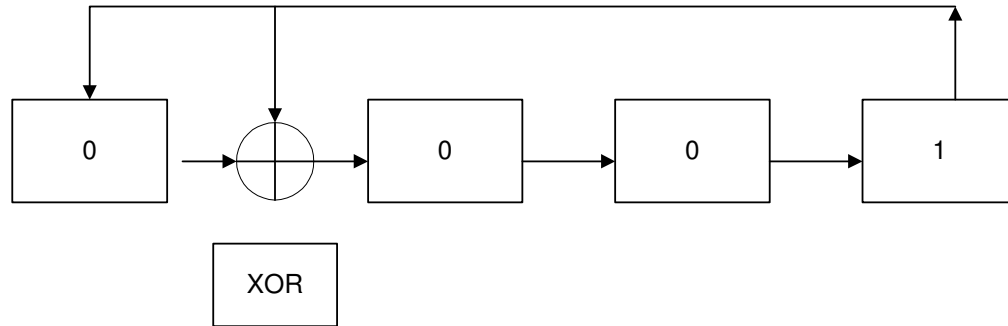
Sözgelimi $n=4$ için $\{1010, 1100, 1001\}$ dik bir kümedir. Bir CDMA sisteminde hangi kod kümelerinin kullanılacağı uygulanan standarda göre değişmektedir. Farklı dik kümelerin yanında PN (pseudo noise) dizileri de bir kanalı tanımlamak için kullanılmaktadır. Baz istasyonunda mobil radyo işaretinin kodlanması sırasında işarete özel olarak eklenir, bu sayede işaret belli sürede kendini tekrar eder.

PN yada sözde rastlantısal diziler, kayan yazmaçların (shift registers) özel düzenlemeleriyle oluşturulurlar. Aşağıda kayan yazmaçlarla elde edilecek olan PN dizisi ya da PN döngüsü:

{0001,1100,0110,0011,1101,1010,0101,1110,0111,1111,1011,1001,1000,0100,0010,0001}

biçimindedir. N yazmaçlık bir sistem (2^n-1) PN kodu üretebilmektedir. PN döngüleri daha ayrıntılı incelendiğinde, kodların sayısal iletişimde arzulanan bazı özellikleri taşıdığı görülebilir.

CDMA açısından PN kodlarının ilginç özelliği, bir PN döngüsündeki komşu kodların birbirleriyle korelasyonlarının çok daha düşük oluşudur. Örnek olarak, 15 yazmaçlı oluşturulan 32767 kodluk döngüde, 512 elemanlı bir pencere içinde çapraz korelasyon %1,3'ün altındadır. PN kodların bu özelliğine dayanarak, CDMA sistemlerde, PN döngüsünde kaydırmalar yapılarak farklı kanallar kodlanabilmektedir.



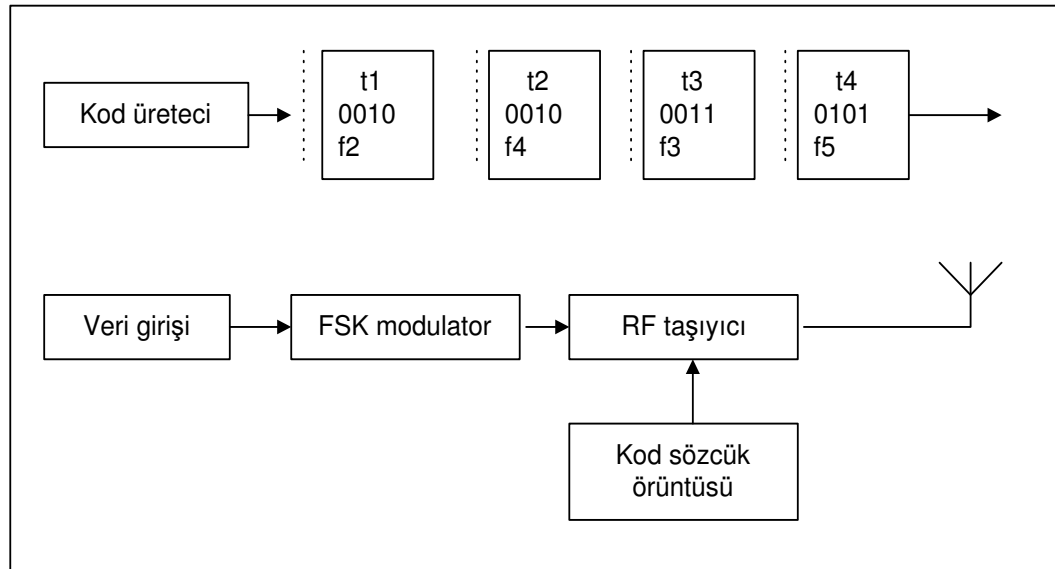
Şekil 4.7. CDMA PN döngüsü

CDMA protokolleri

CDMA yayılı spektrum tekniği ile çoklu erişimi değişik yöntemlerle sağlayabilir. Şekil 4.3 ve 4.4'de alıcı ve verici çizimleri gösterilmiş olan DS-CDMA (direct sequence CDMA) doğrudan çarpım CDMA olarak adlandırılabilir ve günümüzde kullanılan en yaygın CDMA protokolüdür. Kod bilgisini zaman ekseninde

taşıyımaktansa, verinin iletim frekansını koda uygun olarakda gidilebilir. Kod bilgisini frekans ekseninde taşıyan protokole FH-CDMA (frequency hopping CDMA-Frekans atlamalı CDMA) adı verilmektedir.

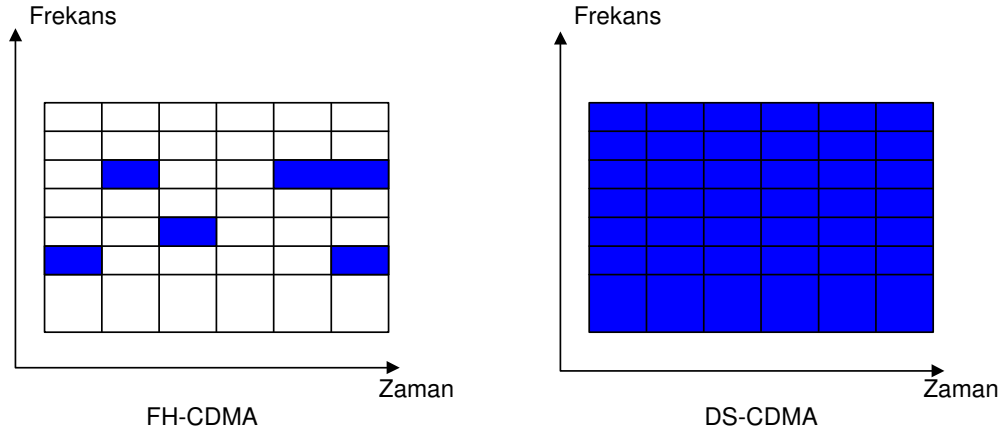
Frekans atlama, sayısal bir kodun, taşıyıcının frekansını sürekli olarak değiştirmede kullanıldığı bir CDMA çeşididir [6]. Frekans atlamasında, toplam kullanılabilir bant genişliği daha küçük frekans bantlarına; toplam iletim süresi ise daha küçük zaman bölmelerine bölünür. Burada amaç, sınırlı bir frekans bandında yalnızca kısa bir süre iletmek, sonra bir başka frekans bandına geçmek ve süreci bu şekilde sürdürmektir. Frekans atlama örüntüsü, ikili bir kod tarafından belirlenir. Her istasyon farklı bir kod sırası kullanır. Tipik bir frekans atlama örüntüsü Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Frekans atlama örüntüsü

Frekans atlamasında, bir CDMA ağı içindeki her yer istasyonuna farklı bir frekans atlama örüntüsü tahsis edilir. Her verici, kendine tahsis edilmiş örüntüye göre bir frekans bandından bir sonraki banda geçer. Frekans atlamasında, her istasyon bütün RF tayfını kullanır, ancak belli bir anda hiçbir zaman bu tayfın küçük bir kısımdan fazlasını kullanmaz. Frekans atlamasında en yaygın olarak kullanılan modülasyon tekniği FSK (Frequency Shift Keying)’dir. İletme sırası belli bir istasyonda

olduğunda, bu istasyon iletmekte olduğu bant için iki frekanstan (işaret yada aralık frekansı) birini gönderir. Bir frekans atlama sistemi istasyonların sayısı, üretilebilecek olan benzersiz atlama örüntüleri ile sınırlıdır.



Şekil 4.9. CDMA’de değişik frekans kullanımları

TH-CDMA (Şekil 4.9) ya da hibrit sistemler gibi diğer CDMA protokolleri de çeşitli yöntemlerin kendilerine özgü kolaylıklarından yararlanmayı amaçlar. Ancak endüstrideki özel çözümler bir yana bugün kullanılmakta olan IS-95 standardında ve gelecekte kullanılacak olan UMTS standardı UTRA’da DS-CDMA protokolü, gerçekleştirme kolaylığı bakımından diğer protokollere yeğlenmiştir.

CDMA hücresel sisteminde kapasite

Herhangi bir hücresel sisteminin kapasitesini belirleyen pek çok değişken vardır. Çoklu ortam teknolojilerinin sığa büyüklüğüne göre karşılaştırılması oldukça zordur; çünkü belirleyici olan kullanılan teknolojiden çok, uygulanan standart ve üretilen çözümlerdir. Yine de, FDMA ve TDMA’nın kullanmadığı genlik boyutunda kullanan CDMA’da, bir kapasite artışı beklenmektedir ve dünyadaki uygulamalar bu beklentinin boşa olmadığını göstermiştir. Hongkong’da gerçekleştirilmiş farklı teknolojilerdeki sistemler şu tabloyu ortaya koymuştur:

Baz istasyonları başına abone sayısı/MHz

AMPS(FDMA)	11
GSM(TDMA)	85
IS-95(CDMA)	283

Bu rakamlar her koşulda anlamlı olmasa da, CDMA'nın göreceli yüksek kapasitesine işaret eder. Qualcomm firmasının dünya çapındaki CDMA denemeleri, GSM'in 3, analog sistemlerin 10 katı bir kapasite ortaya koyar. Bu farklılıkta, CDMA hücresel sistemindeki frekans kullanımının da payı vardır. Bilindiği gibi, GSM gibi TDMA bir sistemde hizmet alanı hücrelere bölünerek, komşu hücrelerde farklı frekanslar kullanılır. Bu planlama, aboneler arası karışmayı önlemek açısından zorunludur. Oysa CDMA sisteminde, farklı baz istasyonları kendi işaretlerini baz istasyonuna özgü dik kodlarla çarptıklarından, farklı hücrelerdeki aboneler arası karışma çözülür.

CDMA hücresel sisteminde birbirlerine komşu hücreler aynı frekansı kullanabilir ve böylece sistem planlama açısından da önemli bir işgücü kazancı sağlar. Gezgini uç birimlerin RF güçleri, bir CDMA sisteminde sığayı ciddi bir şekilde etkileyecek bir sorundur. CDMA, genlik ekseninde kanalları üst üste yığıldığından, baz istasyonunda her gezgini uç birimin işareti hemen hemen aynı güç düzeyinde algılanmalıdır. Oysa baz istasyonuna yakın gezginlerin RF güçleri uzaktaki gezginlerin zayıf işaretlerini engelleyebilir. Bu sorunu çözmek için CDMA standartları güç denetimi algoritmaları içerir. Güç denetimi algoritmalarıyla, baz istasyonu gezgini uç birimlere hangi güçte iletim yapacaklarını sürekli bildirir, böylece baz istasyonunda tüm aboneler için eşit bir güç düzeyi sağlanır. Bu adaptif güç düzenlemesi, gezgini uç birimlerin güç harcamasını da optimize eder ve uçbirimlerin pil ömrünü uzatır.

CDMA güç kontrolü

CDMA sistemlerinin öncelikli tasarım üstünlüğü bütün kullanıcılar baz istasyonlarındaki güçten eşit miktarda yararlanırlar ve güç seviyesi yüksek kaliteli bir konuşma sırasında mümkün olduğunca düşük tutulur. Gereğinden fazla güç CDMA

kanalında gereksiz ses düzeylerine sebep olur. Bu yüzden güç kontrolü arttıkça kanal kapasitesi artar. TDMA ve analog sistemlerde de güç kontrolü önemlidir, ancak CDMA'deki gibi bir hassasiyet yoktur. CDMA'de baz istasyonları, mobil istasyonlarla haberleşir ve gücün az mı çok mu olduğuna dair mobil istasyonunu bilgilendirir. Mobil istasyonları sadece yeterli güç seviyelerinde yayın yaparlar, bu yüzden harcadıkları ortalama güç analog sistemlerden çok daha azdır.

Bir çok dar-bantlı sistemler daha yavaş ve daha az güç kontrol özelliğine sahiptir. Bu durum, abone ünitelerinin zayıflamayı azaltacak gücü yeterince çabuk ayarlayamadığı anlamına gelir.

Sonuç olarak, zayıflama için avantaj sağlaması açısından haberleşme her zaman optimum seviyeden birkaç dB yüksek olmalıdır.

CDMA sistemlerinde hücre siteleri mobilden alınan sinyalleri sürekli alırlar ve güç, istenilen güç seviyesi ile karşılaştırılır, daha sonra mobil istasyonunun yayın gücünün her 1,25 milisaniyesinde güç artırılıp azaltılmasına karar verilir.

CDMA, mobil güç seviyesinin her 1dB' de 84 basamakta artırılıp azaltılmasının ayarını yapar. Bu metot hücre sitesi mobil istasyona ne kadar uzak ya da yakın olsa da alınan her işaretin aynı güç seviyesinde olmasını garanti altına alır.

CDMA'da anten düzenlemesi

CDMA sistemlerde kullanılan antenler M tane birbirine benzer elemandan oluşur. Bu elemanların çalışma ve zamanlamaları genellikle bir merkezi işlemci tarafından kontrol edilir. Antenin konumunun geometrisi genişçe değiştirilebilir, fakat en ortak konfigürasyon antenin dairesel veya düz olarak bir doğru üzerinde dizilmesidir.

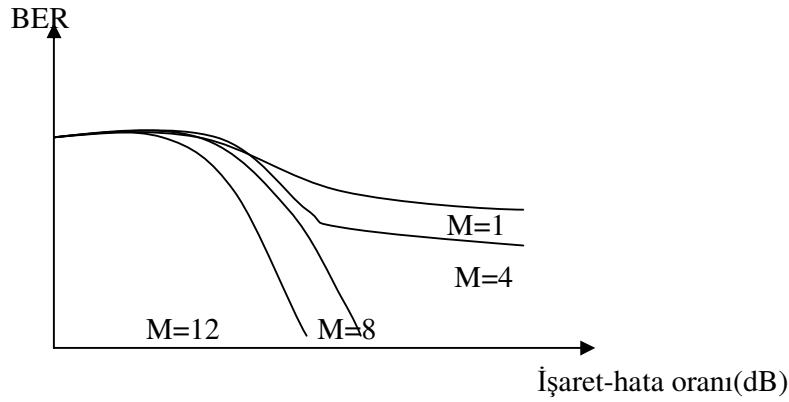
Anten düzenlemesi sıkça radar faaliyetlerinde ve askeri içerikli haberleşme sistemlerinde yön bulma durumlarında ve düşman engellerini geçersiz kılmak için kullanılır. Bununla birlikte, sivil hücresel sistemlerde anten alıcılarının kullanım

amacı kabul edilebilir hata performansını sağlamak ve bundan ötürü sinyalin, parazite ve gürültü oranını (SINR) sistemdeki her kullanıcı için maksimize etmektir.

M tane eleman içeren anten, beyaz gürültü üzerinden M'in gerçek güç kazancını sağlar, fakat bu parazitlerin diğer hücrel kullanıcılarından arındırılması, alınan verilere ve kullanılan sinyal işlemcisinin tasarımına bağlıdır.

Eleman sayıları arttıkça veya boşluk miktarı arttıkça asıl dalga genişliği azalır. Güç kontrollü CDMA sistemlerde istenen sinyal çok sayıda küçük karşılıklı etkileşim parazitleriyle bozulur. Bu bozulma hücrelerde baştanbaşa uniform bir dağılım olacak şekilde gerçekleşir.

Baz istasyon alıcılarında antenler gelişmiş bir SINR seviyesi sağlar, kanal hata sayısını düşürür. Kanal hata sayısı BER (bit hata oranı) ile ölçülür (Şekil 4.10).

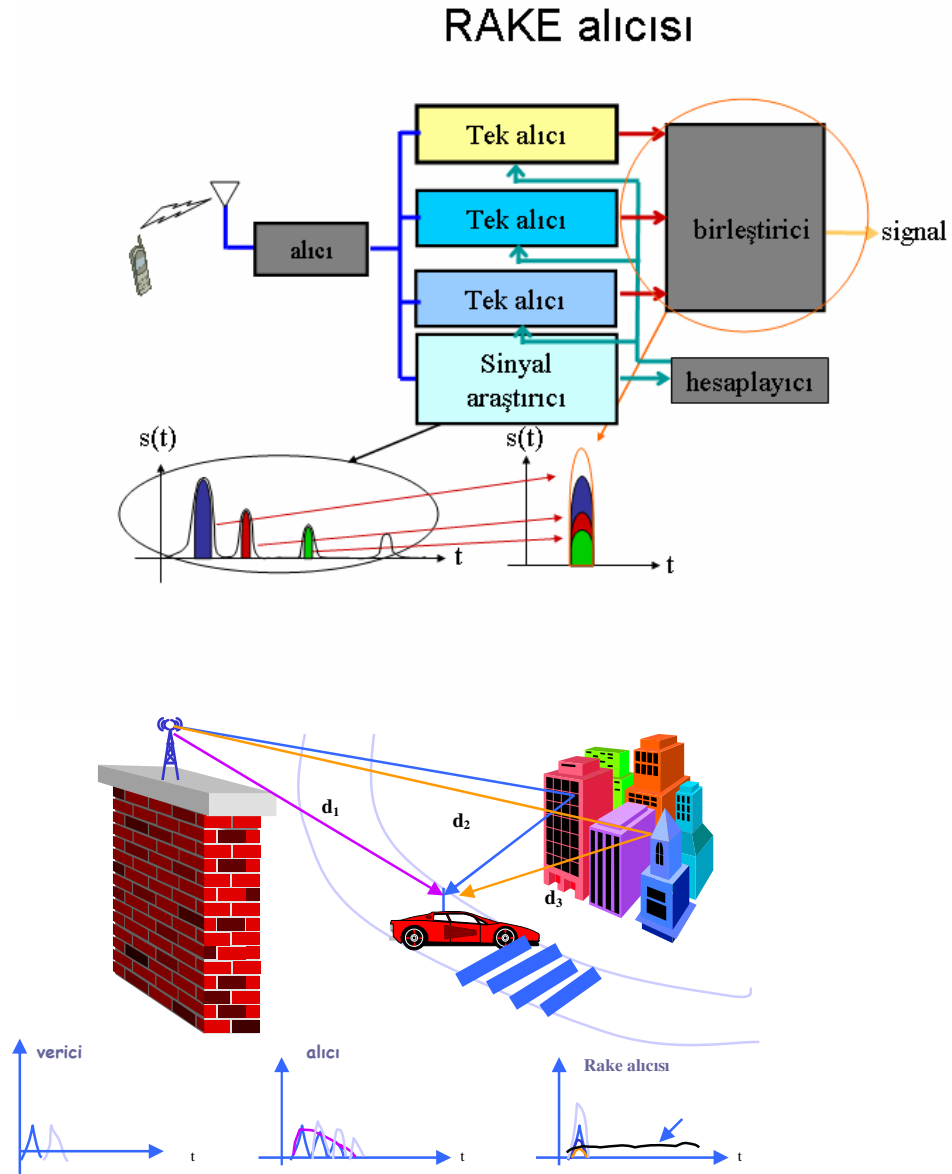


Şekil 4.10. Kanal hata sayısının (BER) ölçülmesi

Ses kalitesi

Kablosuz iletişimde, çok yollu (multipath) yansıma ve sönmüleme her zaman önemli bir sorun olmuştur. İki nokta arası genellikle birden fazla RF yolu bulunmakta, verici ve alıcı birbirlerini görüyorsa bile, çevredeki nesnelerden, yerden ve başka düzlemlerden yansımalar oluşmaktadır. Çok-yollu yansıma sonucu alıcıda, zaman ekseninde birbirlerine göre kaymış işaretler elde edilmektedir. Doğallıkla, zaman

dilimleriyle çalışan TDMA için RF çokyolluluk yıkıcı bir etki yaratabilmektedir. Oysa, CDMA sisteminde, işaretin zaman ekseninde kayması izlenebilmekte, dahası çok-yollu bileşenler asıl işareti güçlendirici bilgi olarak kullanılmaktadır. Bu işleyiş, tırmık alıcı (rake receiver) adı verilen özel bir donanım ve özel bir pilot kanalı yapısı ile olanaklıdır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Rake (tırmık) alıcı

CDMA standartları içinde yeralan konvolosyonel kodlama ve değişken hızlı ses çözücülerde iletişimdeki hata yüzdesini küçültmekte ve ses kalitesini artırmaktadır.

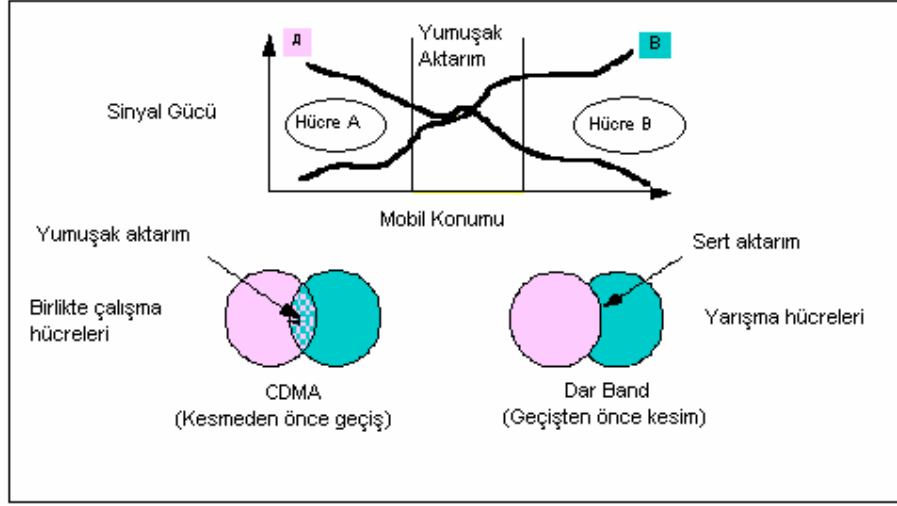
Güvenlik

Çağdaş bankacılık işlemlerinin ve elektronik ticaretin yaygınlaşmasıyla, kablolu ve kablosuz iletişimde güvenliğin önemi büyük ölçüde artmıştır. CDMA işareti, GSM ve analog teknolojilere göre çok daha yüksek bir güvenlik düzeyi sağlar. CDMA bağlantıları alıcıda kodlarla çözüldüğünden, hangi kod kümesinin hangi üyelerinin kullanıldığını bilinmeden bir CDMA kanalını sistemin dışında dinlemek çok zor ve pahalıdır. CDMA standartlarının, güvenliği %100'e dek çıkaran özel güvenlik kipleri de bulunur.

CDMA işaretinin bir başka özelliği de, dar bant frekans boğuculara karşı dayanıklı oluşudur. Daha önce de açıklandığı gibi, yaygın spektrum işaretin de frekans başına enerji görelili olarak çok az olduğundan, dar bant boğucular veri iletişimini yaşamsal ölçüde etkiler. Oysa bir FDMA kanalını, aynı frekansta bir gürültü yaratarak işlemez duruma getirmek hiç de zor değildir.

Kesintisiz hücre değiştirme

CDMA, gezgin uç birimlerinin kesintisiz hücre değiştirebildikleri ilk teknoloji olmuştur. Hücre değiştirme, gezginin komşu baz istasyonun alanına girdiğinde gerçekleştirdiği frekans değişikliğini tanımlar (Şekil 4.12). Eğer gezgin uçbirim, iletişimini başka bir baz istasyonu ile daha iyi gerçekleştirebilecek bir konumda ise, anahtarlama merkezince bağlı olduğu istasyondan öteki istasyona atanır. Konuşma sırasında GSM kullanıcıları bu olayı, konuşmanın bir an için kesilmesi olarak algırlarlar.



Şekil 4.12. Hücre değiştirme

Daha önce belirtildiği gibi, CDMA hücresel sisteminde her hücrede aynı frekans kullanılabilir. Bu yüzden, bir CDMA gezgin uçağı, hücreler arası geçişte aynı anda birden fazla bağlantı kurabilir. Böylece kesintisiz hücre değiştirme sağlanır.

5. UMTS VE W-CDMA

5.1. W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

W-CDMA, 3GPP (3rd Generation Partnership Project) tarafından ITU'ya önerilen IMT-2000 standardıdır ve Avrupa'da UMTS olarak bilinir. W-CDMA 3G'ye geçişte GSM temelli şebekelerin desteklenmesi amacıyla geliştirilmiştir. W-CDMA, cdma2000 erişim tekniğinde de olduğu gibi Qualcomm (Amerika) firmasının öncülüğünü yaptığı CDMA tekniğine dayanır.

W-CDMA, 5MHz ya da daha fazla band genişliğine sahiptir. Bütün önerilerde nominal band genişliği 5MHz olarak verilmiştir. Bunun birkaç nedeni vardır: Birincisi, 144Kbps ve 384Kbps'lık veri hızı makul kapasitede 5MHz band genişliğinde sağlanır. Sınırlı şartlarda 2Mbps'lık hıza da ulaşılabilir. İkincisi mevcut ikinci nesil sistemlerin bulunduğu frekans bandında kurulum zorluğu ile karşılaşıldığında minimum tahsis gerekmesidir. W-CDMA kullanıcı verisini 5MHz'lik band içinde yayan yaygın spektrum tekniğini kullanır. Yaygın band genişliği W-CDMA içinde yayma ve çözme süreçlerinde oluşmakta olup, 2G sistemleri ve onların gelişmiş sürümleri üzerinde kapasitenin artmasını sağlar. Yaygın band genişliği taşıyıcıları (ya da kanalları) nedeniyle W-CDMA kullanımı için yeni spektruma ihtiyaç duyulmakla birlikte yeni baz istasyonu ve kullanıcı cihazları da gerekir [9].

3G W-CDMA radyo arayüz tasarımları, şebeke senkronlu ve şebeke asenkronlu olmak üzere iki gruba ayrılır. Senkronlu bir şebekede tüm baz istasyonları birbirleriyle zaman senkronludur. Bu senkronizasyon baz istasyonlarında oldukça pahalı donanımlar gerektirmesine karşın oldukça etkili radyo arayüzü sağlar. Örneğin, tüm baz istasyonlarında GPS (Global Konumlandırma Sistemi) alıcılarının kullanılmasıyla senkronizasyonu sağlamak mümkündür. Ancak, GPS alıcıları yüksek bloklu şehir merkezlerinde veya kapalı alanlarda kullanışlı değildir.

Diğer W-CDMA karakteristikleri uplink ve downlink'in her ikisinin de hızlı güç kontrolü sağlar ve çeşitli yaygınlaştırma işlemleri kullanılarak frame-by-frame üzerinde servis parametreleri ve bit hızı çeşitliliğini sağlar.

Kore'nin TTAII teknolojisinde olduğu gibi ETSI/ARIB W-CDMA teknolojisi asenkronizedir. KORE TTAI ve CDMA2000 teknolojileri senkronize şebekeleri kullanır. ETSI/ARIB teknolojileri, Ericsson, Nokia ve Japon telekomünikasyon operatörü NTT DoCoMo tarafından da kullanılan oldukça popüler bir 3G teknolojisidir. Bu teknoloji daha sonra tüm diğer Avrupa üreticilerine uyarlanmış ve adı UTRAN veya tam olarak UTRAN FDD olarak değiştirilmiştir. Bu sistemin çekirdek şebekesi GSM MAP şebekesine dayalı olduğundan dolayı mevcut GSM operatörleri için cazip bir seçim olmuş ve yeni yatırımları diğer 3G teknolojilerinden daha düşük maliyetli olmuştur [7].

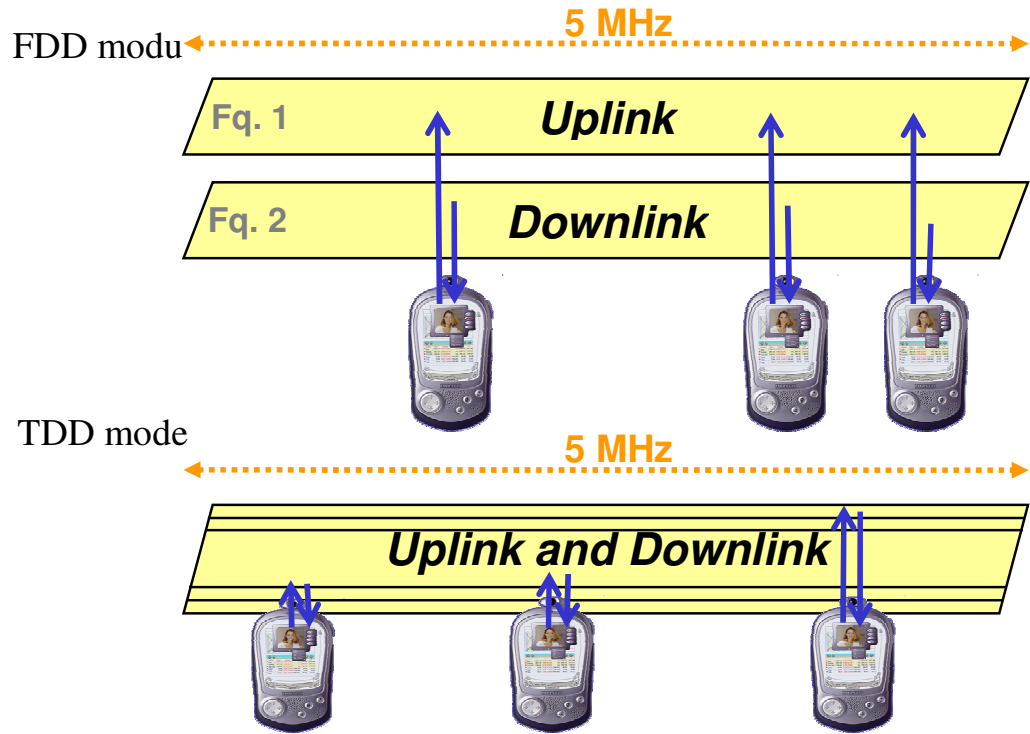
CDMA2000 teknolojisi Kuzey Amerika'da kullanılan IS-95 sistemleri ile de uyumludur. Bu sistemi Qualcomm, Rucent ve Motorola gibi mevcut IS-95 operatörleri de kullanmaktadır. Bu teknolojinin özellikleri 3GPP2 (3G Partnership Project 2) ile geliştirilmiştir.

Dünyada kullanılan teknikler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Dünyada kullanılan UMTS teknikleri

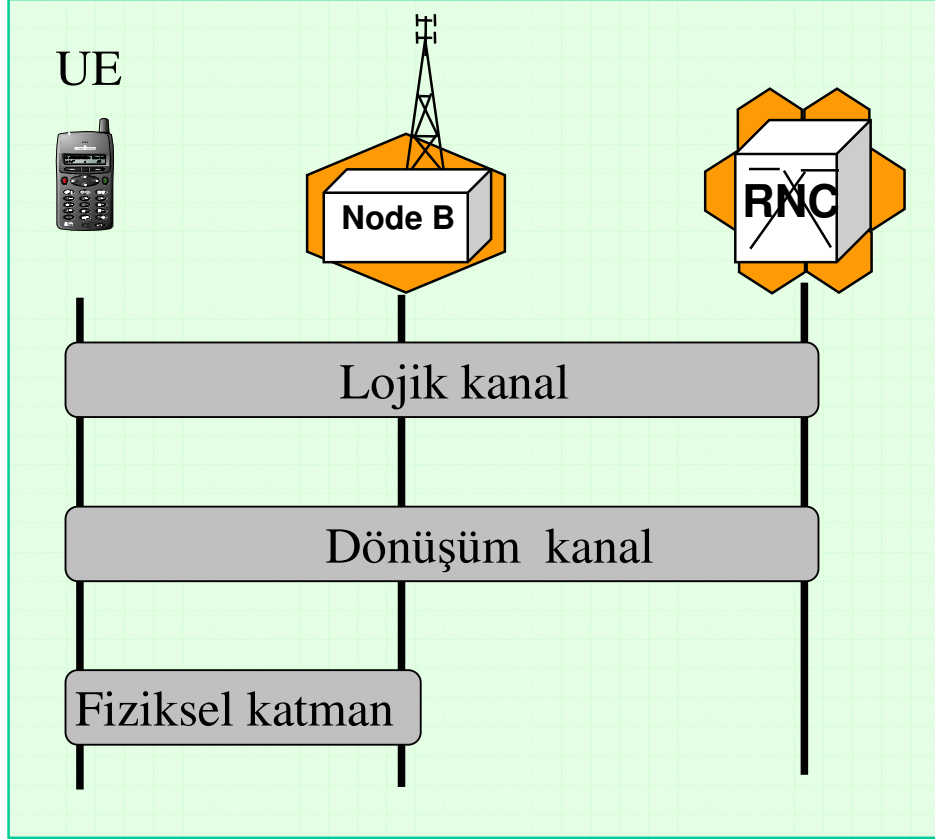
No	Kullanılan teknik	Alıcı/Verici (metodu)	Sağlayıcı
1	J: WCDMA	FDD, TDD	Japonya: ARIB
2	ETSI-UTRA-UMTS	FDD, TDD	Avrupa: ETSI
3	WIMS W-CDMA	FDD	ABD: TIA
4	WCDMA/NA	FDD	ABD: T1P1
5	Global CDMA II	FDD	Güney Kore: TTA
6	TD-SCDMA	TDD	Çin: CATT
7	cdma2000	FDD, TDD	ABD: TIA
8	Global CDMA I	FDD	Güney Kore: TTA
9	UWC-136	FDD	ABD: TIA
10	EP-DECT	TDD	Avrupa: ETSI DECT plan

Yukarıda belirtilen FDD Modunda, alıcı Rx (uplink) yönünde ve verici Tx (downlink) yönünde ayrı frekans kullanılmaktadır. TDD modunda ise Rx (uplink) yönünde ve verici Tx (downlink) yönünde aynı frekans kullanılmaktadır. Şekil 5.1’de FDD ve TDD modları için frekans kullanım durumları gösterilmiştir [11].



Şekil 5.1. FDD ve TDD modunda frekansların kullanımı

5.2. W-CDMA Hava Arayüzü



Şekil 5.2. UTRAN sisteminde radyo arayüz protokolleri [11]

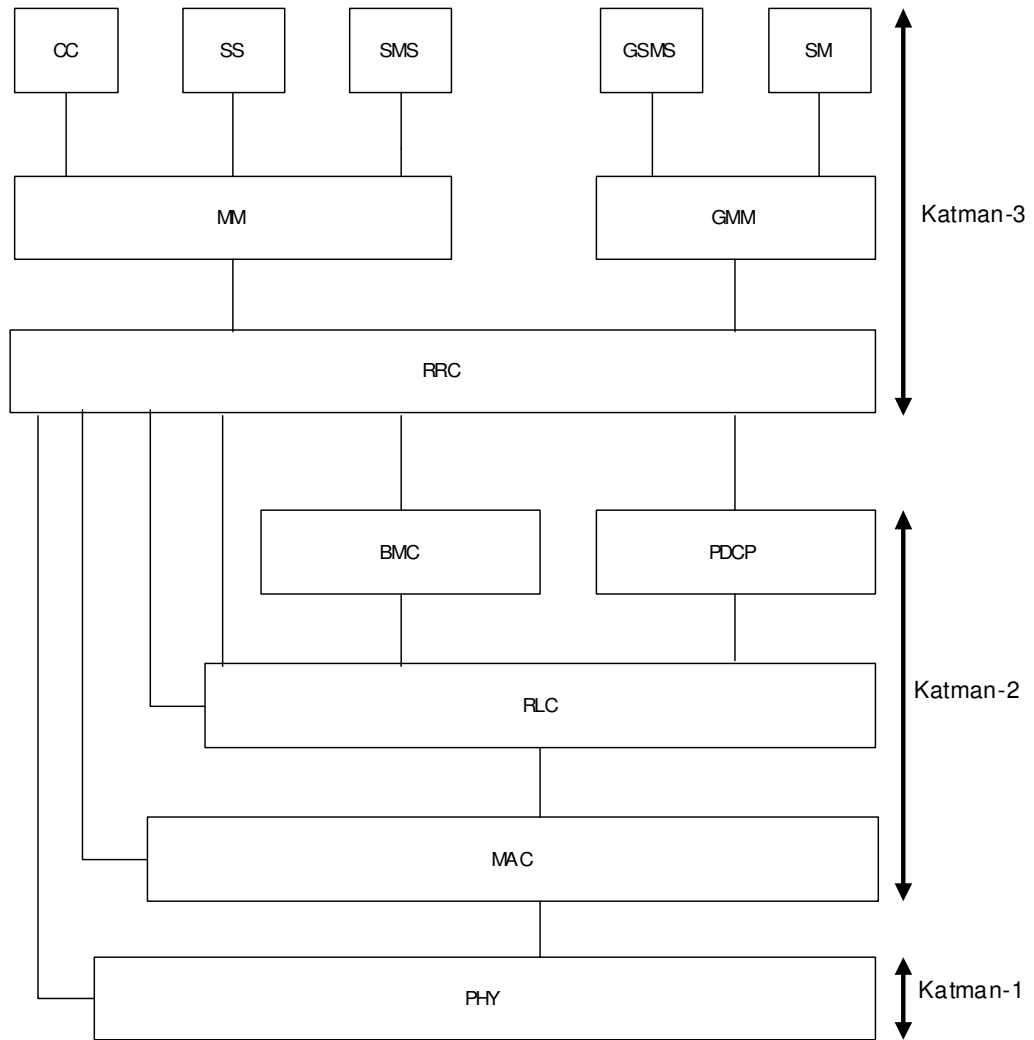
UTRAN sistemindeki radyo arayüz protokolleri üç-seviye katmanlı protokol modeli olarak tanımlanabilir. Bu arayüzde en alttaki katman fiziksel katman olarak tanımlanmaktadır (Şekil 5.3’de PHY olarak gösterilmiştir). Katman-2’nin içeriği;

- MAC (Medium Access Control)
- RLC (Radio Link Control)
- BMC (Broadcast Multicast Control)
- PDCP (Packet Data Convergence Protokol)

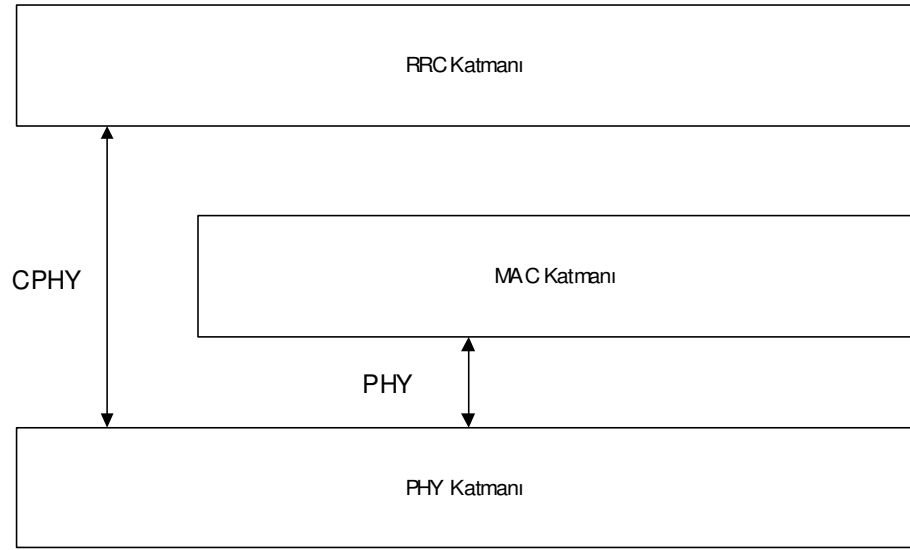
Katman-3'ün içeriği;

- RRC
- MM (Mobility Management)
- GMM (GPRS Mobility Management)
- CC (Call Control)
- SS (Supplementary Services)
- SMS (Short Message Services)
- SM (Session Management)
- GSMS (GPRS Short Message Service Support)

Fiziksel katman WCDMA hava arayüz protokol modelindeki en alt katmandır. Fiziksel katman MAC ve RRC alt katmanlarının her ikisi için arayüze sahiptir. MAC arayüzü PHY olarak adlandırılır ve data transferinde taşıma kanalı olarak kullanılır. CPHY (Kontrol PHY) arayüzü fiziksel katman ve RRC arasındadır ve kontrol ve bilgi transfer ölçümü için kullanılır (Şekil 5.4).



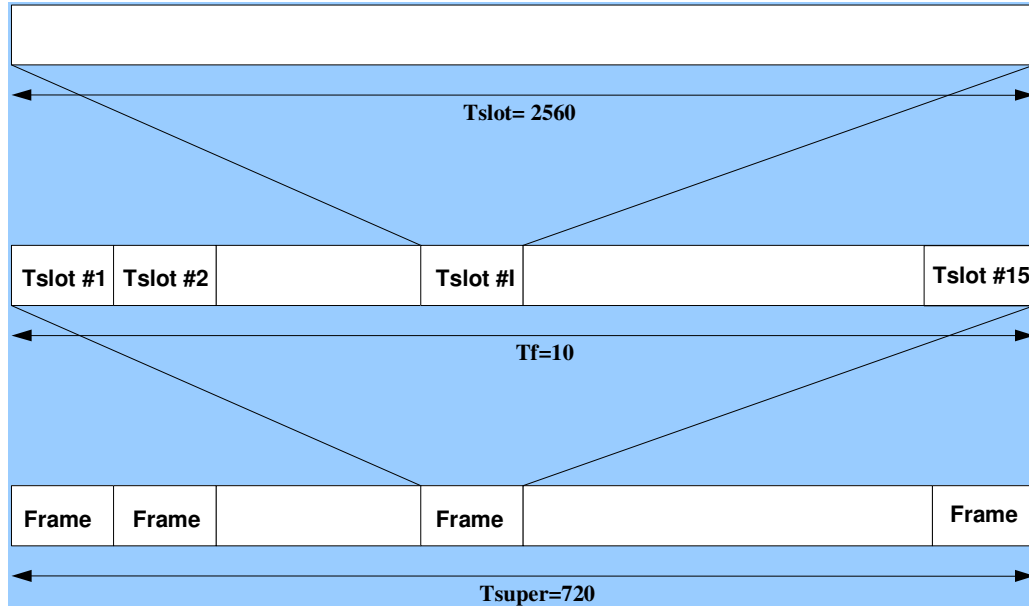
Şekil 5.3. Hava arayüz modeli



Şekil 5.4. Fiziksel katman arayüzleri

UTRAN, FDD ve TDD olmak üzere iki modda çalışır. FDD modunda, uplink ve downlink iletimleri farklı frekansları kullanır. TDD modunda ise uplink ve downlink iletimleri aynı frekans bandında olmasına rağmen farklı zaman aralıklarındadır. Böylece, bir WCDMA-TDD sistemi zaman dilimleme elemanları sayesinde gerçek bir CDMA/TDMA sistemidir [10]. FDD modundaki bir fiziksel kanal bir frekans ve bir kod olarak tanımlanırken TDD modunda zaman aralığı (time slot) dizisi olarak tanımlanır (Şekil 5.5).

Standart UTRAN hava arayüzündeki chip oranı 3,84Mcps'dir. Bir 10 ms'lik radyo çerçevesi aralık (slot) başına 2,560 chip olan 15 aralığa bölünür. Böylece bir zaman aralığı 2560 biti transfer edebilir. Bununla birlikte bu durum toplam data hızına uyumludur ve hız kullanılan yaygınlaştırma faktörüne (SF) bağlıdır. FDD'de yaygınlaştırma faktörü uplink için 4-256 iken downlink için 4-512'dir. TDD'de yaygınlaştırma faktörü her iki yönde 1-16 arasındadır. Bu durum FDD için 7500sembol/sn-960ksembol/sn kanal hızını verirken, TDD için 240ksembol/sn-3,84Msembol/sn hızını verir.



Şekil 5.5. TDD modunda time slot dizisi

Fiziksel katman aşağıdaki fonksiyonları gerçekleştirmektedir [1]:

- 1- Taşıma kanallarının FEC kodlama/kodçözmesi
- 2- Radyo ölçümleri ve üst katmanlara iletimi
- 3- Makrodiversity dağılımı/birleşimi ve yumuşak aktarım çalışması
- 4- Taşıma kanallarında hata tespiti
- 5- Taşıma kanalında çoğullama (multiplexing) ve bileşik taşıma kanal kodunun (CCTrCH) çoğullama-çözülmesi (demultiplexing) işlemi
- 6- Oran uyumu
- 7- Fiziksel kanallardaki CCTrCH haritalandırması (mapping)
- 8- Fiziksel kanalın modülasyon, yaygınlaştırma (spreading)/demodülasyon ve yaygınlaştırma-çözülmesi (despreading) işlemleri
- 9- Frekans ve zaman senkronizasyonu
- 10- Kapalı-devre güç kontrolü
- 11- Fiziksel kanalın birleşimi ve güç ağırlığı
- 12- RF işleme
- 13- Uplink kanallarında ön zamanlama (sadece TDD)

14- Uplink senkronizasyon desteği (sadece TDD)

5.2.1. İleri hata düzeltme (FEC) kodlama/kodçözme

FEC (Forward Error Connection) işleminin amacı iletim hatalarını azaltmaktır. Hata düzeltme kodlaması kanal kodlaması olarak ta bilinir. Bu işlem iletilen bit dizisine fazlalık bitlerinin ilave edilmesiyle alıcıda olası bit hatalarının düzeltilmesine dayanır [8].

UTRAN, konvolosyonel ve turbo kodlar olmak üzere iki FEC işlemi ile çalışır. Konvolosyonel kodlama düşük data hızları için kullanılırken turbo kodlama yüksek bit hızında oldukça etkilidir [12].

Çizelge 5.2’de UTRAN hava arayüzünde kullanılan kanal kodlama algoritmaları gösterilmektedir. Çizelge 5.2’deki kısaltmalar şu şekildedir [1]. TrCH: transport channel; BCH: broadcast channel; PCH: paging channel; RACH: random access channel; CPCH: common packet channel; DPCH: dedicated physical channel; DCH: dedicated channel; DSCH: downlink shared channel; FACH: forward access channel; HS-DSCH: high-speed downlink shared channel

Çizelge 5.2. UTRAN hava arayüzünde kullanılan kanal-kodlama işlemleri

<u>TrCH Tipi</u>	<u>Kodlama İşlemi</u>	<u>Kod Oranı</u>
BCH	Konvolosyonel Kodlama	1/2
PCH		
RACH		
CPCH, DCH, DSCH, FACH	Turbo Kodlama	1/2 veya 1/3
HS-DSCH		1/3

Kod oranı, kanal kodlama fonksiyonunun giriş bit sayıları ve çıkış bit sayıları arasındaki oranı göstermektedir. Konvolosyonel ve turbo kodlamada tipik olarak 1/2 veya 1/3'tür.

5.2.2. Radyo ölçümü ve üst katmanlarda gösterilmesi

UTRAN hava arayüzünde yapılan bazı radyo ölçümleri UE (Kullanıcı Cihazı) veya Node B'ye özeldir. Radyo ölçümleri tipik olarak UE'de RRC katmanları ile kontrol edilir. RRC, ölçüm kontrol mesajlarında UTRAN'dan gerekli kontrol bilgisini alır [12].

UE fiziksel katmanı için olası ölçüm tipleri şu şekildedir:

- RSCP (Received signal code power)
- RSSI (Received signal strength indicator)
- E_c/N_o (Bit başına alınan enerjinin banddaki güç yoğunluğuna bölümü)
- BLER (Block error rate)
- UE iletilen gücü
- Bağlantı çerçeve sayısı- Sistem çerçeve sayısı (Connection frame number-system frame number CFN-SFN) zaman farkı
- SFN-SFN zaman farkı
- UE Rx-Tx zaman farkı
- UE konumlandırma için hücre çerçevelerinin UE GPS zamanlaması
- UE GPS kod fazı

Aynı şekilde UTRAN için ölçüm tipleri aşağıdadır:

- Alınan toplam geniş band gücü
- Sinyal-girişim oranı (SIR)
- SIR hatası
- İletilen taşıyıcı gücü
- İletilen kod gücü

- BER (Bit error rate)
- RTT (Round-trip time)
- UE konumlandırma için hücre çerçevelerinin UTRAN GPS zamanlaması
- PRACH (Packet Random Access Channel) / PCPCH (Physical Common Packet Channel) yayılım gecikmesi
- Bilinen PRACH girişi
- Tespit edilen PCPCH erişim girişi
- Bilinen PCPCH erişim girişi
- SFN-SFN incelenen zaman farkı

5.2.3. Makrodiversity dağılımı/toplaması ve yumuşak aktarım (soft handover) çalışması

Makrodiversity alıcının aynı sinyali farklı kaynaklardan alması durumudur. Bu durum bir UE farklı baz istasyonlarından aynı iletimi alırsa olur. Benzer olarak bir RNC, UE'den gönderilen aynı sinyali toplayabilir ve farklı baz istasyonlarından alabilir [13].

Bu olgunun kullanımı bir WCDMA sisteminde temeldir, çünkü tüm baz istasyonları aynı frekansı kullanır (frekans tekrar kullanımı=1). Makrodiversity toplamayı olmadığında sistem girişim seviyesi artar ve kapasite önemli ölçüde azalır.

5.2.4. Taşıma kanallarında hata tespiti

Hata tespiti için amacı, alınan data bloğunda bilginin doğru olarak elde edilip edilmediğini bulmaktır. Bu taşıma bloklarında bir CRC (cyclic redundancy check) metodu kullanılarak yapılır. Kullanımda 5 CRC polinom uzunluğu (0, 8, 12, 16 ve 24 bit) vardır. Hata tespit işlemi yapılırken iletilen mesaja CRC bloğu eklenerek gönderilir, alıcıda ise CRC bloğu kontrol edilir.

5.2.5. Taşıma kanallarının çoğullama (multiplexing) ve CCTrCH kanallarının çoğullama-çözülmesi (demultiplexing) işlemi

Her bir UE kullanımda eşzamanlı çeşitli taşıma kanallarına sahip olabilir. Her bir taşıma kanalındaki 10 ms'lik radyo çerçevesi bir kodlanmış bileşik taşıma kanalı (CCTrCH) çoğullanır.

FDD modunda her bir UE, uplinkte sadece bir CCTrCH'a sahip olabilir. TDD modunda ise uplink çeşitli CCTrCH'lere izin verir. Her iki modun downlink inde UE başına çeşitli CCTrCH'ler vardır.

5.2.6. Oran uyumu (Rate matching)

Bir taşıma kanalındaki bit sayıları her bir iletim zaman aralığı ile değişebilir. Bununla birlikte, fiziksel kanal radyo çerçeveleri tam olarak doldurulmalıdır.

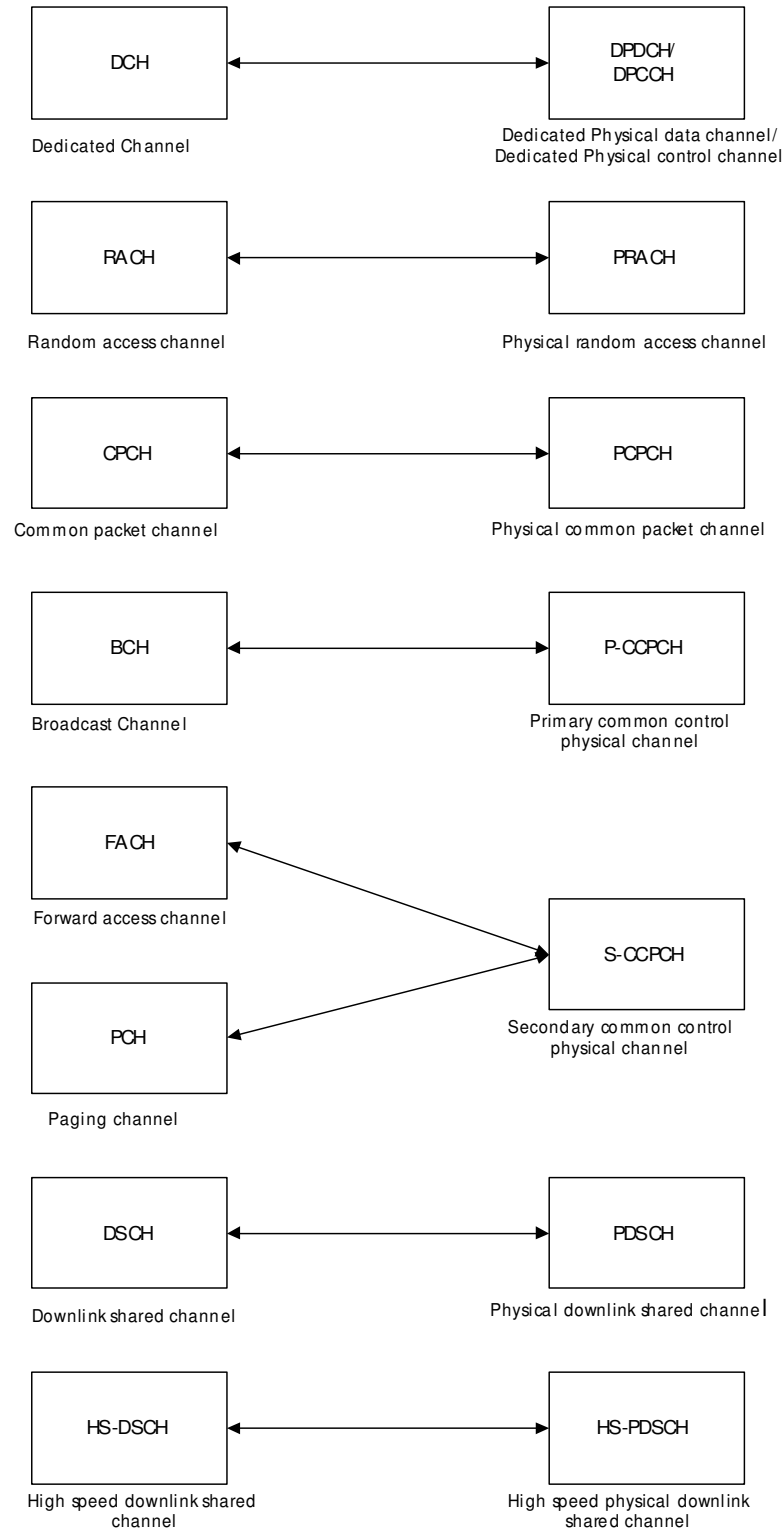
Uplink'te taşıma kanalının çoğullama işleminden sonra toplam bit oranı, toplam fiziksel kanal bit oranı ile uyumlu olmalıdır. Bu bitlerin belirleme (puncturing) ve tekrarlama yapıları. Bitlerin belirlenmesine dair çeşitli kurallar vardır. Belirleme, bir ön işleme uygun olarak bitlerin çıkış dizisinden silinmesidir. Bu kanal kodlamasından sonra koda fazlalık bitlerinin eklenmesi işlemi yapılarak bazı bitleri belirlemek mümkündür. Böylece belirleme bazı fazlalık bitlerinin silinmesi olarak görülebilir.

Downlink'te şebeke eğer bit sayısı uygun maksimum değerinden daha az gönderilirse iletimi keser. Bu DTX (discontinuous transmission) modu olarak adlandırılır ve radyo yolundaki toplam interferansı azaltma işlemi yapar. Oran uyumu, kaç DTX bitinin iletilmesini gerektiğini belirlemek zorundadır. Bu olası tepe (peak) data oranının hesaplaması ve önerilen data oranı ile karşılaştırılması ile yapılır.

5.2.7. Fiziksel kanallardaki CCTrCH'ların haritalandırılması

Eğer bir fiziksel kanaldan daha fazlası kullanımdaysa, CCTrCH'daki bitler bölünmelidir. Bu her bir fiziksel kanal için giriş bitlerinin parçalanması ile olur.

Taşıma ve fiziksel kanalların haritalandırılması Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Bu şekil sadece FDD modu içindir ve sadece bu kanallar arasındaki haritalandırma ilişkisini gösterir.



Şekil 5.6. Taşıma ve fiziksel kanalların haritalandırması

5.2.8. Fiziksel kanalların modülasyon, spreading (yaygınlaştırma) ve demodulasyon, desreading işlemleri

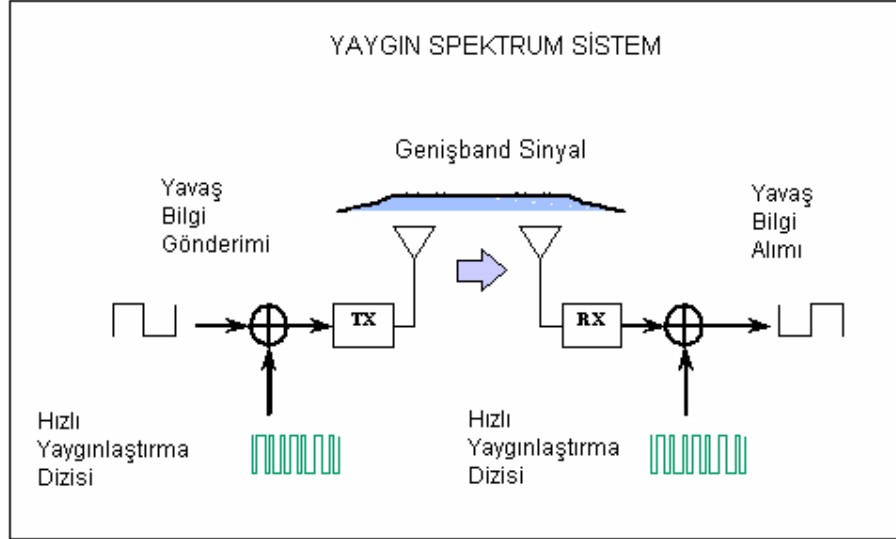
Yaygınlaştırma kodlarının dik ve sözde-rasgele (pseudo-noise[PN]) kodları olmak üzere iki türü vardır. Bu iki kod farklı özelliklere sahiptir ve UTRAN sisteminde kullanılır. Yaygın spektrum alıcı-verici şeması Şekil 5.7’de görülmektedir.

Yaygınlaştırma; bilgiye uydurmak için gerekli bandgenişliğinin ötesinde sinyalin band genişliğinin artırılmasıdır. UTRAN’da yaygınlaştırma işlemi kanallama ve karıştırma olmak üzere iki adımda yapılır.

Kanallama her bir data sembolünü çeşitli chiplere çevirir. Oran (chip/sembol değeri) yaygınlaştırma faktörü olarak adlandırılır. I ve Q kanallarındaki data sembolleri bir kanallama kod ile çoğullanır. Kanallama kodları ortogonal kodlardır, bunun anlamı ideal bir ortamda birbiri ile karışmamasıdır. Bununla birlikte, diklik sadece kodlar zaman senkronizeli olduğu zaman sağlanabilir. Böylece, downlinkte bir hücredeki farklı kullanıcıları ayırmak için kullanılabilir ama uplinkte sadece bir kullanıcının fiziksel kanalını ayırmak için kullanılabilir.

Karıştırma işleminde, I ve Q fazları bir karıştırma kodu ile kanallama işleminden sonra çoğullanır. Bu karıştırma kodları iyi otokorelasyon özelliklerine sahiptir. Downlinkte, sözde-rasgele (pseudorandom) karıştırma kodları baz istasyonları arası girişimini azaltmakta kullanılır.

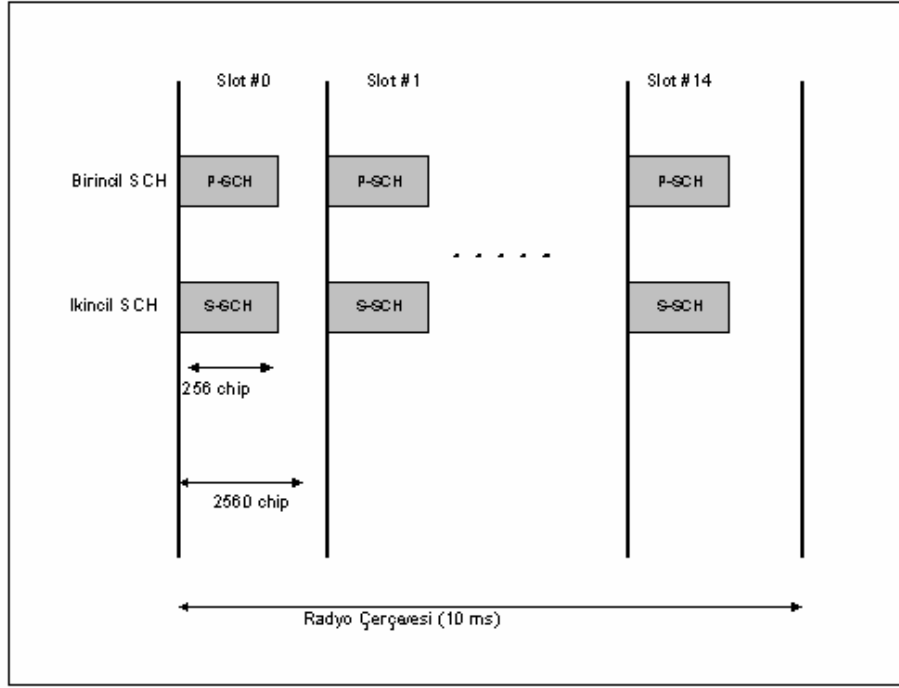
UTRAN’daki modülasyon şeması QPSK (Quadratur PSK) ve ayrıca HS-PDSCH kanalında 16 QAM’dır. Modülasyon, iletilen sembollerin taşıyıcı sinyal ile çoğullandığı bir işlemdir. Modüleli semboller chip olarak adlandırılır.



Şekil 5.7. Yaygın spektrum verici ve alıcı

5.2.9. Frekans ve zaman senkronizasyonu

Frekans ve zaman senkronizasyonu downlink SCH (Synchronization channel) senkronizasyonu ile başlar. UE tüm hücrelerde ortak olan SCH birincil kodunu bilir. Hücresin aralık zamanlaması P-SCH (Primary SCH)'nın alınmasıyla elde edilebilir ve bu evrensel senkronizasyon koduna uyumlu bir filtrenin çıkışında tepe değerler tespit edilir. Aralık senkronizasyonu, P-SCH sadece her bir aralığın ilk 256 chipi boyunca gönderildiğinde avantajlıdır. Toplam aralık 2560 chip uzunluğundadır. Bu durum Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Senkronizasyon kanallarının yapısı

Çizelge 5.3. SSC ve karıştırma kod grupları [1]

Karıştırma Kod Grupları	Slot Numarası														
	#0	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14
Grup 0	1	1	2	8	9	10	15	8	10	16	2	7	15	7	16
Grup 1	1	1	5	16	7	3	14	16	3	10	5	12	14	12	10
Grup 2	1	2	1	15	5	5	12	16	6	11	2	16	11	15	12
Grup 3	1	2	3	1	8	6	5	2	5	8	4	4	6	3	7
Grup 4	1	2	16	6	6	11	15	5	12	1	15	12	16	11	2
Grup 5	1	3	4	7	4	1	5	5	3	6	2	8	7	6	8
Grup 6	1	4	11	3	4	10	9	2	11	2	10	12	12	9	3
Grup 7	1	5	6	6	14	9	10	2	13	9	2	5	14	1	13
Grup 8	1	6	10	10	4	11	7	13	16	11	13	6	4	1	16
Grup 9	1	6	13	2	14	2	6	5	5	13	10	9	1	14	10
Grup 10	1	7	8	5	7	2	4	3	8	3	2	6	6	4	5
Grup 11	1	7	10	9	16	7	9	15	1	8	16	8	15	2	2
Grup 12	1	8	12	9	9	4	13	16	5	1	13	5	12	4	8
Grup 13	1	8	14	10	14	1	15	15	8	5	11	4	10	5	4
Grup 14	1	9	2	15	15	16	10	7	8	1	10	8	2	16	9
Grup 15	1	9	15	6	16	2	13	14	10	11	7	4	5	12	3
Grup 16	1	10	9	11	15	7	6	4	16	5	2	12	13	3	14
Grup 17	1	11	14	4	13	2	9	10	12	16	8	5	3	15	6
Grup 18	1	12	12	13	14	7	2	8	14	2	1	13	11	8	11

Çizelge 5.3. (Devam) SSC ve karıştırma kod grupları [1]

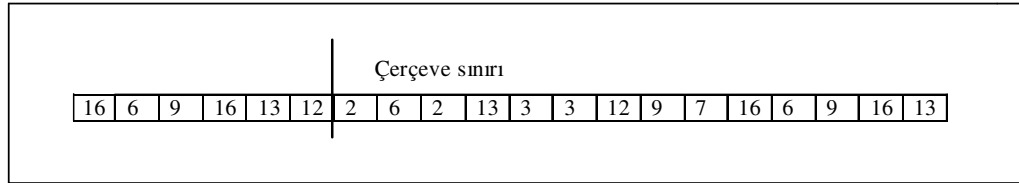
Karıştırma Kod Grupları	Slot Numarası														
	#0	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14
Grup 19	1	12	15	5	4	14	3	16	7	8	6	2	10	11	13
Grup 20	1	15	4	3	7	6	10	13	12	5	14	16	8	2	11
Grup 21	1	16	3	12	11	9	13	5	8	2	14	7	4	10	15
Grup 22	2	2	5	10	16	11	3	10	11	8	5	13	3	13	8
Grup 23	2	2	12	3	15	5	8	3	5	14	12	9	8	9	14
Grup 24	2	3	6	16	12	16	3	13	13	6	7	9	2	12	7
Grup 25	2	3	8	2	9	15	14	3	14	9	5	5	15	8	12
Grup 26	2	4	7	9	5	4	9	11	2	14	5	14	11	16	16
Grup 27	2	4	13	12	12	7	15	10	5	2	15	5	13	7	4
Grup 28	2	5	9	9	3	12	8	14	15	12	14	5	3	2	15
Grup 29	2	5	11	7	2	11	9	4	16	7	16	9	14	14	4
Grup 30	2	6	2	13	3	3	12	9	7	16	6	9	16	13	12
Grup 31	2	6	9	7	7	16	13	3	12	2	13	12	9	16	6
Grup 32	2	7	12	15	2	12	4	10	13	15	13	4	5	5	10
Grup 33	2	7	14	16	5	9	2	9	16	11	11	5	7	4	14
Grup 34	2	8	5	12	5	2	14	14	8	15	3	9	12	15	9
Grup 35	2	9	13	4	2	13	8	11	6	4	6	8	15	15	11
Grup 36	2	10	3	2	13	16	8	10	8	13	11	11	16	3	5
Grup 37	2	11	15	3	11	6	14	10	15	10	6	7	7	14	3
Grup 38	2	16	4	5	16	14	7	11	4	11	14	9	9	7	5
Grup 39	3	3	4	6	11	12	13	6	12	14	4	5	13	5	14
Grup 40	3	3	6	5	16	9	15	5	9	10	6	4	15	4	10
Grup 41	3	4	5	14	4	6	12	13	5	13	6	11	11	12	14
Grup 42	3	4	9	16	10	4	16	15	3	5	10	5	15	6	6
Grup 43	3	4	16	10	5	10	4	9	9	16	15	6	3	5	15
Grup 44	3	5	12	11	14	5	11	13	3	6	14	6	13	4	4
Grup 45	3	6	4	10	6	5	9	15	4	15	5	16	16	9	10
Grup 46	3	7	8	8	16	11	12	4	15	11	4	7	16	13	15
Grup 47	3	7	16	11	4	15	3	15	11	12	12	4	7	8	16
Grup 48	3	8	7	15	4	8	15	12	3	16	4	16	12	11	11
Grup 49	3	8	15	4	16	4	8	7	7	15	12	11	3	16	12
Grup 50	3	10	10	15	16	5	4	6	16	4	3	15	9	6	9
Grup 51	3	13	11	5	4	12	4	11	6	6	5	3	14	13	12
Grup 52	3	14	7	9	14	10	13	8	7	8	10	4	4	13	9
Grup 53	5	5	8	14	16	13	6	14	13	7	8	15	6	15	7
Grup 54	5	6	11	7	10	8	5	8	7	12	12	10	6	9	11
Grup 55	5	6	13	8	13	5	7	7	6	16	14	15	8	16	15
Grup 56	5	7	9	10	7	11	6	12	9	12	11	8	8	6	10
Grup 57	5	9	6	8	10	9	8	12	5	11	10	11	12	7	7
Grup 58	5	10	10	12	8	11	9	7	8	9	5	12	6	7	6
Grup 59	5	10	12	6	5	12	8	9	7	6	7	8	11	11	9
Grup 60	5	13	15	15	14	8	6	7	16	8	7	13	14	5	16
Grup 61	9	10	13	10	11	15	15	9	16	12	14	13	16	14	11
Grup 62	9	11	12	15	12	9	13	13	11	14	10	16	15	14	16
Grup 63	9	12	10	15	13	14	9	14	15	11	11	13	12	16	10

UE, tüm SSC (Secondary Synchronisation Codes) ile S-SCH (Secondary SCH)'dan alınan sinyali düzeltir ve maksimum korelasyon değerini belirler. S-SCH sadece her aralığın ilk 256 chipi gönderebilir. Bir SSC tüm zaman aralıklarında gönderilir. Burada 16 farklı SSC vardır ve 64 eşsiz ikincil SCH dizisi yapılabilir. Bir dizi 15 SSC içerir [1].

Çerçeve senkronizasyonunun bir örneği aşağıda verilmiştir. Eğer UE S-SCH kanalından SSC dizisini alırsa (Şekil 5.9.) Çizelge 5.3'deki tüm SSC dizileri ile karşılaştırmak zorundadır ve bir uyum bulmalıdır. Bu örnekte uyum kod grubu 30'dur ve çerçeve sınırı #0 time slottan öncedir, bu kod grup-30'da SSC2'den öncedir (Şekil 5.10).

16	6	9	16	13	12	2	6	2	13	3	3	12	9	7	16	6	9	16	13
----	---	---	----	----	----	---	---	---	----	---	---	----	---	---	----	---	---	----	----

Şekil 5.9. Alınan SSC dizisi



Şekil 5.10. SSC dizisinden elde edilen çerçeve senkronizasyonu

5.2.10. İç-döngü güç kontrolü

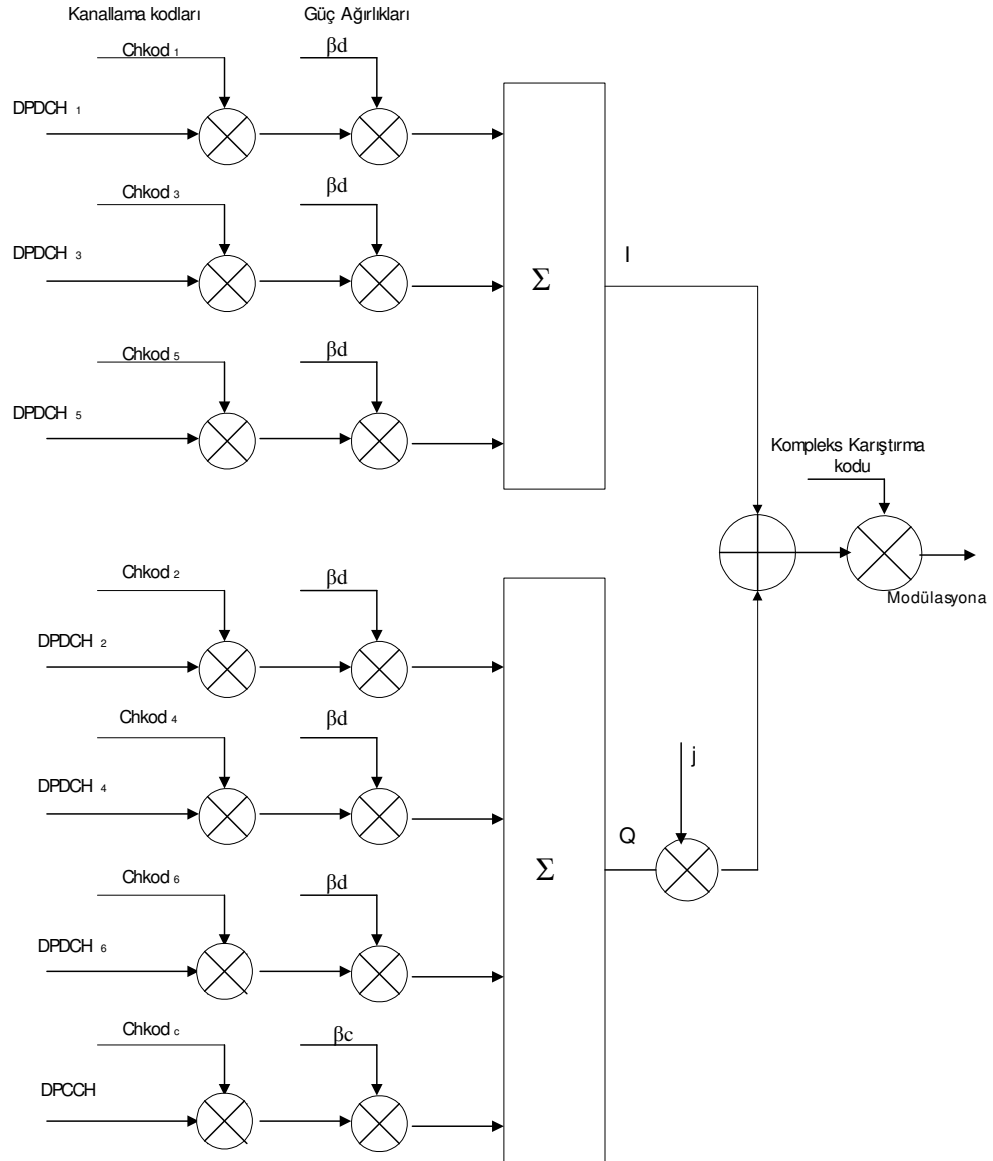
Genel olarak, güç kontrolü açık ve kapalı devre kontrol olmak üzere iki türde yapılır ve her iki metod UTRAN'da kullanılır.

UTRAN'da kapalı-devre güç kontrolü iç-döngü ve dış-döngü olmak üzere iki işleme ayrılır. Dış-döngü güç kontrolü sinyal-girişim oranı (SIR_{target}) düzeltir ve katman-1'deki iç-döngü güç kontrolü iletilen gücü ayarlar. Bu ayarlama TPC (Transmit Power Control) ile yapılır. Alınan değer (entity) (UE katman-1 veya Node B katman-

1) SIR'ı ölçer ve SIRtarget ile karşılaştırır. Eğer SIREst SIRtarget ise TPC biti entity çiftinde 0'a setlenir (gücü azaltır), diğer durumda 1'e eşitlenir (gücü arttırır).

5.2.11. Güç ağırlığı ve fiziksel kanalların bileşimi

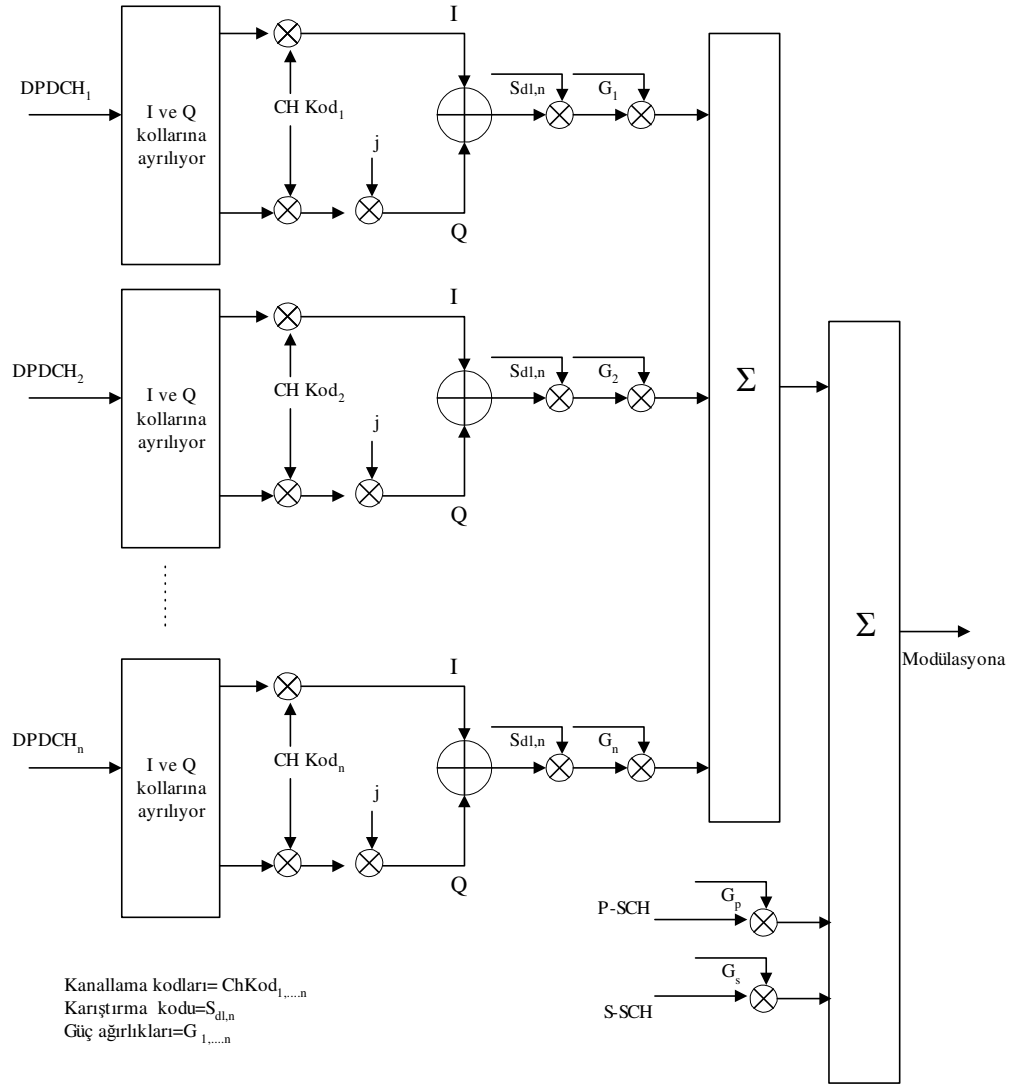
Uplinkde, bir UE eşzamanlı olarak 1-6 DPCCH'ı iletebilir. Bu durum Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Kontrol kanalı (DPCCH) Q düzleminde gönderilebilir, data kanalı (DPDCH) iki düzlemde de gönderilebilir. Bununla birlikte eğer sadece bir data kanalı varsa sadece I düzleminde iletilir [1].



Şekil 5.11. Güç ağırlığı ve fiziksel kanalların toplaması (uplink)

Kanallama kodları dik kodlardır ve karıştırma kodları bir sözde-rasgele dizisidir. Kazanç faktörleri β_d ve β_c farklı kanallar için servis ihtiyaçlarının farklı kalitesini ayarlamakta kullanılabilir. Görüldüğü üzere, data ve kontrol kodları farklı kazanç faktörlerine sahip olabilirken tüm data kanalları bir eşit faktöre sahiptir. En büyük kazanç faktörü 1 olabilir. Kazanç faktörü TFC (current transport format combination)'ye bağlı olarak çerçeveden çerçeveye değişebilir.

Downlinkteki güç ağırlığı Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Tüm kanallar kendi güç ağırlık faktörü G ’ye sahiptir. Böylece, Qos (quality of Services) ihtiyaçlarına uygun farklı kanallarda farklı ağırlıkları ayarlamak UTRAN için mümkün olmaktadır.



Şekil 5.12. Güç ağırlığı ve fiziksel kanalların toplaması (downlink)

SCH dışındaki tüm fiziksel kanallar aynı yolla bir DPDCH olarak işlem görür. SCH dışındaki tüm kanallar aynı karıştırma kodu ile karıştırılır.

5.2.12. RF işleme

UTRAN'daki RF karakteristikleri 3G TS 25.1XX serisinde tanımlanmıştır. Bu bölümde sadece RF işlemenin ana konuları kısaca anlatılacaktır.

UE güç sınıfları

UE için dört güç sınıfı vardır. Çizelge 5.4. FDD modunda her bir sınıf için maksimum çıkış gücünü vermektedir.

Çizelge 5.4. UE güç sınıfları

Güç Sınıfı	Maksimum Çıkış Gücü
1	+ 33 dBm
2	+27 dBm
3	+24 dBm
4	+21 dBm

Frekans bandları

3G için toplam band genişliği FDD ve TDD modlarına göre değişmektedir. Eşli (paired) band FDD modu için, küçük eşsiz (unpaired) band TDD modu için tahsis edilir. UTRA/FDD aşağıdaki eşli bandlarda çalışmak üzere dizayn edilmiştir.¹

FDD modu için tahsis edilen frekanslar;

1920-1980MHz : Uplink
2110-2170MHz : Downlink

¹ 3 adet ITU bölgesi vardır: ITU Bölge-1 Afrika, Avrupa ve Kuzey Asya; ITU Bölge-2 Kuzey ve Güney Amerika; ITU Bölge-3 Kuzey Asya (Japonya ve Çin), Avustralya, Pasifik adaların çoğu

FDD ITU Bölge-2 için tahsis edilen frekanslar;

1850-1910MHz : Uplink
1930-1990MHz : Downlink

ITU Bölge-3 için tahsis edilen frekanslar;

1710-1785MHz : Uplink
1805-1880MHz : Downlink

TDD modu için tahsis edilen frekanslar;

1900-1920MHz;
2010-2025MHz;

Bölge-2 için;

1850-1910MHz;
1910-1930MHz;
1930-1990MHz;

TDD modunda, uplink ve downlink için aynı frekans taşıyıcıları kullanılır.

5.2.13. Uplink kanallarında ön zamanlama (timing advance)

TDD modunda, frekans kanalaındaki radyo çerçevesi 15 zaman aralığına bölünür. Uplink yönünde, hücrenin büyük olduğu durumlarda baz istasyonlarının birbiriyle girişimini önlemek için bu zaman aralığı arasına güvenlik periyodu koymak zorunlu olmaktadır. Büyük bir hücrede baz istasyonuna yakın bir kullanıcının iletimi, hücre sınırına yakın başka bir kullanıcının iletiminden daha önce olur. Yakın-kullanıcının n+1 olan zaman aralığı baz istasyon alıcısından uzak-kullanıcının n zaman aralığı ile üst üste birleşebilir. Bu duruma “TDMA etkisi” denir.

TDMA etkisi uzak-kullanıcının iletimi ön zamanlama ile önlenabilir. UTRAN, Node-B'de alınan alınan burst'un zamanlamasını ölçer ve optimal varış zamanına uygun zamanlamayı hesaplar. Bu değer gerekli ön zamanlama değeridir.

5.2.14. Uplink senkronizasyon desteği

Uplink senkronizasyon bir TDD modu kavramıdır. Eğer uplink senkronizasyonu kullanılırsa ön zamanlama kesin değerinden daha çok olmak zorundadır. Ön zamanlama parametre değeri $1/4$ chipin çoğullanmış şekli olarak verilir. Bu doğruluk uplinkte senkronize CDMA kullanımını sağlar. UTRAN sürekli olarak UE'den iletimin zamanlamasını ölçerek, ön zamanlama değerinin hesaplaması için gönderecektir.

6. W-CDMA İÇİN GERÇEK ORTAMDA YAPILMIŞ TEST SONUÇLARI

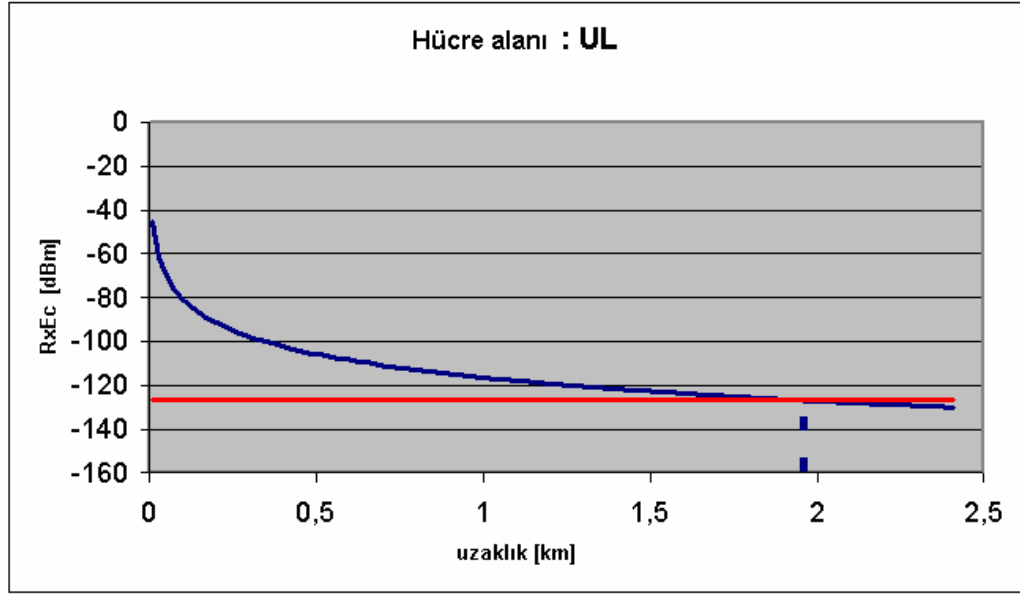
Genişband haberleşme sistemlerinde kullanılan W-CDMA tekniği ile gerçek ortamda uplink ve downlink performans testleri yapılmıştır. Ayrıca güç kontrolü ve aktarım testleri yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

Uplink performans testi için kullanılan değerler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Uplink performans testi için kullanılan değerler

Uplink		
0,25	[W]	MS Tx-Gücü
23,98	[dBm]	MS Tx-Gücü
0	[dBi]	MS Anten Kazancı
2	[dB]	Kablo kaybı
21,98	[dBm]	MS Transmisyon EIRP
-174,00	[dBm/Hz]	Sıcaklık gürültü yoğunluğu
3,00	[dB]	BS Rx gürültü faktörü = 3,16
-171,00	[dBm/Hz]	BS Rx gürültü yoğunluğu
3,84	[MHz]	Bandgenişliği
65,84	[dB]	Bandgenişliği
-105,16	[dBm]	BS Rx gürültü
0,2		Yük faktörü
-0,97		Girişim degradasyon payı
		$L = 10 \log (1 - \text{yük})$
3,84	[Mcps]	W
12,2	[kbps]	R
314,754	[1]	İşleme kazancı
24,98	[dB]	İşleme kazancı
3,1	[1]	E_b / N_0
4,91	[dB]	E_b / N_0
0,00985	[1]	Gerekli E_c / I_0
-19,10	[dB]	Gerekli E_c / I_0
-124,25		Gerekli sinyal gücü
12		Anten kazancı
2		Kablo kaybı
-7,27		Yavaş sönmüleme payı
0		HO kazancı
0		Indoor kaybı
0		TPC boşluk payı
148,96		İzin verilen yayılım kaybı

Çizelge 6.1'deki değerler kullanılarak gerçek ortamda yapılmış olan uplink Rx seviyesinin UE (mobil cihazı)'nin Node B'ye uzaklığına göre değişimi Şekil 6.1'de verilmiştir. Test sırasında Rx seviyesinin Node B'den uzaklaştıkça azaldığı, yaklaşık 2 km sonra ise tamamen mobilin servis dışı kaldığı gözlenmiştir.



Şekil 6.1. Uplink Rx seviyesinin uzaklığa göre değişimi

Node B'nin Tx seviyesine göre güç kontrolü yaparak girişimi önlediği görülmüştür (Şekil 6.2).

DL - PC: Dinamik [db] CPICH									
	Servis	384	128	64	12,2				
	SF	8	16	32	128				
	SIR_target	3	3	3	3				
t.b.d.	Max. Güç değeri	6	6	6	6				
	Poffset	20	20	20	20				
DB: hücre başına									
	P_max	6,00	6,00	6,00	1,93				
	P_min	-19,00	-19,00	-19,00	-23,07				
DL - PC: Dinamik									
		[dBm]	[%]	[dBm]	[%]	[dBm]	[%]	[dBm]	[%]
	CPICH TxP	33	10,0	33	10,0	33	10,0	33	10,0
	Max. DL TP	43	100,0	43	100,0	43	100,0	43	100,0
	P_max	39,00	39,81	39,00	39,81	39,00	39,81	34,93	15,59
	P_min	14,00	0,13	14,00	0,13	14,00	0,13	9,93	0,05

Şekil 6.2. Dinamik güç kontrolü

Dinamik güç kontrolü hesaplamaları yapılırken Eş. 6.1’de verilen formüller kullanılmıştır. Burada SIRtarget; uygulamaya bağlı DL SIR kaynak değeri, SF; kanalın yaygınlaştırma faktörü, Poffset; Iub hücre offset değeri, delta ise 25 dB’dir.

$$P_{max}(dB) = \min (SIR_{target} - 10\log(SF) + Poffset, \text{Max. Güç değeri})$$

$$P_{min}(dB) = \max [P_{max}(dB) - \text{delta}, -35dB] \quad (6.1)$$

$$PDPDCH_{init} = \text{median}[SIR_{target} - 10\log(SF/2) + (E_c/N_o) + \text{margin},$$

$$\text{Max_init_power_value}, -35 \text{ dB}]$$

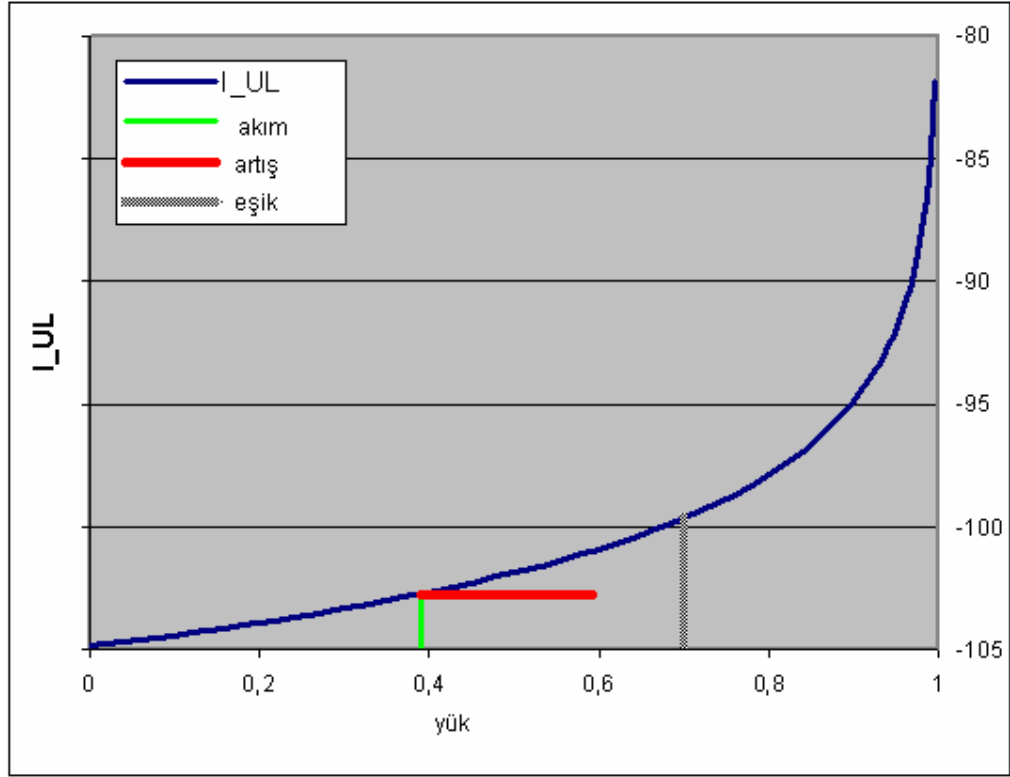
Mevcut servislere yeni servisler eklendiği zaman yük artışında mobil data hızı ve data şekli her servise göre ayrı ayrı devreye alınmaktadır. Mevcut servisler ve ilave servislerin değerleri Çizelge 6.2 ve 6.3’de verilmiştir. Örnek olarak 12,2Kbps’lik ses datasına 128Kbps’lik bir görüntü datası ilave edildiğinde gürültü seviyesinin arttığı gözlenmiştir (Şekil 6.3). Node B’deki yük toplamı mevcut servisler ile ilave servislerin toplam yüküne eşittir. Ancak, gürültü toplamı mevcut servislerin gürültüsü ile ilave servislerin gürültüsü toplamından düşüktür.

Çizelge 6.2. İlave servis devreye alınmadan önceki Node B değerleri

max yük [1]	kappa [Ws/K]	T [°C] [K]		BS [dB]	W [MHz] [dB]		therm. [W] [dBm]		therm.+BS [dBm] [1]	
0,7	1,E-23	35	308	3	3,8	65,8	1,63E-14	-107,87	-104,87	3,26E-11

Çizelge 6.3. Mevcut servisler ile ilave servisin değerleri

Varolan servisler						
Ped. A	R	no.	Eb/N0		Gp	rho_j
3km/h			[dB]	[1]		
x		0	0	0,00	0	0,00
x	128	3	1,6	1,45	30	0,14
x	12,2	12	4,8	3,02	315	0,12
x		0	0	0,00	0	0,00
Toplam						0,26
a_UL						1,5
Yük					0,3895	
Yeni servis : yük artışı						
Ped. A	R		Eb/N0		Gp	rho_j
3km/h			[dB]	[1]	[1]	[1]
x	384		1,3	1,35	10	0,13
Yük artışı					0,2023	
Toplam yük					0,5919	
GİRİŞ (UL)					O.K.	

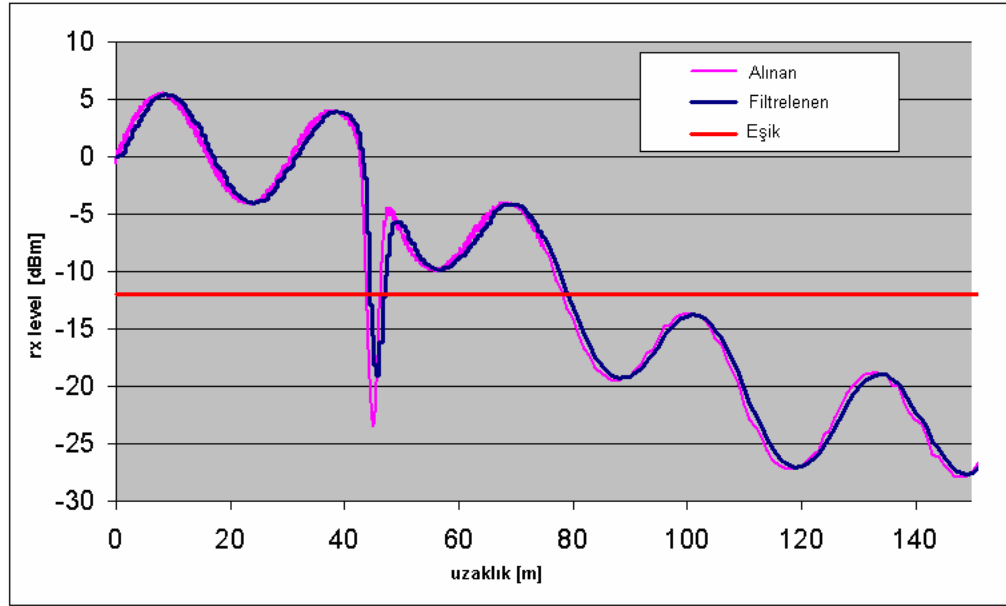


Şekil 6.3. Yüke göre uplink seviyesinin değişimi

Mobil hızı 10 km/h alınarak 1000MHz frekans değerinde sönmüleme değerleri ölçülerek sonuçlar Şekil 6.4’de gösterilmiştir.

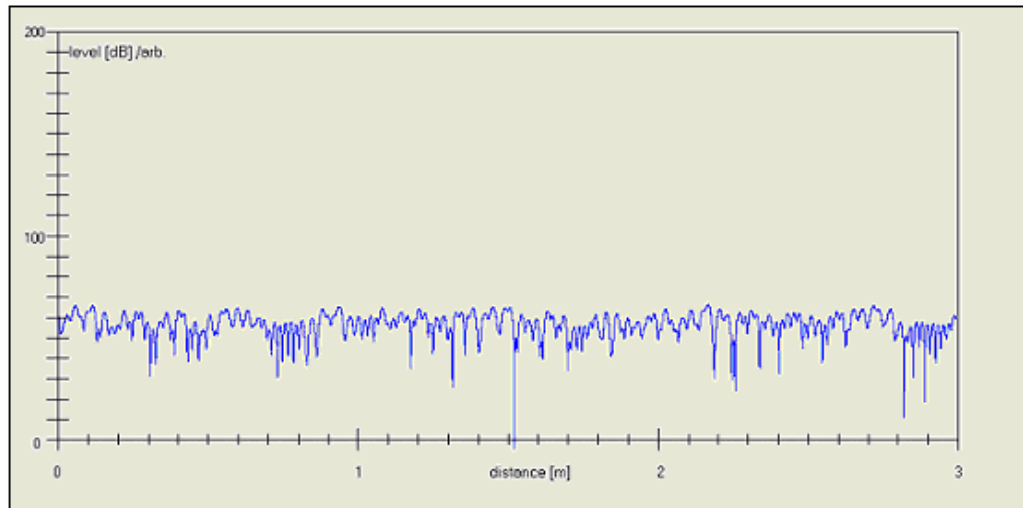
Çizelge 6.4. Sönümlleme test değerleri

Frekans / MHz	lambda / cm	Adım aralığı [dB]	UE hızı/ kmh	Sigma	eşik	k =	Periyot
1000	30,0	1,00	10,00	10,00	-12,00	2	0,50



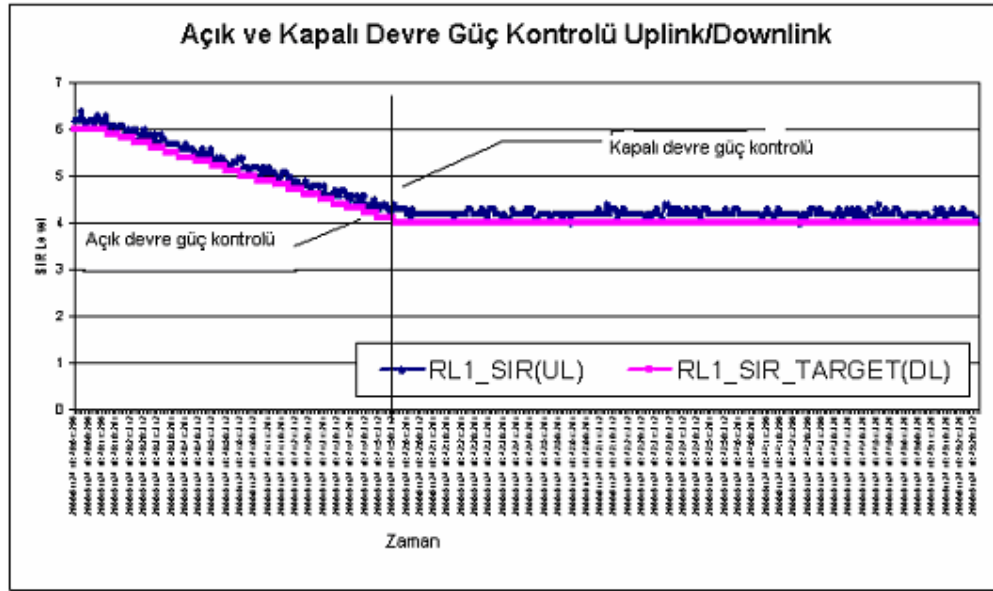
Şekil 6.4. Sönümlenme değerinin Node B'ye uzaklığa göre değişimi

Ayrıca, Node B'de görülen sönümlenmede ölçülen değerler grafiksel olarak Şekil 6.5'de gösterilmiştir.

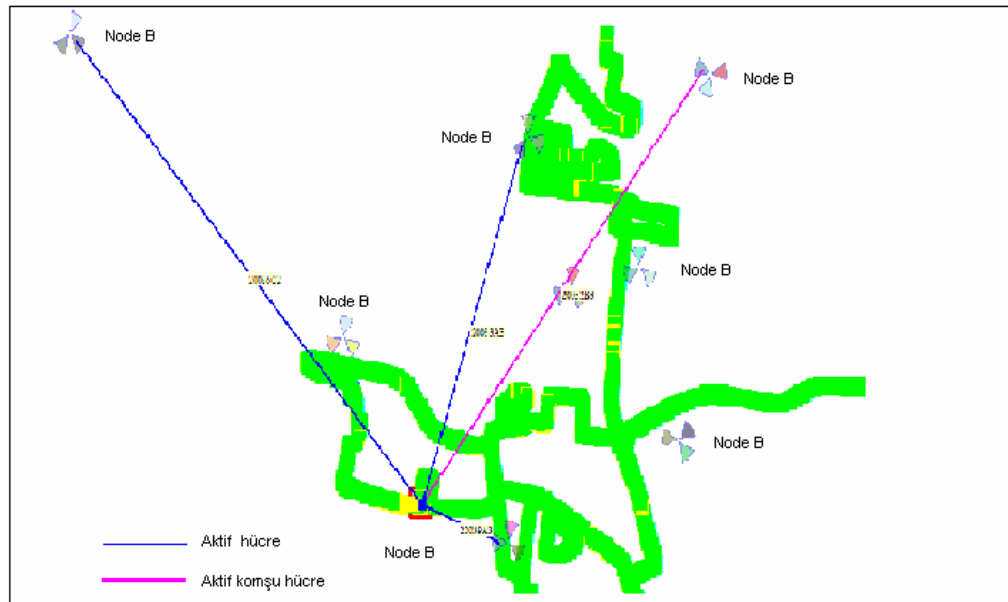


Şekil 6.5. Node B'de görülen sönümlenme değeri

Node B’de uplink ve downlink için açık ve kapalı devre güç kontrol kontrolü Ek-1’de hesaplanan zaman ve SIR değerlerine göre grafiksel olarak Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Açık ve kapalı devre güç kontrolü



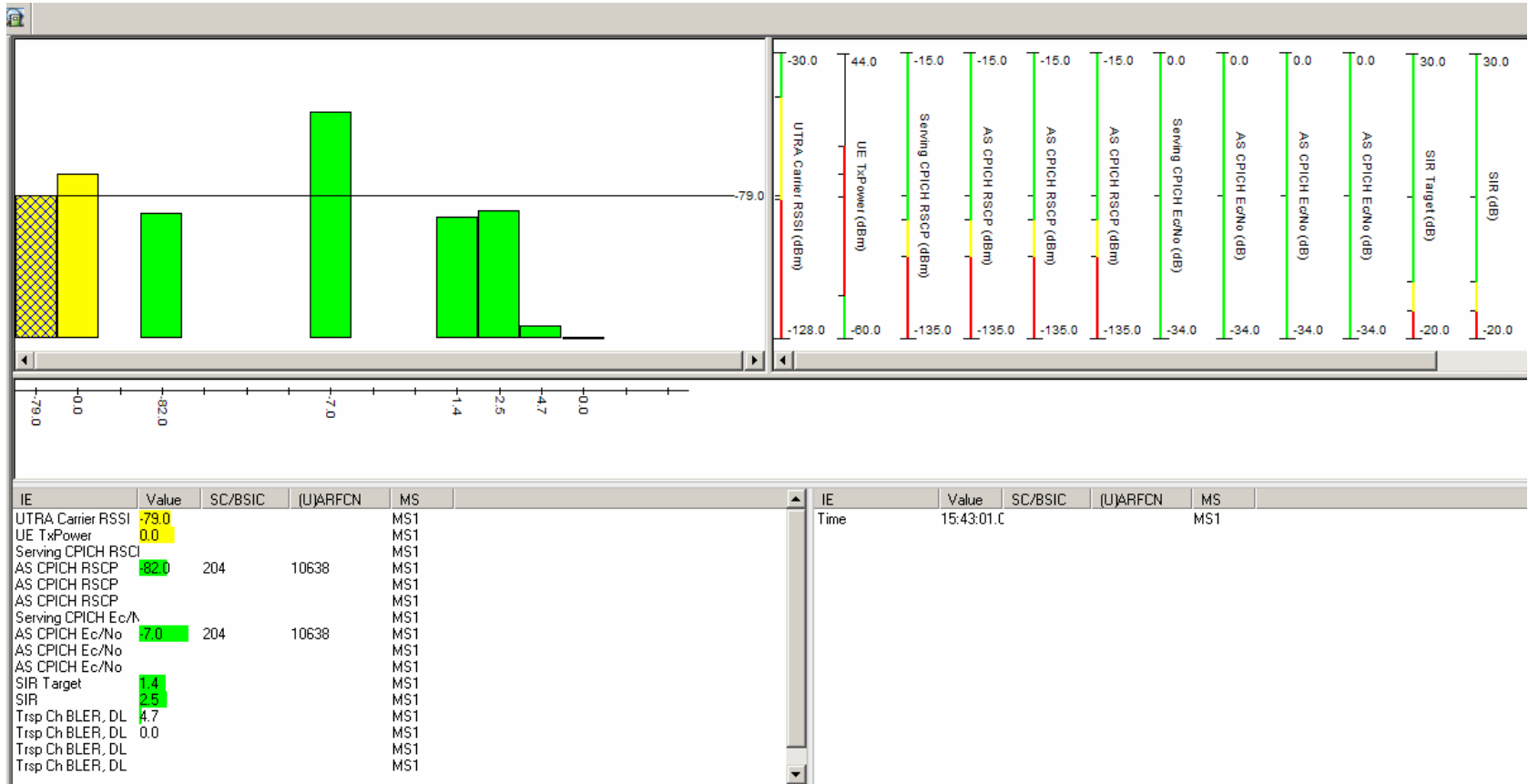
Şekil 6.7. UE ile Node B’lerin data transfer gösterimi

Çizelge 6.5. Aktif hücre ve aktif komşuların UE ile bağlantı sırasındaki Ec/No değerleri

Type	Cell Name	SC	Cell ID	UARFCN ...	CPICH Ec/No	CPICH RSCP
AS	20039A3	204		10638	-7.0	-82.0
AS	20033A3	28		10638	-11.0	-89.0
MN	20036C2	311		10638	-15.0	-93.0
MN	20027A3	69		10638	-17.0	-95.0
MN	20025A2	335		10638	-19.0	-93.0
DN	20032B3	231		10638	-19.0	-95.0
DN	20038Y3	287		10638	-19.0	-95.0
DN	20033A2	27		10638	-20.0	-96.0

Şekil 6.7’de gösterilen noktadaki UE ile Node B’lerin bağlantı değerleri ise Çizelge 6.5’de gösterilmiştir. Burada AS; aktif hücreyi, MN; aktif komşu hücreyi, DN; algılanan fakat aktif olmayan hücreyi, SC; karıştırma kodunu, Cell Name; hücre adını, UARFCN; kullanılan frekans değerini, RSCP ise Node B’den alınan sinyal gücünü ifade etmektedir.

Test Node B’lerle yapılmış olan saha ölçüm sonuçlarına göre bir UE’nin üç adet hücreden aktif olarak data alabildiği, altı adet hücreyi komşu hücre olarak algılayabildiği, üç adet hücreyi de GSM komşu hücre olarak algılayabildiği görülmüştür. Bir UE istenilen data transfer hızına bir hücreden ulaşamadığı zaman aynı anda iki tane hücreye daha data transferi için bağlantı kurabildiği görülmüştür.



Şekil 6.8. UE ile Node B'nin bağlantı anındaki SIR, RSCP, BLER değerleri

Events

Eq.	Event	Info
MS4	Measurement Rep...	e1c, a non-active primary CPICH becom...
MS1	Measurement Rep...	e1b, a primary CPICH leaves the reporti...
MS4	Radio Link Replac...	SC added: 241 SC removed: 345, SHO...
MS4	SHO Procedure C...	Replacement
MS1	SHO Procedure C...	Addition
MS2	Measurement Rep...	e1e, a Primary CPICH becomes better th...
MS2	Measurement Rep...	e1e, a Primary CPICH becomes better th...
MS1	Radio Link Removal	SC removed: 67, Event type: e1b
MS4	Measurement Rep...	e1c, a non-active primary CPICH becom...
MS4	Radio Link Replac...	SC added: 345 SC removed: 241, SHO...
MS3	More Than 3 Stron...	
MS4	Measurement Rep...	e1c, a non-active primary CPICH becom...
MS2	Measurement Rep...	e1f, a Primary CPICH becomes worse th...
MS4	Measurement Rep...	e1c, a non-active primary CPICH becom...
MS4	SHO Procedure C...	Replacement
MS2	Measurement Rep...	e1b, a primary CPICH leaves the reporti...
MS4	Radio Link Replac...	SC added: 241 SC removed: 345, SHO...

Message Details

MS1
Time: 15:25:24.17

Radio Link Removal
SC removed: 67, Event type: e1b

Mode Reports

Eq.	Name
MS1	RRC Measurement Report
MS1	Tx Power Report
MS1	RRC Radio Link Description
MS2	Uplink Signal Strength and Power Control Report
MS2	UE Intra-Freq Report
MS2	UE Intra-Freq Report
MS2	DL Inner Loop Power Control Report
MS2	Uplink Signal Strength and Power Control Report
MS3	Top N Pilot Scan Data Message
MS1	Combined SIR for Synch
MS1	Power Control
MS1	RRC Measurement Report
MS2	UE Intra-Freq Report
MS1	Combined SIR for Synch
MS2	UE Intra-Freq Report
MS2	DL Inner Loop Power Control Report
MS2	Uplink Signal Strength and Power Control Report

Message Details

MS3
Top N Pilot Scan Data Message

Time: 15:25:23.90

Direction : (0) From scanner to PC
Length : 420
Opcode : 0x120D
Status : (133) No Time Alignment
Loop Count : 75
Scan Number : 25
Band Used : (768) IMT 2000
Protocol Scanned : (4) 3GPP WCDMA
Data Mode : 0x011D
Rake Finger Count :
Delay Spread :
Aggregate Ec/Io :
Time Offset :
Ec/Io Peak :
Channel : 10787

Layer 3 Messages

Eq.	Protocol	Name
MS1	RRC	Measurement Report (UL-DCCH)
MS4	RRC	Active Set Update (DL-DCCH)
MS4	RRC	Active Set Update Complete (UL-DCCH)
MS4	RRC	Measurement Control (DL-DCCH)
MS1	RRC	Active Set Update (DL-DCCH)
MS2	RRC	Measurement Report (UL-DCCH)
MS2	RRC	Measurement Report (UL-DCCH)
MS1	RRC	Active Set Update Complete (UL-DCCH)
MS4	RRC	Measurement Report (UL-DCCH)
MS4	RRC	Active Set Update (DL-DCCH)
MS4	RRC	Active Set Update Complete (UL-DCCH)
MS4	RRC	Measurement Report (UL-DCCH)
MS2	RRC	Measurement Report (UL-DCCH)
MS4	RRC	Measurement Control (DL-DCCH)
MS2	RRC	Measurement Report (UL-DCCH)

Message Details

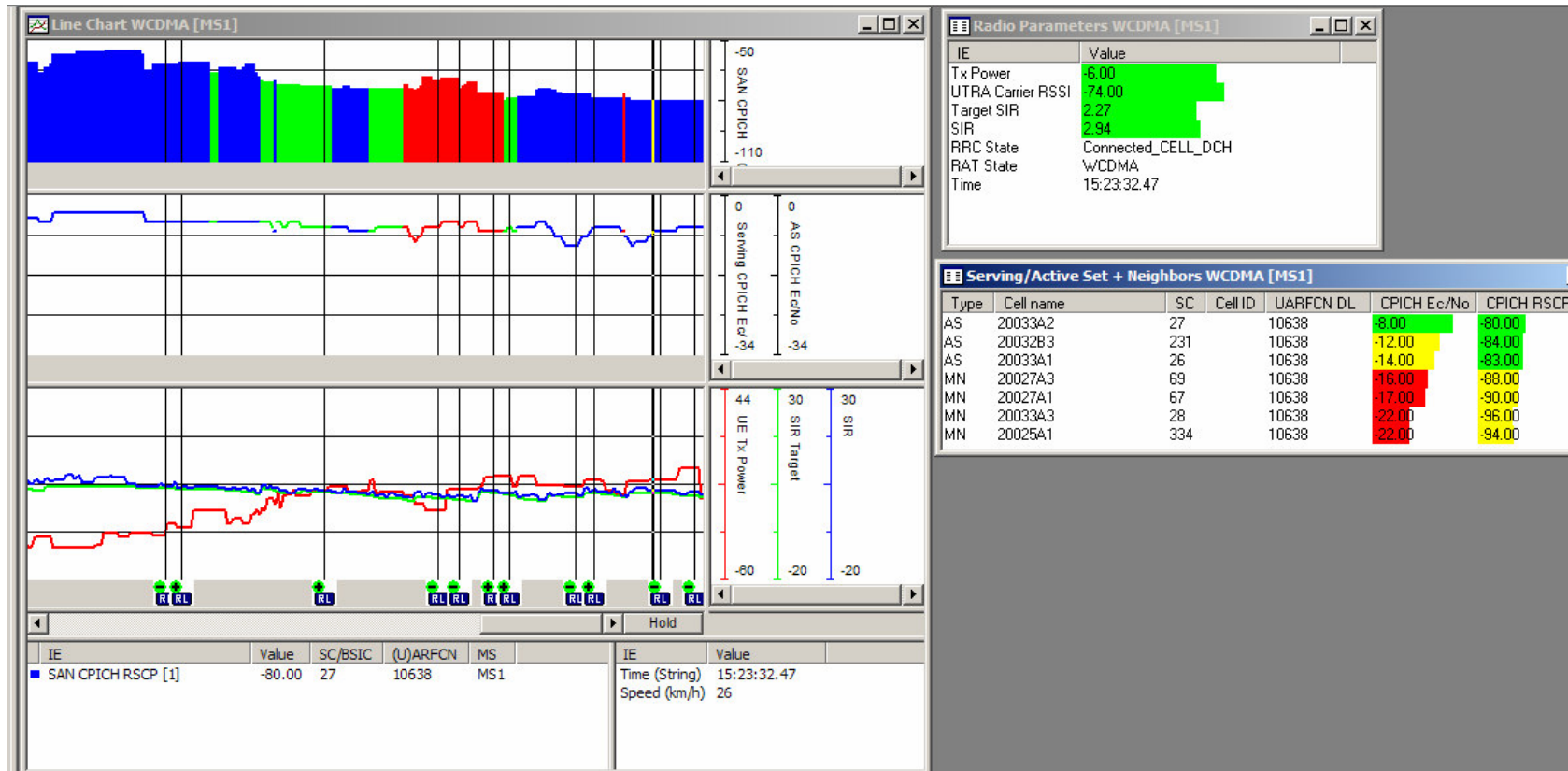
MS1
Active Set Update Complete (UL-DCCH)

Time: 15:25:24.17
Frame number: 266386

RbId : 2
integrityCheckInfo
messageAuthenticationCode
Binary string (Bin) : 01000010011011000000000001011011
rrc-MessageSequenceNumber : 0
rrc-TransactionIdentifier : 3

Message dump (Hex):
A1 36 00 2D 80 03

Şekil 6.9. UE ile Node B'nin data transferi sırasındaki mesajlaşma raporu



Şekil 6.10. UE ile Node B'nin bağlantı sırasındaki aktarım protokol değerleri

Saha test ölçüm sonuçları yapılırken devre anahtarlama data ve paket anahtarlama data için ayrı ayrı ölçüm yapılmıştır.

6.1. Devre Anahtarlama Data İçin Test ve Ölçüm Sonuçları

Sahada yapılmış olan ölçüm ve analizlerle UE datalarına dayalı devre anahtarlama data için RSCP ve Ec/No değerlerine karşın hücre ölçümlerinin yüzdesel dağılımı Çizelge 6.6’da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Pilot kapsama dağılımı (UE)

Grup	RSCP $\geq$ -92	-92 > RSCP $\geq$ -95	-95 > RSCP $\geq$ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP	Kapsama seviyesi	Yüzde
Ec/No $\geq$ -9.7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	Seviye 1	100,00
-9.7 > Ec / No $\geq$ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No $\geq$ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	Toplam	100,00

6.1.1. Devre anahtarlama data için saha ölçüm RF analizleri

Kapsama seviyesi analizi

Kapsama seviyesi için dört seviyede analiz yapılmıştır. Analiz için seçilen pilot bölgede kullanılan seviyeler Çizelge 6.7’de verilmiştir. Burada Seviye 1 en iyi kapsama alanını, Seviye 4 ise en kötü kapsama alanını göstermektedir.

Çizelge 6.7. Pilot kapsama seviyeleri (tarayıcı)

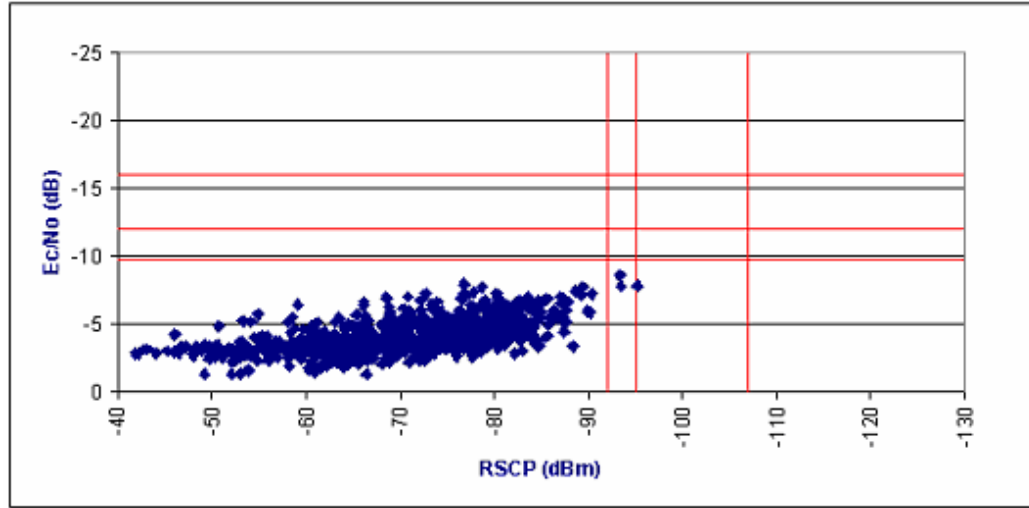
Pilot Kapsama Seviyesi	Şartlar
Seviye 1	$E_c/N_o \geq -9,7$ dB ve $RSCP \geq -92$ dBm
Seviye 2	$(E_c/N_o \geq -12$ dB ve $RSCP \geq -95$ dBm) ve $(E_c/N_o < -9,7$ dB veya $RSCP < -92$ dBm)
Seviye 3	$(E_c/N_o \geq -16$ dB ve $RSCP \geq -107$ dBm) ve $(E_c/N_o < -12$ dB veya $RSCP < -95$ dBm)
Seviye 4	$E_c/N_o < -16$ dB veya $RSCP < -107$ dBm

Çizelge 6.8’de RSCP ve E_c/N_o değerlerine karşın hücre ölçümlerinin yüzdesel dağılımı görülmektedir.

Çizelge 6.8. UE’den alınan 2621 örneğe göre pilot kapsama dağılımı

Grup	$RSCP \geq -92$	$-92 > RSCP \geq -95$	$-95 > RSCP \geq -107$	$RSCP < -107$	Bazı RSCP	Kapsama Seviyesi	Yüzde
$E_c/N_o \geq -9,7$	98,86	0,42	0,23	0,00	99,51	Seviye 1	98,86
$-9,7 > E_c / N_o \geq -12$	0,31	0,08	0,04	0,00	0,43	Seviye 2	0,81
$-12 > E_c / N_o \geq -16$	0,04	0,00	0,04	0,00	0,08	Seviye 3	0,35
$E_c/N_o < -16$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Seviye 4	0,00
Bazı E_c/N_o	99,21	0,50	0,31	0,00	100,00	Toplam	100,00

Şekil 6.11’de ise seçilen pilot bölgenin 2621 örneğe göre alınmış kapsamasının dağılımı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Seçilen pilot bölgenin kapsama grafiği (tarayıcı)

Çizelge 6.9. Hücreye göre seçilen pilot bölgede kapsama (tarayıcı)

Karıştırma Kodu	Hücre Adı	Seviye 1 Kapsama	Seviye 2 Kapsama	Seviye 3 Kapsama	Seviye 4 Kapsama	Toplam Örnek	Yüzde
2	22117T2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	1	0,04
13	78129A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	156	5,95
21	78067Y1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	7	0,27
26	20033A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	33	1,26
27	20033A2 [10638]	98,15	1,39	0,46	0,00	216	8,24
28	20033A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	8	0,31
29	20040A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	128	4,88
30	20040A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	3	0,11
31	20040A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	64	2,44
33	20381Y2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	12	0,46
36	20049Y3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	48	1,83
40	20028A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	3	0,11
41	20028A2 [10638]	85,71	14,29	0,00	0,00	7	0,27
42	20028A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	59	2,25
49	78133A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	131	5,00
57	78140D3 [10638]	97,96	1,02	1,02	0,00	98	3,74
67	20027A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	23	0,88

Çizelge 6.9. (Devam) Hücreye göre seçilen pilot bölgede kapsama (tarayıcı)

Karıştırma Kodu	Hücre Adı	Seviye 1 Kapsama	Seviye 2 Kapsama	Seviye 3 Kapsama	Seviye 4 Kapsama	Toplam Örnek	Yüzde
68	20027A2 [10638]	83,33	16,67	0,00	0,00	6	0,23
77	78081A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	14	0,53
85	78063Z1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	41	1,56
199	20029A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	92	3,51
200	20029A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	17	0,65
201	20029A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	229	8,74
202	20039A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	267	10,19
203	20039A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	201	7,67
204	20039A3 [10638]	97,22	2,78	0,00	0,00	144	5,49
218	78378A2 [10638]	41,18	47,06	11,76	0,00	17	0,65
221	78018A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	36	1,37
225	78070A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	2	0,08
230	20032B2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	1	0,04
231	20032B3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	115	4,39
241	22188T2 [10638]	94,12	5,88	0,00	0,00	17	0,65
245	20042A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	111	4,24
246	20042A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	39	1,49
253	22065A3 [10638]	97,06	0,00	2,94	0,00	68	2,59
261	78118B1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	17	0,65
275	20037C2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	17	0,65
285	20038Y1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	7	0,27
288	20146A1 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	1	0,04
290	20146A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	2	0,08
301	22075A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	1	0,04
311	20036C2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	1	0,04
335	20025A2 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	62	2,37
336	20025A3 [10638]	100,00	0,00	0,00	0,00	24	0,92
345	76400A1,76371B3,... [10638]	93,33	2,67	4,00	0,00	75	2,86
	Grup Seviye	98,86	0,80	0,34	0,00	2621	100,00

Pilot kapsama kirliliği

Seçilen pilot bölgedeki kapsama kirliliği, diğer sinyallere göre en iyi servis veren hücrenin E_c/N_o değeridir.

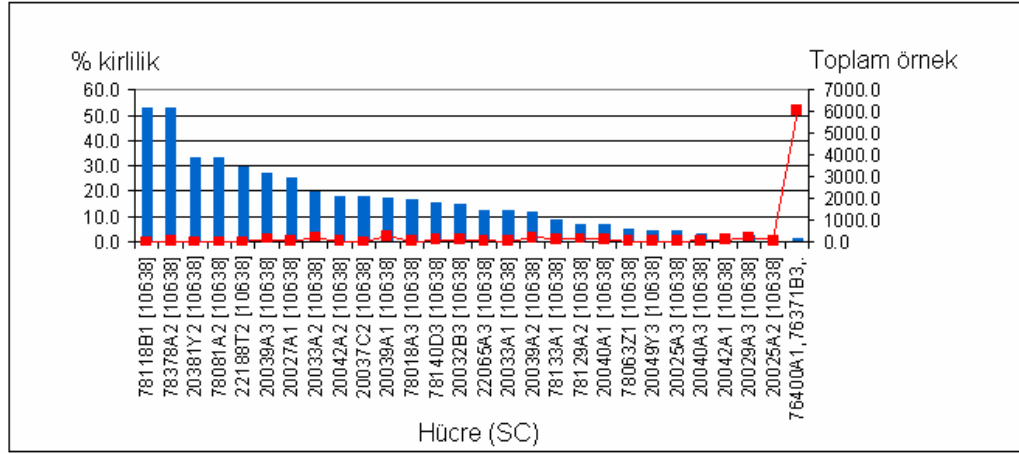
Herbir ölçüm noktasında Eş. 6.1 ile verilen şartlarda tespit edilen CPICH değerleri hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} E_c/N_o. \text{ hücre SC} &\geq E_c/N_o \text{ yi servis veren hücre SC} - 5 \text{ dB ve} \\ RSCP_n. \text{ hücre SC} &\geq -107 \text{ dB} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Şekil 6.12 hücreden-hücreye seçilen pilot bölgedeki kapsama kirliliğini göstermektedir. Hücre sayılarına göre ölçüm örneklerinin analizi Çizelge 6.10'da verilmiştir. Burada SC değeri hücre sayısını ifade etmektedir.

Çizelge 6.10. Seçilen pilot bölgedeki hücre sayılarının dağılımı (tarayıcı)

Hücre Sayısı	Örnek Sayısı	Yüzde	Seçilen Pilot Bölgenin Kirliliği %
Bir SC	407	15,5	
İki SC	1398	53,3	
Üç SC	471	18,0	
Dört SC	227	8,7	8,7
Beş SC	82	3,1	3,1
Altı SC	31	1,2	1,2
Yedi SC	5	0,2	0,2
Sekiz SC	0	0,0	0,0
Dokuz SC	0	0,0	0,0
On SC	0	0,0	0,0
Toplam SC	2621	100,0	13,2



Şekil 6.12. Hücreye göre kirlilik dağılımı (tarayıcı)

Seçilen pilot bölgedeki hücre kapsama analizi

Seçilen her bir hücre için kapsama istatistikleri Ek-2’de listelenmiştir.

Hareketlilik ve yumuşak geçiş analizi

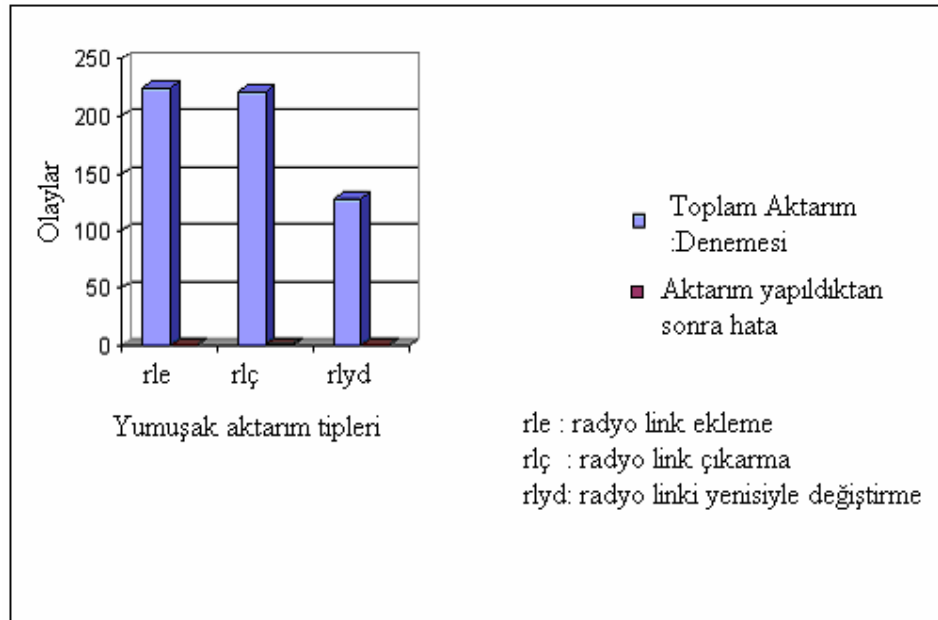
Seçilen bölgede UE’nin hareketi sırasında Node B’ler arasında üç çeşit aktarımın meydana geldiği görülmüştür. Bu aktarımlar yeni radyo link aktarımları, ilave radyo link aktarımları ve mevcut radyo linklerden bazılarının kaldırılmasıdır.

Hareketlilik, aktarım başarı oranları olarak tanımlanmaktadır. UE’nin Node B’lere göre yumuşak aktarımı sırasındaki grup-seviye istatistikleri Çizelge 6.11’de verilmiştir.

Çizelge 6.11. Grup-seviye yumuşak aktarım performansı

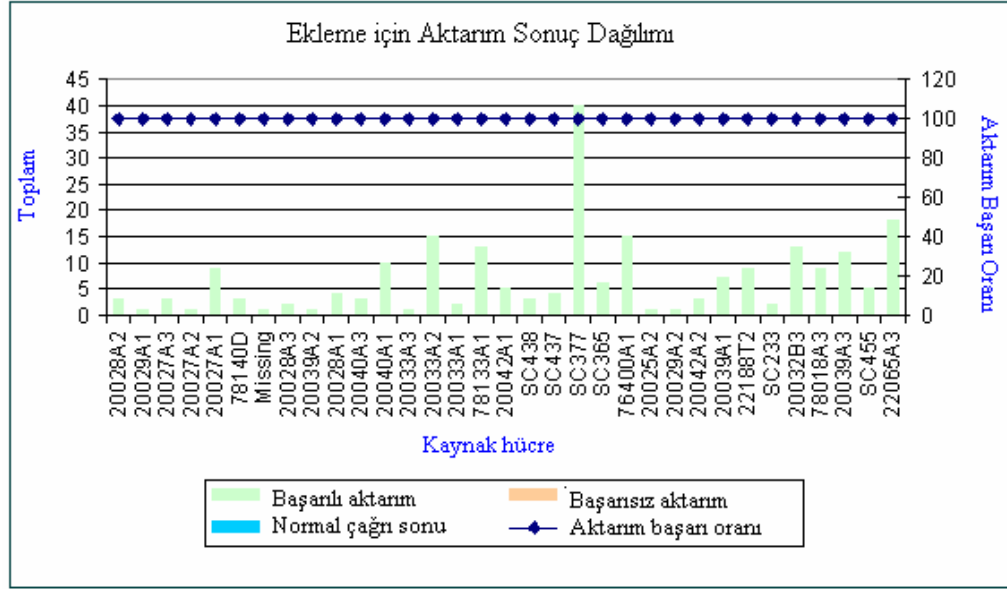
CS Yumuşak Aktarım İstatistikleri	İlave	Kaldırma	Yer Değiştirme	Toplam
Toplam Başarılı Aktarım Tamamlaması	225 (39%)	221 (39%)	128 (22%)	574 (100%)
Toplam Başarılı Aktarım Yapılması	225 (39%)	222 (39%)	128 (22%)	575 (100%)
Toplam Aktarım Boyunca Çağrı Kesilmesi	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	1 (100%)
Toplam Aktarım Hataları	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	1 (100%)
Aktarım Başarı Oranı				100.0%

Şekil 6.13’de UE bazlı radyo link eklemesi, çıkarması ve yerdeğişim aktarım denemelerinin herbiri için ayrıntılı hata tanımları gösterilmiştir.



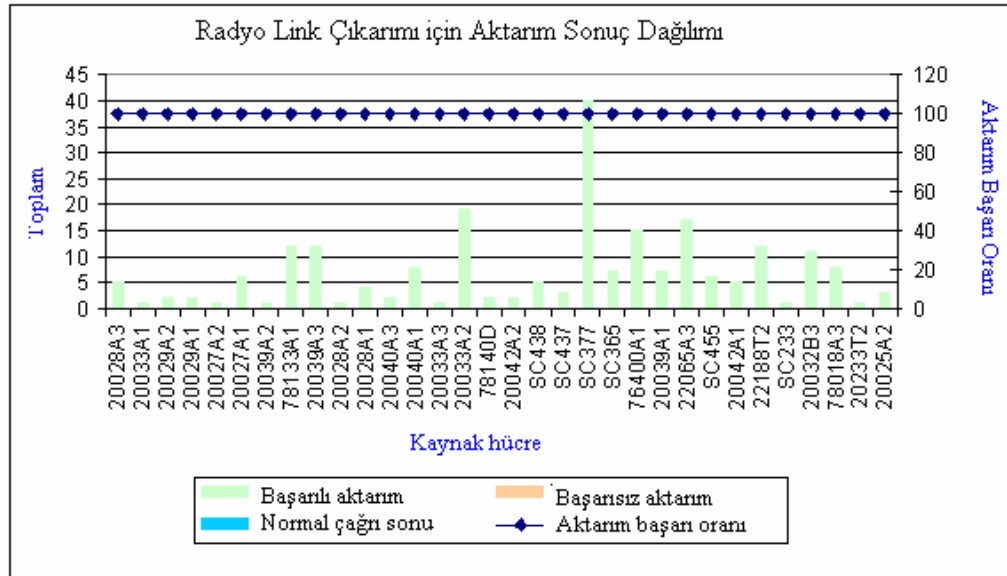
Şekil 6.13. Aktarım denemeleri şekilleri

Şekil 6.14’de herbir kaynak hücre için denenmiş radyo link eklemelerinin başarı oranları gösterilmiştir.



Şekil 6.14. Radyo link eklemesi için aktarım sonuçları

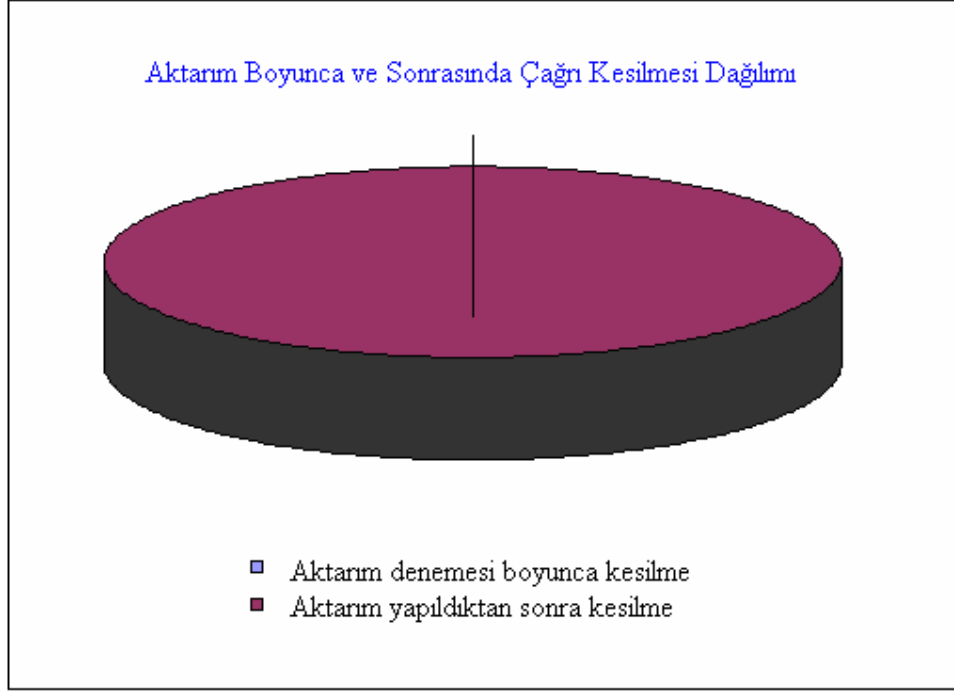
Şekil 6.15’de her bir kaynak hücre için denenmiş radyo link çıkarmalarının başarı oranları gösterilmiştir.



Şekil 6.15. Radyo link çıkarması için aktarım sonuçları

Aktarım denemesinden sonra çağrı kesilmesi

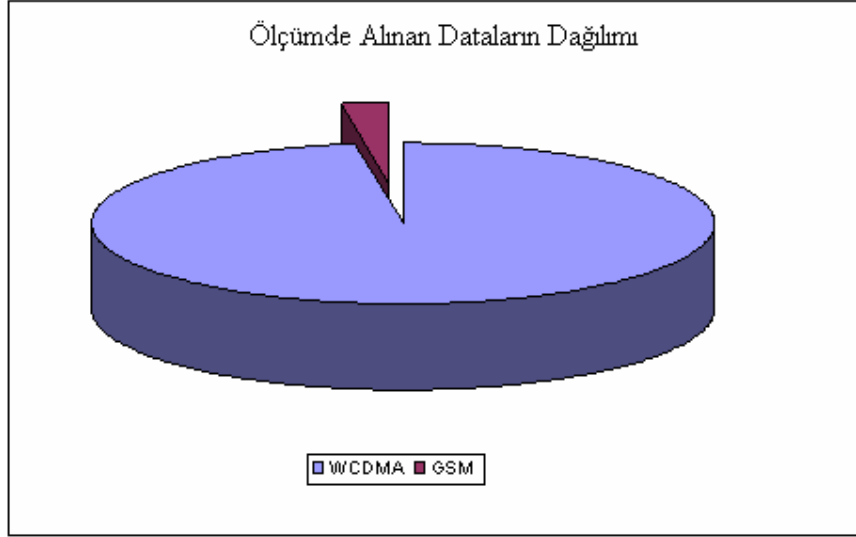
Başarısız aktarımlar bazen çağrı kesilmesine sebep olabilmektedir. Şekil 6.16'da aktarım boyunca ve sonrasında çağrı kesilme oranlarını göstermektedir.



Şekil 6.16. Aktarım boyunca ve sonrasında çağrı kesilme oranları

6.2. Paket Anahtarlama İçin Test ve Ölçüm Sonuçları

Sahada yapılan ölçümlerde GSM ve WCDMA teknolojileri arasındaki ölçüm dağılımları Şekil 6.17'de verilmiştir.



Şekil 6.17. Ölçümde alınan dataların dağılımı

6.2.1. Paket anahtarlamalı data için saha ölçüm RF analizleri

Kapsama

Çizelge 6.12 Kapsama Seviyesine karşın hücre ölçümlerinin yüzdesel dağılımını göstermektedir. Datalar 2182 örnek sayısı kullanılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 6.12. Seçilen pilot bölgedeki kapsama dağılımı (UE)

Grup	RSCP >= -92	-92> RSCP >= -95	-95> RSCP >= -107	RSCP < -107	Bazı RSCP	Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No >= -9.7	95,00	0,87	1,51	0,00	97,38	Seviye 1	95,00
-9.7 > Ec / No >= -12	0,82	0,60	0,41	0,00	1,83	Seviye 2	2,29
-12 > Ec / No >= -16	0,32	0,27	0,00	0,00	0,59	Seviye 3	2,51
Ec/No < -16	0,05	0,00	0,14	0,00	0,19	Seviye 4	0,19
Bazı Ec/No	96,19	1,74	2,06	0,00	100,00	Toplam	100,00

Erişebilirlik

Paket anahtarlama sistemde erişebilirlik sürücü testi boyunca PDP bağlam aktivasyonları, PS ekleri ve RAS sınıflandırmaları ve sayıları ile belirlenir. Grup hücrelerin uplink erişebilirlik performansı her bir pilot kapsama seviyesi için Çizelge 6.13’de verilmiştir.

Çizelge 6.13. Grup-seviye PS erişebilirlik istatistikleri

PS Data Erişebilirlik İstatistikleri	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Data yokken	Toplam
Toplam PS RAS Dialup	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	13 (100%)	13 (100%)
Toplam PS RAS Dialup Başarı	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	13 (100%)	13 (100%)
Toplam PS Ekleme	0	0	0	0	0	0
Toplam PS Ekleme Hatası	0	0	0	0	0	0
Toplam PDP Bağlam Aktivasyonu	11 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (100%)
Toplam PDP Bağlam Reddi	0	0	0	0	0	0
PS RAS Dialup Başarı Oranı	■	■	■	■	■	100.0%
PS Ekleme Başarı Oranı	■	■	■	■	■	0.0%
PDP Bağlam Aktivasyon Başarı Oranı	■	■	■	■	■	100.0%

İş/Zaman Oranı

İyi servis iş/zaman oranı

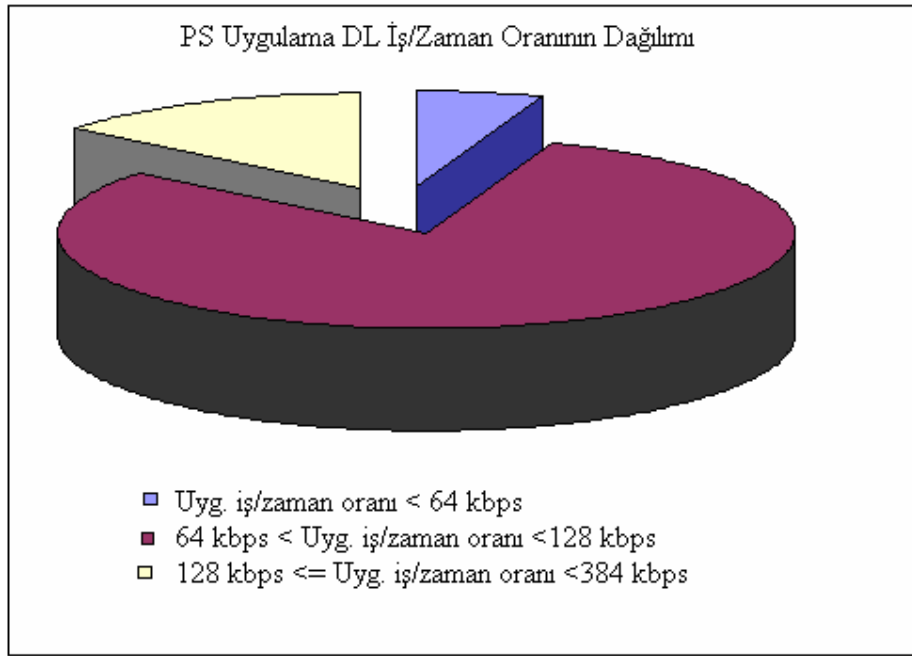
Çizelge 6.14 hücre başına Uygulama İş/zaman oranı ve RLC/taşıma kanalı (düşük seviye) İş/zaman oranını göstermektedir. Düşük-seviye İş/zaman oranı farklı el cihazları için farklı olarak ölçülmüştür.

Çizelge 6.14. İyi server iş/zaman oranı

İyi Server	SC	RLC DL İş/zaman oranı Ort.	Uygulama DL İş/zaman oranı Ort.	RLC UL İş/zaman oranı Ort.	Uygulama UL İş/zaman oranı Ort.	SF>= 32	SF >= 16	SF >= 8
n/a	204	66,00	99,00	4,00	0,00	0,00	66,00	0,00
n/a	204	53,80	93,00	5,50	0,00	0,00	21,00	0,00
n/a	204	0,00	64,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n/a	204	78,00	64,00	6,00	0,00	0,00	78,00	0,00
20039A1 [10638]	202	134,00	105,00	9,00	0,00	0,00	134,00	0,00
n/a	204	63,00	93,00	4,00	0,00	0,00	7,00	0,00
20025A2 [10638]	335	78,50	64,00	4,50	0,00	0,00	64,00	0,00
n/a	31	0,00	157,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20039A1 [10638]	202	134,00	122,00	8,00	0,00	0,00	134,00	0,00
20025A2 [10638]	335	83,00	64,00	7,00	0,00	0,00	21,00	0,00
20039A1 [10638]	202	134,00	116,00	10,00	0,00	0,00	134,00	0,00
n/a	31	214,00	175,00	12,00	0,00	0,00	0,00	36,00
20039A1 [10638]	202	134,00	151,00	8,00	0,00	0,00	134,00	0,00
20025A2 [10638]	335	0,00	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20039A1 [10638]	202	127,67	122,00	8,67	0,00	0,00	115,00	0,00
n/a	31	0,00	181,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20025A2 [10638]	335	27,00	52,00	4,00	0,00	0,00	27,00	0,00
n/a	31	210,00	204,00	11,00	0,00	0,00	0,00	21,00
20025A2 [10638]	335	16,00	87,00	1,00	0,00	0,00	16,00	0,00
20039A1 [10638]	202	121,00	87,00	8,00	0,00	0,00	121,00	0,00
20039A1 [10638]	202	134,00	105,00	11,00	0,00	0,00	134,00	0,00
20025A2 [10638]	335	78,33	105,00	5,00	0,00	0,00	24,00	0,00
n/a	31	152,00	163,00	8,00	0,00	0,00	0,00	30,00
20025A2 [10638]	335	0,00	140,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20039A1 [10638]	202	134,00	105,00	9,00	0,00	0,00	134,00	0,00
n/a	31	105,40	186,00	6,20	0,00	0,00	0,00	38,00
20025A2 [10638]	335	0,00	116,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20039A1 [10638]	202	0,00	87,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Uygulama katmanı iş/zaman oranı

Şekil 6.18, Şekil 6.19, Çizelge 6.15, Çizelge 6.16 Uygulama İş/zaman oranı dağılımını göstermektedir.



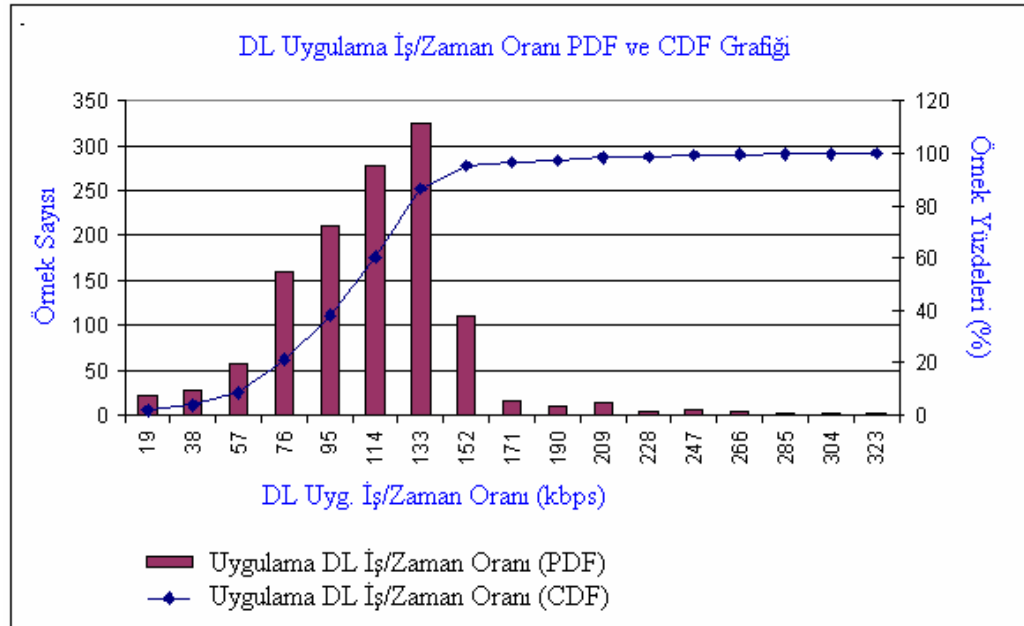
Şekil 6.18. PS uygulama-seviye downlink iş/zaman oranı

Çizelge 6.15. PS uygulama-seviye iş/zaman oranı istatistikleri

PS Uygulama İş/zaman oranı İstatistikleri	Min (kbps)	Ortalama (kbps)	Max (kbps)
Ortalama Uygulama Downlink	5,0	104,3	332,0
Ortalama Uygulama Uplink	0,0	0,0	0,0
Orta Uygulama Downlink İş/zaman oranı (Yaygınlaştırma faktörü = 32)	5,0	98,7	156,0
Orta Uygulama Downlink İş/zaman oranı (Yaygınlaştırma faktörü = 16)	5,0	98,4	233,0
Orta Uygulama Downlink İş/zaman oranı (Yaygınlaştırma faktörü = 8)	5,0	153,9	315,0

Çizelge 6.16. Ec/No değerlerine göre PS uygulama-seviye iş/zaman oranı

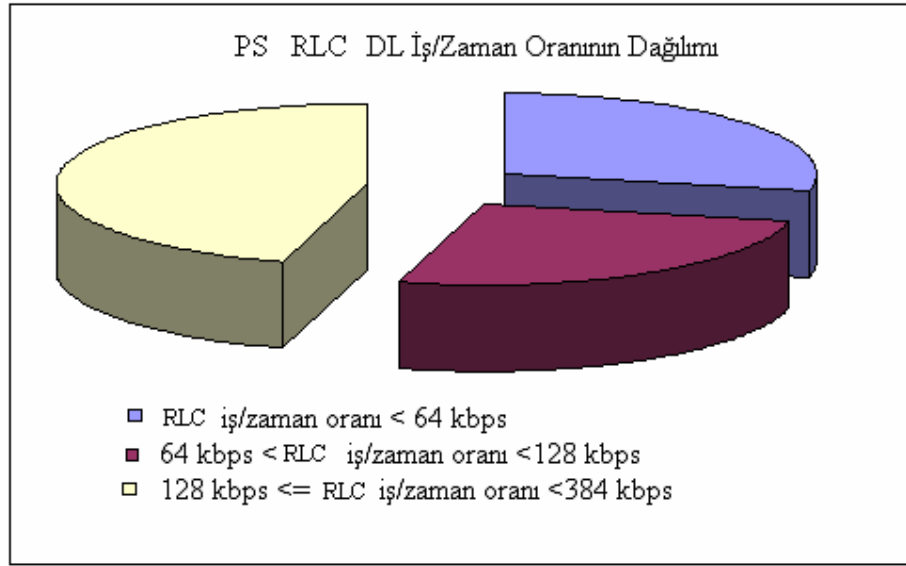
	Uyg. İş/zaman oranı DL Orta ≤ 64 kbps	64 kbps < Uyg. İş/zaman oranı DL Orta ≤ 128 kbps	128 kbps < Uyg. İş/zaman oranı DL Orta	Bazı Uyg. İş/zaman oranı DL Orta
Ec/No ≥ -9.7	100,68	98,73	153,85	117,75
$-9.7 > \text{Ec} / \text{No} \geq -12$	0,00	88,37	0,00	88,37
$-12 > \text{Ec} / \text{No} \geq -16$	0,00	0,00	0,00	0,00
Ec/No < -16	40,00	61,00	0,00	50,50
Bazı Ec/No	98,71	98,44	153,85	117,00



Şekil 6.19. DL uygulama-seviye iş/zaman oranı, PDF ve CDF

RLC/Taşıma kanalı iş/zaman oranı

Şekil 6.20, Şekil 6.21 ve Şekil 6.22 ile Çizelge 6.17 ve Çizelge 6.18 RLC/Taşıma Kanalı (düşük-seviye) İş/zaman oranını göstermektedir.



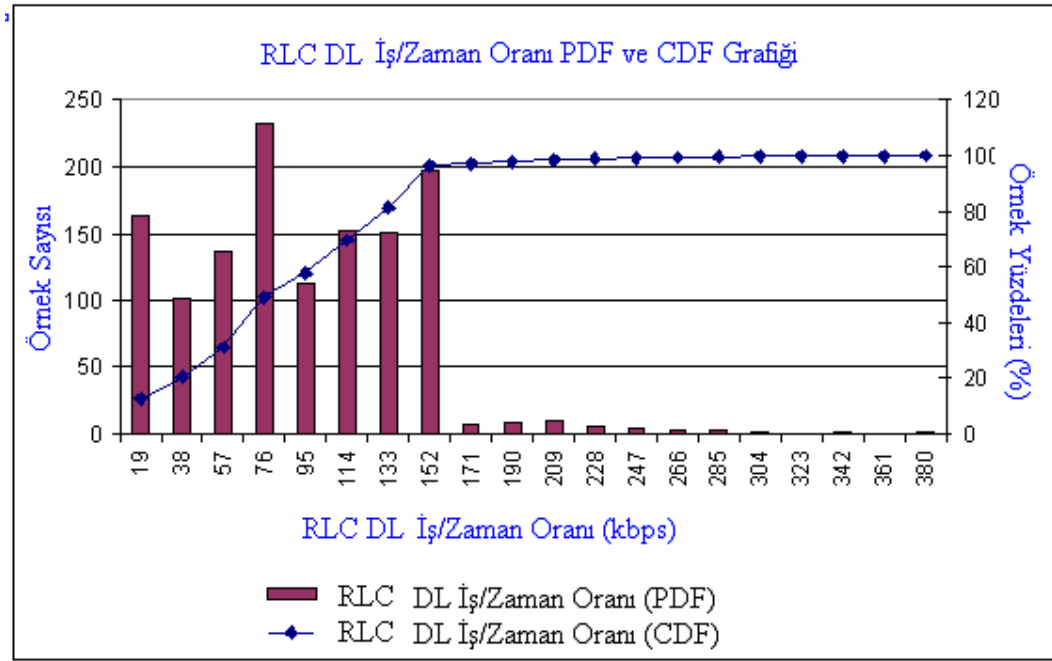
Şekil 6.20. PS RLC Downlink iş/zaman oranı

Çizelge 6.17. RLC/Taşıma Kanalı iş/zaman oranı istatistikleri

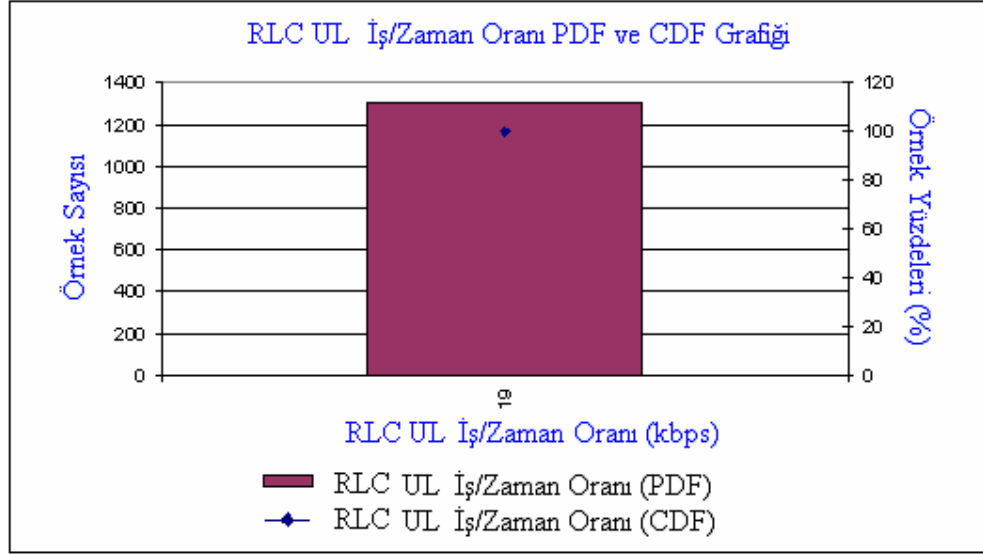
PS RLC İş/zaman oranı İstatistikleri	Min (kbps)	Ortalama (kbps)	Max (kbps)
Ortalama RLC Downlink İş/zaman oranı	1,0	82,8	369,0
Ortalama RLC Uplink İş/zaman oranı	1,0	6,2	19,0
Orta RLC Downlink İş/zaman oranı (Yaygınlaştırma faktörü = 32)	1,0	72,8	134,0
Orta RLC Downlink İş/zaman oranı (Yaygınlaştırma faktörü = 16)	1,0	68,0	137,0
Orta RLC Downlink İş/zaman oranı (Yaygınlaştırma faktörü = 8)	1,0	117,2	369,0

Çizelge 6.18. Ec/No değerlerine göre PS RLC/taşıma kanalı iş/zaman oranı

	RLC İş/zaman oranı DL Orta <= 64 kbps	64 kbps<RLC İş/zaman oranı DL Orta <= 128 kbps	128 kbps<RLC İş/zaman oranı DL Orta	Bazı RLC İş/zaman oranı DL Orta
$Ec/No \geq -9.7$	73,69	68,25	116,44	86,13
$-9.7 > Ec / No \geq -12$	0,00	40,36	189,00	114,68
$-12 > Ec / No \geq -16$	67,00	112,00	0,00	89,50
$Ec/No < -16$	14,00	134,00	0,00	74,00
Bazı Ec/No	72,78	68,02	117,16	85,99



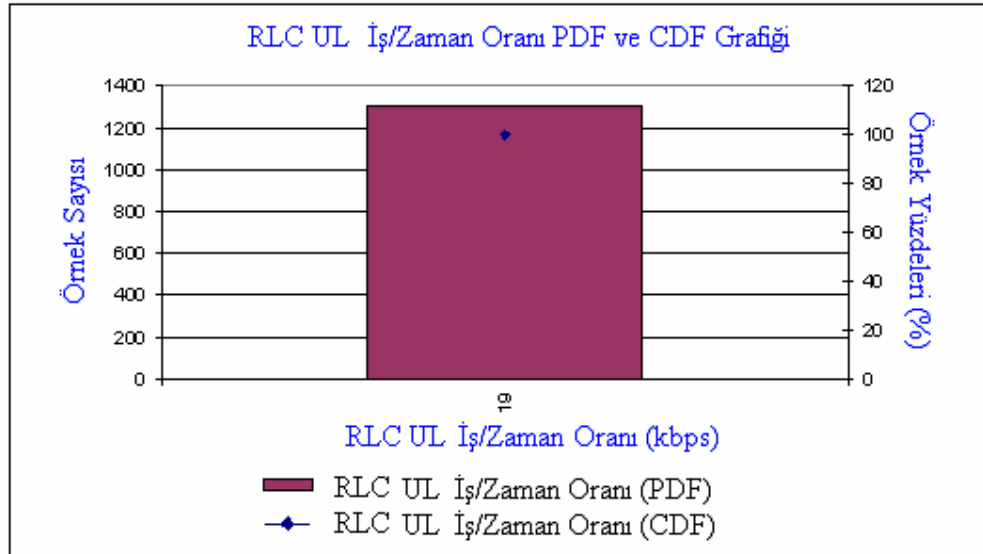
Şekil 6.21. RLC/Taşıma Kanalı DL iş/zaman oranı, PDF ve CDF



Şekil 6.22. RLC/Taşıma kanalı DL iş/zaman oranı, PDF ve CDF

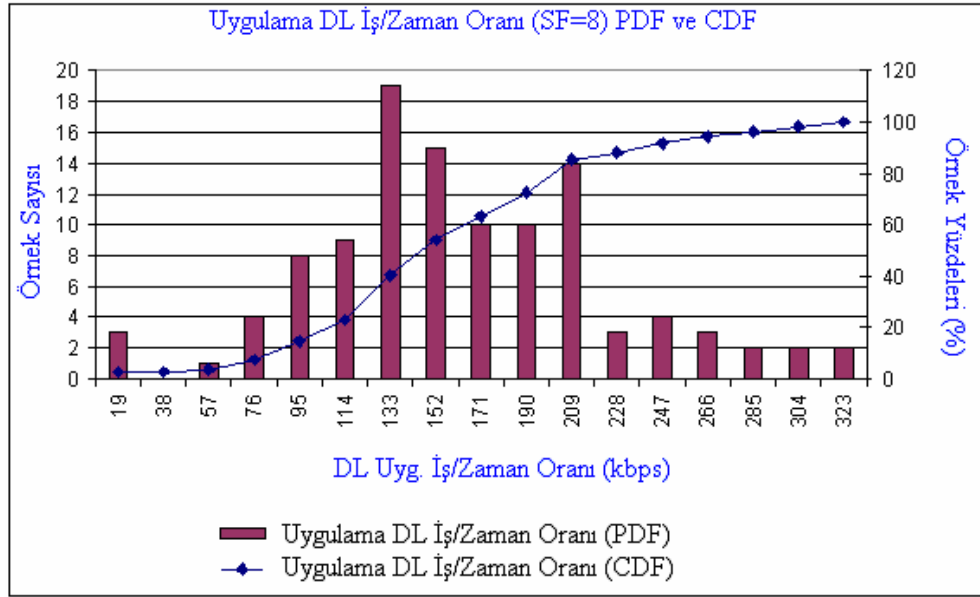
Yaygınlaştırma Faktörü Kullanımı

Yaygınlaştırma faktörü kullanım dağılımı Şekil 6.23’de verilmiştir.

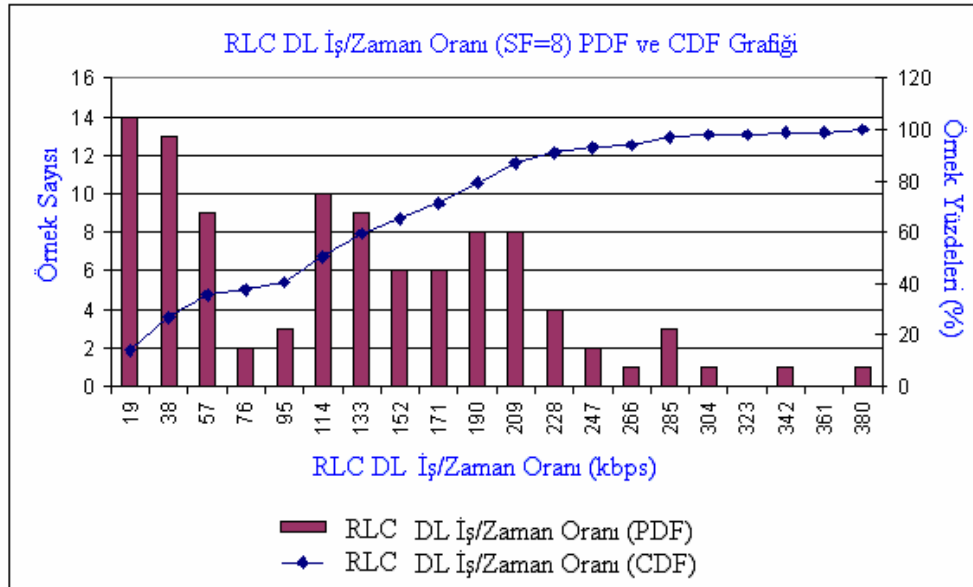


Şekil 6.23. PS yaygınlaştırma faktörü kullanımı

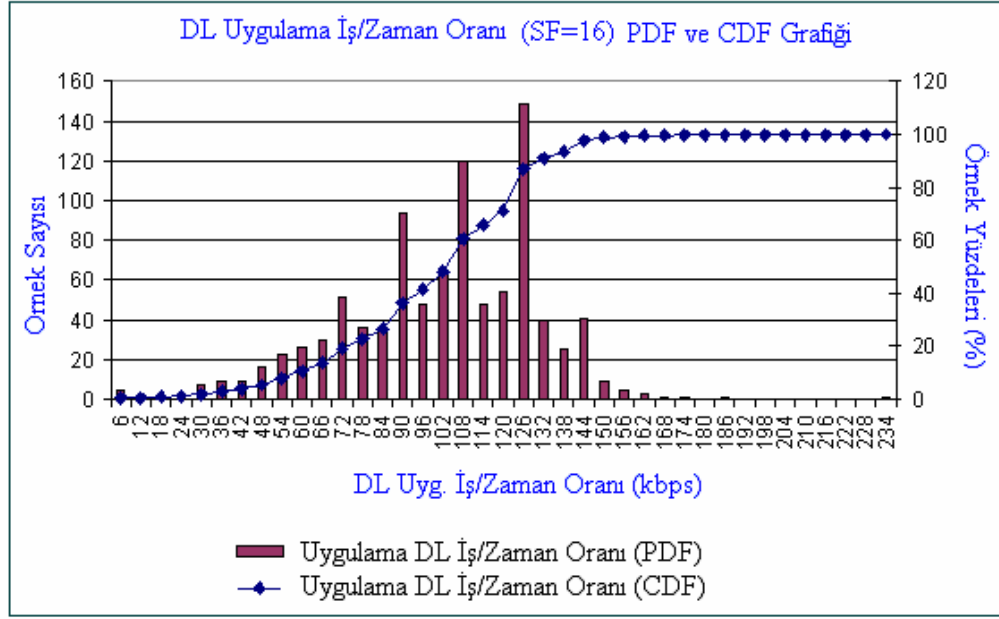
Farklı yaygınlaştırma faktörü değerlerine göre Uygulama-katmanı ve RLC/Taşıma Kanalı için İş/zaman oranları grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 6.24-6.25-6.26-6.27-6.28-6.29).



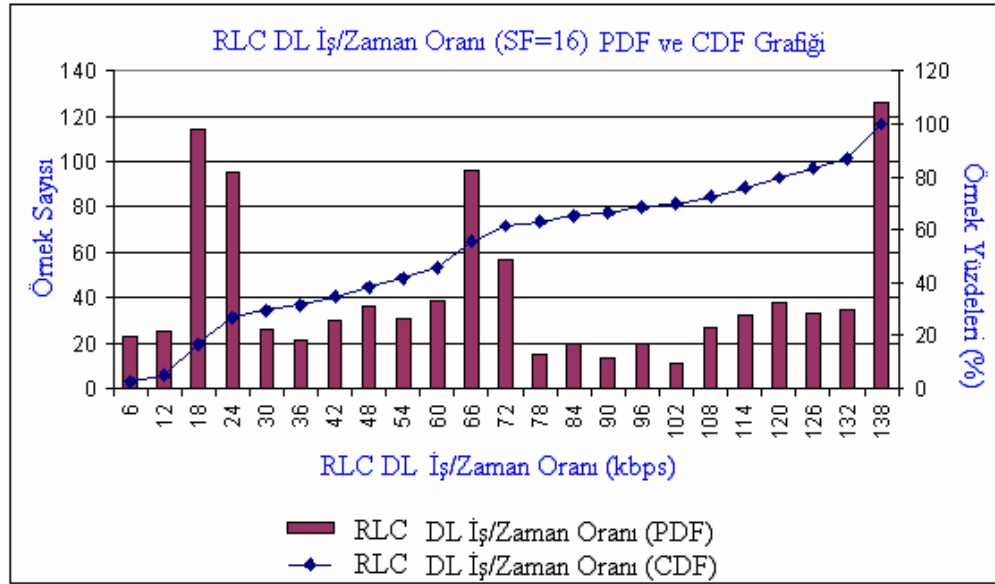
Şekil 6.24. Uygulama-katmanı DL iş/zaman oranı (SF=8), PDF ve CDF



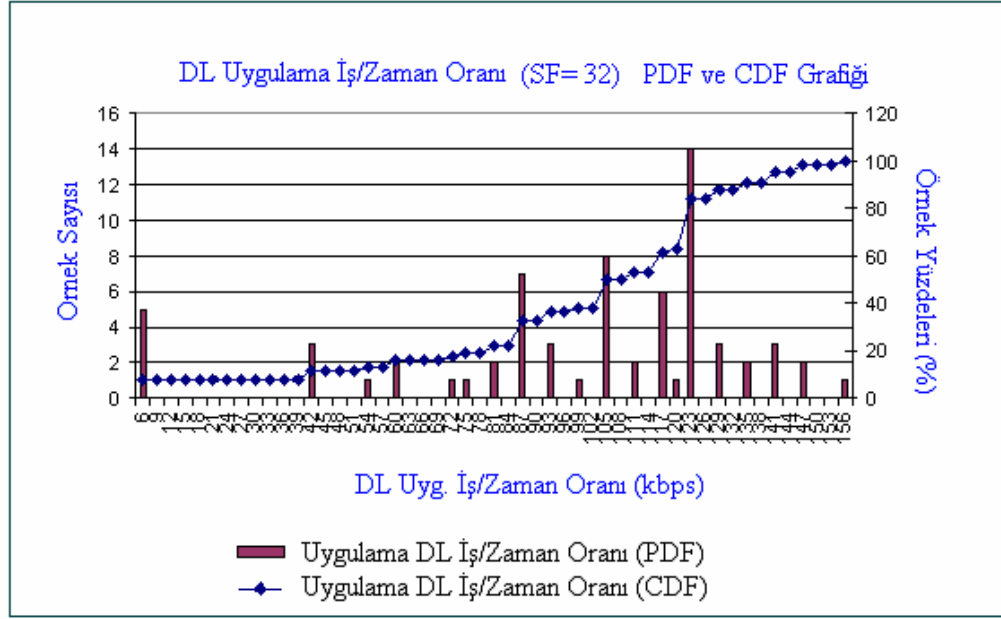
Şekil 6.25. RLC DL iş/zaman oranı (SF=8), PDF ve CDF



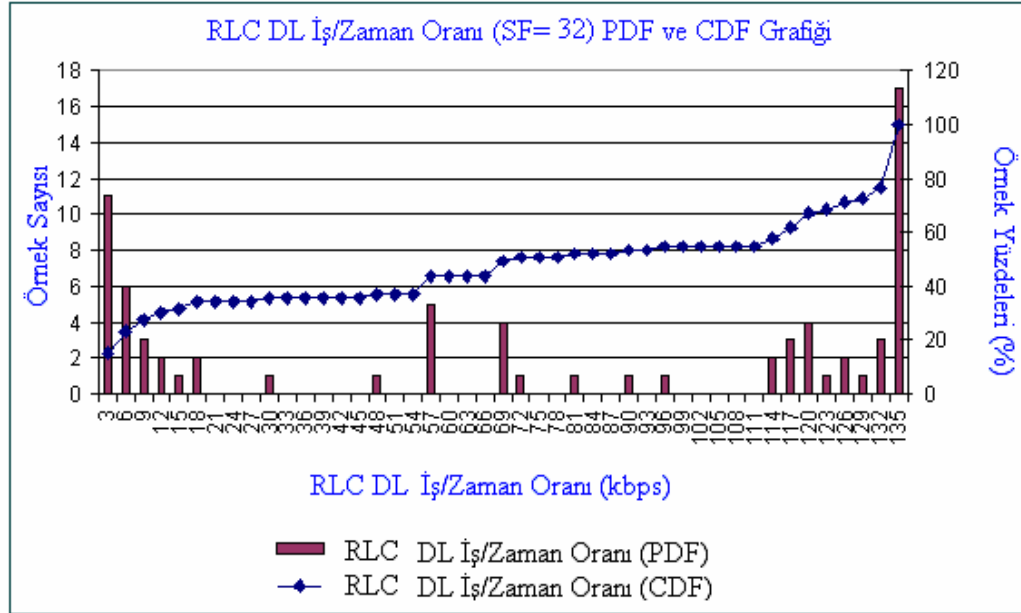
Şekil 6.26. Uygulama-katmanı DL iş/zaman oranı (SF=16), PDF ve CDF



Şekil 6.27. RLC DL iş/zaman oranı (SF=16), PDF ve CDF



Şekil 6.28. Uygulama-katmanı DL iş/zaman oranı (SF=32), PDF ve CDF



Şekil 6.29. RLC DL iş/zaman oranı (SF=32), PDF ve CDF

7. SONUÇ

Mobil haberleşme sistemleri ilk olarak Bell laboratuvarında geliştirilmiş ve günümüze kadar oldukça gelişim göstermiştir. İlk olarak birinci nesil olarak adlandırılan analog mobil haberleşme sistemleri kullanılmaya başlanmış daha sonra ise sayısal sistemleri kullanan ikinci nesile geçilmiştir. GSM mobil sistemlerinde kullanılan modülasyon tekniği ses datasının 12,2Kbps hızla iletimini sağlamıştır. Zaman içerisinde GPRS ve EDGE teknikleri kullanılarak data iletimine olanak sağlanmıştır. GSM’de data iletimi için geliştirilen GPRS ve EDGE beklenen performansı gösterememiştir. Mobil haberleşmede data iletim hızını sınırlayan en büyük neden 200KHz band genişliğinin kullanılması ve kullanılan modülasyon tekniği nedeni ile kullanıcı sayısının sınırlı ve kaynak kullanım verimliliğinin düşük olmasıdır. Bu nedenlerden dolayı geniş band mobil haberleşme teknikleri geliştirilmiştir.

Günümüzde üçüncü nesil olarak adlandırılan UMTS teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte ses datasına ilave olarak gerçek zamanlı hareketli görüntü iletimi mümkün olmuştur. Genişband haberleşme sistemi olarak adlandırılan UMTS’te W-CDMA, cdma2000 gibi teknikler kullanılmaktadır.

Yapılan bu çalışmada mobil haberleşme sistemlerinin gelişim süreci incelenmiş, gelişim sürecinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları araştırılmıştır. Üçüncü nesil mobil haberleşme sistemleri hakkında ayrıntılı bilgi verilerek W-CDMA tekniğinin gerçek ortamda performans testleri yapılmıştır. Yapılan inceleme sonucunda download hızı 384Kbps, ses aktarım hızı 12,2Kbps, mobilin 100 km/h hızında 144Kbps data hızına ve kapalı alanda 2Mbps hızına ulaşabildiği gözlenmiştir.

W-CDMA tekniğinde 5MHz band genişliğinde 2Mbps data iletim hızına ulaşılabilmektedir. Bununla birlikte kullanılan kodlama tekniği nedeniyle SIR değerinin GSM’e göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde önümüzdeki yıllarda 10Mbps data iletim hızına ulaşmanın mümkün olduğu görülmüştür. Günümüzde gelişmiş ülkelerde IP tabanlı

data iletimine olanak sağlayan ve 100Mbps data iletim hızına ulaşmayı mümkün kılacak dördüncü nesil çalışmaları yapılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Korhonen, J., "Introduction to 3G Mobile communications 2nd ed.", **Artech House**, London, 1-5, 49-70 (2003).
2. Proje Yönetim Direktörlüğü, "Üçüncü Nesil Mobil Haberleşme Sistemlerine Geçiş ve UMTS", **Telsim A.Ş.**, İstanbul, 16-30, 38-45 (2001).
3. Watkins, D. A., "Overview and Comparison of GSM, GPRS and UMTS", **Virginia Tech**, Virginia, 7-15 (2000).
4. Darıcı, A., "3. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri", Uzmanlık Tezi, **Telekomünikasyon Kurumu**, Ankara, 33-35 (2002).
5. Wallin, R., "Boosting of 3G Communication Tests in Hardware", M. Sc. Thesis, **Chalmers University of Technology Department of Signals and Systems**, Goteborg, 19-20 (2003).
6. Gudmundson, B., Sköld, J., Ugland, J. K., "A Comparison of CDMA and TDMA Systems", **Ericsson Radio Systems**, Stockholm, 732-735 (1992).
7. Wesolowski, K., "Mobile Communication Systems", **John Wiley&Sons Ltd.**, England, 387-395 (2002).
8. Holma, H., Toskola, A., "WCDMA for UMTS, Radio access for Third Generation Mobile Communication Revised ed.", **John Wiley&Sons Ltd.**, England, 70-83 (2001).
9. Candan, M. M., "Üçüncü Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri için Türkiye'de Uygulanacak Frekans Bandı, Lisans, Servisler, Uygulamalar ve Ülkemizdeki Durumu", Uzmanlık Tezi, **Telekomünikasyon Kurumu**, Ankara, 23-24 (2002).
10. Karım, M. R., Sarraf, M., "WCDMA and Cdma200 for 3G Mobile Networks", **McGraw-Hill Professional**, Newyork, 190, 205-215 (2002).
11. Jiang, Z., "WCDMA General Introduction", **Zte University**, China, 6-2 (2005).
12. Alam, F., "Simulation of Third Generation CDMA Systems", M. Sc. Thesis, **Virginia Polytechnic Institute & State University**, Virginia, 9-23 (1999).
13. Xiaomei, S., "ZXW10-RNS Training Document", **Zte University**, China, 2-1, 2-8 (2005).

EKLER

EK-1 Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1_SIR(UL)	RL1_SIR_TARGET(DL)	RL1_SIR_ERROR	RTT
2006/01/24 18:40:01:296	6,2	6	0,2	1030
2006/01/24 18:40:02:296	6,2	6	0,2	1031
2006/01/24 18:40:03:281	6,4	6	0,4	1032
2006/01/24 18:40:04:296	6,2	6	0,2	1032
2006/01/24 18:40:05:296	6,1	6	0,1	1031
2006/01/24 18:40:06:296	6,2	6	0,2	1030
2006/01/24 18:40:07:296	6,2	6	0,2	1030
2006/01/24 18:40:08:281	6,1	6	0,1	1029
2006/01/24 18:40:09:296	6,3	6	0,3	1028
2006/01/24 18:40:10:296	6,2	6	0,2	1028
2006/01/24 18:40:11:296	6,1	6	0,1	1028
2006/01/24 18:40:12:281	6,3	6	0,3	1028
2006/01/24 18:40:13:312	6	5,9	0,1	1028
2006/01/24 18:40:14:281	6,1	5,9	0,2	1028
2006/01/24 18:40:15:312	6,1	5,9	0,2	1028
2006/01/24 18:40:16:281	6	5,9	0,1	1028
2006/01/24 18:40:17:312	6,1	5,9	0,2	1029
2006/01/24 18:40:18:312	6,1	5,8	0,3	1028
2006/01/24 18:40:19:281	6	5,8	0,2	1028
2006/01/24 18:40:20:312	6	5,8	0,2	1028
2006/01/24 18:40:21:312	5,9	5,8	0,1	1028
2006/01/24 18:40:22:281	6	5,8	0,2	1028
2006/01/24 18:40:23:312	6	5,7	0,3	1028
2006/01/24 18:40:24:281	5,8	5,7	0,1	1028
2006/01/24 18:40:25:312	5,9	5,7	0,2	1028
2006/01/24 18:40:26:312	6	5,7	0,3	1028
2006/01/24 18:40:27:312	5,9	5,7	0,2	1029
2006/01/24 18:40:28:281	5,9	5,7	0,2	1028
2006/01/24 18:40:29:312	5,7	5,6	0,1	1028
2006/01/24 18:40:30:281	5,9	5,6	0,3	1028
2006/01/24 18:40:31:312	5,7	5,6	0,1	1028
2006/01/24 18:40:32:312	5,9	5,6	0,3	1028
2006/01/24 18:40:33:281	5,8	5,6	0,2	1028
2006/01/24 18:40:34:281	5,7	5,5	0,2	1028
2006/01/24 18:40:35:281	5,7	5,5	0,2	1028
2006/01/24 18:40:36:281	5,7	5,5	0,2	1028
2006/01/24 18:40:37:281	5,7	5,5	0,2	1028
2006/01/24 18:40:38:281	5,7	5,5	0,2	1028
2006/01/24 18:40:39:281	5,6	5,4	0,2	1028
2006/01/24 18:40:40:281	5,6	5,4	0,2	1028
2006/01/24 18:40:41:281	5,7	5,4	0,3	1028
2006/01/24 18:40:42:281	5,6	5,4	0,2	1028
2006/01/24 18:40:43:281	5,6	5,4	0,2	1028

EK-1 (Devam) Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1 SIR(UL)	RL1 SIR_TARGET(DL)	RL1 SIR_ERROR	RTT
2006/01/24 18:40:44:281	5,5	5,4	0,1	1028
2006/01/24 18:40:45:281	5,5	5,3	0,2	1028
2006/01/24 18:40:46:312	5,5	5,3	0,2	1028
2006/01/24 18:40:47:312	5,6	5,3	0,3	1028
2006/01/24 18:40:48:312	5,5	5,3	0,2	1028
2006/01/24 18:40:49:312	5,4	5,3	0,1	1028
2006/01/24 18:40:50:312	5,6	5,3	0,3	1028
2006/01/24 18:40:51:312	5,4	5,2	0,2	1028
2006/01/24 18:40:52:312	5,4	5,2	0,2	1028
2006/01/24 18:40:53:312	5,4	5,2	0,2	1028
2006/01/24 18:40:54:312	5,4	5,2	0,2	1028
2006/01/24 18:40:55:281	5,3	5,2	0,1	1028
2006/01/24 18:40:56:312	5,2	5,1	0,1	1028
2006/01/24 18:40:57:312	5,2	5,1	0,1	1028
2006/01/24 18:40:58:312	5,3	5,1	0,2	1028
2006/01/24 18:40:59:312	5,3	5,1	0,2	1028
2006/01/24 18:41:00:312	5,4	5,1	0,3	1028
2006/01/24 18:41:01:312	5,4	5	0,4	1028
2006/01/24 18:41:02:312	5,2	5	0,2	1028
2006/01/24 18:41:03:312	5,2	5	0,2	1028
2006/01/24 18:41:04:312	5,1	5	0,1	1028
2006/01/24 18:41:05:312	5,2	5	0,2	1028
2006/01/24 18:41:06:312	5,2	5	0,2	1028
2006/01/24 18:41:07:312	5,2	4,9	0,3	1028
2006/01/24 18:41:08:312	5	4,9	0,1	1028
2006/01/24 18:41:09:312	5,2	4,9	0,3	1028
2006/01/24 18:41:10:312	5,1	4,9	0,2	1028
2006/01/24 18:41:11:281	5,2	4,9	0,3	1028
2006/01/24 18:41:12:312	5,1	4,9	0,2	1028
2006/01/24 18:41:13:312	5,1	4,9	0,2	1028
2006/01/24 18:41:14:312	5	4,8	0,2	1028
2006/01/24 18:41:15:281	5	4,8	0,2	1028
2006/01/24 18:41:16:281	5,1	4,8	0,3	1028
2006/01/24 18:41:17:312	5,1	4,8	0,3	1028
2006/01/24 18:41:18:312	5	4,8	0,2	1028
2006/01/24 18:41:19:312	4,9	4,7	0,2	1028
2006/01/24 18:41:20:281	4,9	4,7	0,2	1028
2006/01/24 18:41:21:312	4,9	4,7	0,2	1028
2006/01/24 18:41:22:281	4,8	4,7	0,1	1028
2006/01/24 18:41:23:312	4,8	4,7	0,1	1028
2006/01/24 18:41:24:312	4,9	4,6	0,3	1028
2006/01/24 18:41:25:312	4,8	4,6	0,2	1028
2006/01/24 18:41:26:312	4,7	4,6	0,1	1028

EK-1 (Devam) Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1 SIR(UL)	RL1 SIR_TARGET(DL)	RL1 SIR_ERROR	RTT
2006/01/24 18:41:27:312	4,8	4,6	0,2	1028
2006/01/24 18:41:28:281	4,8	4,6	0,2	1029
2006/01/24 18:41:29:281	4,8	4,6	0,2	1029
2006/01/24 18:41:30:312	4,6	4,5	0,1	1028
2006/01/24 18:41:31:281	4,8	4,5	0,3	1028
2006/01/24 18:41:32:281	4,6	4,5	0,1	1029
2006/01/24 18:41:33:281	4,6	4,5	0,1	1029
2006/01/24 18:41:34:281	4,6	4,5	0,1	1028
2006/01/24 18:41:35:312	4,7	4,4	0,3	1028
2006/01/24 18:41:36:312	4,6	4,4	0,2	1028
2006/01/24 18:41:37:312	4,7	4,4	0,3	1028
2006/01/24 18:41:38:281	4,7	4,4	0,3	1028
2006/01/24 18:41:39:281	4,6	4,4	0,2	1028
2006/01/24 18:41:40:281	4,5	4,3	0,2	1028
2006/01/24 18:41:41:281	4,6	4,3	0,3	1028
2006/01/24 18:41:42:281	4,4	4,3	0,1	1028
2006/01/24 18:41:43:281	4,6	4,3	0,3	1028
2006/01/24 18:41:44:281	4,5	4,3	0,2	1028
2006/01/24 18:41:45:281	4,6	4,3	0,3	1028
2006/01/24 18:41:46:312	4,3	4,2	0,1	1028
2006/01/24 18:41:47:312	4,4	4,2	0,2	1028
2006/01/24 18:41:48:312	4,4	4,2	0,2	1028
2006/01/24 18:41:49:281	4,5	4,2	0,3	1028
2006/01/24 18:41:50:312	4,4	4,2	0,2	1028
2006/01/24 18:41:51:312	4,3	4,1	0,2	1028
2006/01/24 18:41:52:281	4,4	4,1	0,3	1028
2006/01/24 18:41:53:312	4,4	4,1	0,3	1028
2006/01/24 18:41:54:281	4,3	4,1	0,2	1028
2006/01/24 18:41:55:312	4,2	4,1	0,1	1028
2006/01/24 18:41:56:312	4,4	4,1	0,3	1028
2006/01/24 18:41:57:296	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:41:58:296	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:41:59:281	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:42:00:281	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:42:01:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:02:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:42:03:312	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:42:04:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:05:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:06:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:07:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:08:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:09:312	4,2	4	0,2	1028

EK-1 (Devam) Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1 SIR(UL)	RL1 SIR TARGET(DL)	RL1 SIR ERROR	RTT
2006/01/24 18:42:10:312	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:11:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:12:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:13:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:14:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:15:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:16:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:17:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:18:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:42:19:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:20:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:21:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:22:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:23:281	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:42:24:281	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:42:25:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:26:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:27:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:28:281	4,3	4	0,3	1029
2006/01/24 18:42:29:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:30:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:42:31:281	4,3	4	0,3	1029
2006/01/24 18:42:32:281	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:42:33:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:34:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:35:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:42:36:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:37:281	4,1	4	0,1	1029
2006/01/24 18:42:38:281	4,1	4	0,1	1029
2006/01/24 18:42:39:281	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:42:40:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:41:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:42:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:43:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:44:281	4,3	4	0,3	1029
2006/01/24 18:42:45:296	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:46:281	4,3	4	0,3	1029
2006/01/24 18:42:47:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:42:48:281	4,1	4	0,1	1029
2006/01/24 18:42:49:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:50:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:51:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:52:281	4,2	4	0,2	1028

EK-1 (Devam) Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1 SIR(UL)	RL1 SIR TARGET(DL)	RL1 SIR ERROR	RTT
2006/01/24 18:42:53:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:42:54:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:55:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:56:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:42:57:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:42:58:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:42:59:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:43:00:281	4	4	0	1029
2006/01/24 18:43:01:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:02:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:03:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:04:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:05:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:06:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:07:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:43:08:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:09:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:10:281	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:43:11:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:12:312	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:43:13:281	4,4	4	0,4	1028
2006/01/24 18:43:14:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:15:312	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:43:16:312	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:43:17:312	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:43:18:312	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:43:19:312	4,3	4	0,3	1030
2006/01/24 18:43:20:312	4,2	4	0,2	1031
2006/01/24 18:43:21:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:22:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:23:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:24:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:25:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:26:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:27:312	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:43:28:312	4,2	4	0,2	1031
2006/01/24 18:43:29:312	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:43:30:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:31:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:43:32:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:33:312	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:43:34:312	4,4	4	0,4	1031
2006/01/24 18:43:35:312	4,4	4	0,4	1032

EK-1 (Devam) Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1 SIR(UL)	RL1 SIR TARGET(DL)	RL1 SIR ERROR	RTT
2006/01/24 18:43:36:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:37:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:43:38:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:39:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:43:40:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:41:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:42:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:43:43:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:44:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:45:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:43:46:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:47:312	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:43:48:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:43:49:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:43:50:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:43:51:281	4,2	4	0,2	1031
2006/01/24 18:43:52:281	4,2	4	0,2	1030
2006/01/24 18:43:53:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:43:54:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:43:55:312	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:43:56:312	4,3	4	0,3	1029
2006/01/24 18:43:57:296	4,2	4	0,2	1030
2006/01/24 18:43:58:312	4,2	4	0,2	1030
2006/01/24 18:43:59:312	4,3	4	0,3	1030
2006/01/24 18:44:00:312	4,3	4	0,3	1031
2006/01/24 18:44:01:281	4,2	4	0,2	1030
2006/01/24 18:44:02:312	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:44:03:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:04:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:05:312	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:06:281	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:44:07:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:08:281	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:09:296	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:44:10:296	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:11:296	4,3	4	0,3	1028
2006/01/24 18:44:12:296	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:44:13:296	4,1	4	0,1	1030
2006/01/24 18:44:14:296	4,2	4	0,2	1031
2006/01/24 18:44:15:296	4,3	4	0,3	1031
2006/01/24 18:44:16:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:17:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:18:296	4,2	4	0,2	1032

EK-1 (Devam) Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1 SIR(UL)	RL1 SIR TARGET(DL)	RL1 SIR ERROR	RTT
2006/01/24 18:44:19:281	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:20:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:21:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:22:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:23:296	4	4	0	1032
2006/01/24 18:44:24:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:25:296	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:44:26:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:27:296	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:28:296	4,3	4	0,3	1031
2006/01/24 18:44:29:296	4,2	4	0,2	1030
2006/01/24 18:44:30:296	4,3	4	0,3	1029
2006/01/24 18:44:31:296	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:44:32:296	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:33:296	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:44:34:296	4,2	4	0,2	1029
2006/01/24 18:44:35:281	4,1	4	0,1	1028
2006/01/24 18:44:36:328	4,2	4	0,2	1028
2006/01/24 18:44:37:328	4,3	4	0,3	1029
2006/01/24 18:44:38:328	4,1	4	0,1	1030
2006/01/24 18:44:39:328	4,2	4	0,2	1031
2006/01/24 18:44:40:328	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:41:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:42:328	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:43:328	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:44:44:328	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:45:328	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:44:46:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:47:328	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:44:48:296	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:49:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:50:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:51:328	4,4	4	0,4	1032
2006/01/24 18:44:52:312	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:53:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:54:328	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:55:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:56:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:44:57:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:58:312	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:44:59:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:00:328	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:45:01:328	4,1	4	0,1	1032

EK-1 (Devam) Açık ve kapalı devre güç kontrolünün zamana göre elde edilen SIR değerleri

UE 114 capability report				
Report time	RL1 SIR(UL)	RL1 SIR_TARGET(DL)	RL1 SIR_ERROR	RTT
2006/01/24 18:45:02:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:03:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:04:281	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:05:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:06:328	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:45:07:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:08:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:09:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:10:296	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:45:11:328	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:45:12:328	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:45:13:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:14:328	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:45:15:328	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:45:16:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:17:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:18:328	4,3	4	0,3	1031
2006/01/24 18:45:19:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:20:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:21:328	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:22:296	4,3	4	0,3	1032
2006/01/24 18:45:23:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:24:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:25:296	4,2	4	0,2	1032
2006/01/24 18:45:26:312	4,1	4	0,1	1032
2006/01/24 18:45:27:296	4,1	4	0,1	1032

EK-2 Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

22117T2 [10638] (SC:2)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-95> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
78129A2 [10638] (SC:13)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
78067Y1 [10638] (SC:21)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20033A1 [10638] (SC:26)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20033A2 [10638] (SC:27)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	98,15	0,00	0,00	0,00	98,15		Seviye 1	98,15
-9,7 > Ec / No ≥ -12	Oca,39	0,00	0,00	0,00	Oca,39		Seviye 2	Oca,39
-12 > Ec / No ≥ -16	0,46	0,00	0,00	0,00	0,46		Seviye 3	0,46
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

20033A3 [10638] (SC:28)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20040A1 [10638] (SC:29)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20040A2 [10638] (SC:30)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20040A3 [10638] (SC:31)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20381Y2 [10638] (SC:33)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

20049Y3 [10638] (SC:36)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20028A1 [10638] (SC:40)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20028A2 [10638] (SC:41)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	85,71	0,00	0,00	0,00	85,71		Seviye 1	85,71
-9,7 > Ec / No ≥ -12	14,29	0,00	0,00	0,00	14,29		Seviye 2	14,29
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20028A3 [10638] (SC:42)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
78133A1 [10638] (SC:49)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

78140D3 [10638] (SC:57)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	97,96	0,00	0,00	0,00	97,96		Seviye 1	97,96
-9,7 > Ec / No ≥ -12	01,Şub	0,00	01,Şub	0,00	02,Nis		Seviye 2	01,Şub
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	1,02
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	98,98	0,00	1,02	0,00	100,00		Toplam	100,00
20027A1 [10638] (SC:67)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20027A2 [10638] (SC:68)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	83,33	0,00	0,00	0,00	83,33		Seviye 1	83,33
-9,7 > Ec / No ≥ -12	16,67	0,00	0,00	0,00	16,67		Seviye 2	16,67
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
78081A2 [10638] (SC:77)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
78063Z1 [10638] (SC:85)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

20029A1 [10638] (SC:199)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20029A2 [10638] (SC:200)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20029A3 [10638] (SC:201)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20039A1 [10638] (SC:202)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20039A2 [10638] (SC:203)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

20039A3 [10638] (SC:204)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	97,22	0,69	0,00	0,00	97,91		Seviye 1	97,22
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,69	0ca,39	0,00	0,00	02,Ağu		Seviye 2	Şub,77
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	97,91	2,08	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
78378A2 [10638] (SC:218)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	41,18	47,06	11,76	0,00	100,00		Seviye 1	41,18
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	47,06
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	11,76
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	41,18	47,06	11,76	0,00	100,00		Toplam	100,00
78018A3 [10638] (SC:221)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
78070A2 [10638] (SC:225)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20032B2 [10638] (SC:230)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

20032B3 [10638] (SC:231)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
22188T2 [10638] (SC:241)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	94,12	0,00	0,00	0,00	94,12		Seviye 1	94,12
-9,7 > Ec / No ≥ -12	May,88	0,00	0,00	0,00	May,88		Seviye 2	May,88
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20042A1 [10638] (SC:245)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20042A2 [10638] (SC:246)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
22065A3 [10638] (SC:253)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	97,06	0,00	1,47	0,00	98,53		Seviye 1	97,06
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	1,47	0,00	1,47		Seviye 3	2,94
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	97,06	0,00	2,94	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

78118B1 [10638] (SC:261)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20037C2 [10638] (SC:275)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20038Y1 [10638] (SC:285)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20146A1 [10638] (SC:288)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20146A3 [10638] (SC:290)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

EK-2 (Devam) Hücrelerin kapsama analizi (Tarayıcı)

22075A3 [10638] (SC:301)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20036C2 [10638] (SC:311)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20025A2 [10638] (SC:335)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
20025A3 [10638] (SC:336)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Seviye 1	100,00
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	0,00
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	0,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Toplam	100,00
76400A1,76371B3,,, [10638] (SC:345)	RSCP ≥ -92	-92> RSCP ≥ -95	-92> RSCP ≥ -107	RSCP < -107	Bazı RSCP		Kapsama Seviyesi	Yüzde
Ec/No ≥ -9,7	93,33	2,67	4,00	0,00	100,00		Seviye 1	93,33
-9,7 > Ec / No ≥ -12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 2	Şub,67
-12 > Ec / No ≥ -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 3	4,00
Ec/No < -16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Seviye 4	0,00
Bazı Ec/No	93,33	2,67	4,00	0,00	100,00		Toplam	100,00

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞAHİN, Vakkas
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 31.07.1970 Gaziantep
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 517 14 84
 Faks :
 e-mail : v_sahin72@yahoo.com

Eğitim

Derece

Lisans

Eğitim Birimi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Mezuniyet tarihi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği

1997

Lise

Gaziantep Lisesi

1990

İş Deneyimi

Yıl

1997-1999

Yer

Transtel Ltd. Şti.

Görev

Teknik Müdür

1999-

Telsim Telekomünikasyon A.Ş.

RF Planlama

Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, kitap okumak, sinema, tiyatro.