

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UMTS HÜCRE PLANLAMASI İÇİN RADYO DALGA
YAYILIM MODELLERİNİN İNCELENMESİ VE
KAPSAMA ALANI HESAPLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Engin Onur CÖMERT

Anabilim Dalı: Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Programı: Telekomünikasyon Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Selçuk Parker

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tezim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın Doç. Dr. Selçuk PAKER' e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans Tezim boyunca bana maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm yaşamım boyunca hep yanımda olan ve desteğini esirgemeyen aileme sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

OCAK 2009

Engin Onur CÖMERT

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	VII
TABLO LİSTESİ	IX
ŞEKİL LİSTESİ	XI
ÖZET	XIII
SUMMARY	XV
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. MOBİL SİSTEMLERİN GELİŞİMİ VE TARİHÇESİ	5
2.1. Giriş	5
2.2. 1. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri	5
2.3. 2. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri	6
2.4. 2,5. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri	6
2.5. 3. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri	6
2.6. 4. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri	7
3. GSM	8
3.1. GSM	8
3.2. GSM Mimarisi	9
3.2.1. Baz İstasyonu Altsistemi	9
3.2.2. Ağ Anahtarlama Altsistemi	10
3.2.3. GPRS Çekirdek Ağ	10
4. 3G – UMTS	12
4.1. 3G Evrimi	12
4.1.1. CDMA2000 1xRTT	13
4.1.2. CDMA2000 1xEV	13
4.1.3. CDMA2000 3xMC	14
4.1.4. CDMA2000 Mimarisi	14
4.2. UMTS (WCDMA)	14
4.2.1. UMTS R99	15
4.2.1.1. WCDMA Baz İstasyonu	16
4.2.1.2. Radyo Ağ Kontrolcüsü	16
4.2.1.3. 3G Mobil Anahtarlama Merkezi	17
4.2.2. UMTS R4	17
4.2.3. UMTS R5	18
4.2.3.1. R5 IMS	19

4.2.4. UMTS FDD ve TDD	21
5. RADYO DALGALARININ YAYILIMI	23
5.1. Radyo Dalgalarının Yayılımı	23
5.1.1. Yansıma	23
5.1.2. Kırılma	23
5.1.3. Saçılma	24
5.2. Okumura Modeli	24
5.3. COST231 Hata Modeli	27
5.4. COST231 Walfish-Ikegami Modeli	29
6. LİNK BÜTÇESİ	32
6.1. Link Bütçesi	32
6.2. Link Bütçe Hesapları	36
6.2.1. Mobil Cihazdan Ses İletimi için Bütçe Hesabı	36
6.2.2. Mobil Cihazdan 144kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı	37
6.2.3. Mobil Cihazdan 384kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı	38
6.2.4. Baz İstasyonundan Ses İletimi için Bütçe Hesabı	38
6.2.5. Baz İstasyonundan 144kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı	39
6.2.6. Baz İstasyonundan 384kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı	40
6.3. Hücre Yarıçaplarının Hesaplanması	41
6.3.1. COST231 Hata Modeli	41
6.3.2. COST231 Walfish-Ikegami Modeli	42
7. RADIO MOBILE ve SİMÜLASYONLAR	45
7.1. Radio Mobile	45
7.2. Simülasyonlar	46
8. SONUÇLAR	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	66

KISALTMALAR

GSM	: Global System for Mobile Communication
GPRS	: General Packet Radio Service
UMTS	: Universal Mobile Telecommunication Service
NMT	: Nordic Mobile Phone
AMPS	: Advanced Mobile Phone System
CBS	: Total Access Communication System
TDMA	: Time Division Multiple Access
CDMA	: Code Division Multiple Access
D-AMPS	: Digital Advanced Mobile Phone System
PDC	: Personal Digital Communication
ITU	: International Telecommunication Union
WCDMA	: Wideband Code Division Multiple Access
CEPT	: European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
ETSI	: European Telecommunication Standards Institute
BSS	: Base Station Subsystem
NSS	: Network Switching Subsystem
GMSK	: Gaussian Filtered Minimum Shift Keying
BTS	: Base Transceiver Station
BSC	: Base Station Controller
MSC	: Mobile Switching Center
PSTN	: Public Switched Telephone Network
IMSI	: International Mobile Subscriber Identity
HLR	: Home Location Register
VLR	: Visitor Location Register
SGSN	: Serving GPRS Support Node
GGSN	: Gateway GPRS Support Node
RTT	: Radio Transmission Technology
RNC	: Radio Network Controller
3GPP	: 3G Partnership Project
ATM	: Asynchronous Transfer Mode
IWF	: Interworking Function
MGW	: Media Gateway
ISDN	: Integrated Services Digital Network
UTRAN	: UMTS Terrestrial Radio Access Network
IMS	: IP Multimedia Subsystem
QoS	: Quality of Service
TDD	: Time Division Duplex
FDD	: Frequency Division Duplex
SRMT	: Shuttle Radar Topography Mission
DTED	: Digital Terrain Elevation Data

TABLO LİSTESİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1	GSM Standartları için Kullanılan Frekans Aralıkları	8

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : GSM Mimarisi	11
Şekil 4.1 : Erişim Teknikleri Evrimi	13
Şekil 4.2 : CDMA Mimarisi	14
Şekil 4.3 : GPRS-GSM Mimarisi	15
Şekil 4.4 : UMTS R99 Mimarisi	16
Şekil 4.5 : UMTS R4 Mimarisi	18
Şekil 4.6 : UMTS R5 Hibrid Mimari	19
Şekil 4.7 : UMTS R5 Mimarisi	19
Şekil 4.8 : IMS Bağlantı Şeması	20
Şekil 4.9 : UMTS FDD-TDD Frekans Şeması	21
Şekil 5.1 : Okumura Ortam Sönümlleme Eğrisi	26
Şekil 5.2 : Okumura Düzeltme Faktörü Eğrisi	27
Şekil 5.3 : Walfish-Ikegami Parametreleri	29
Şekil 7.1 : Simülasyon Yapılacak Bölgenin Haritası	47
Şekil 7.2 : Radio Mobile ile Dünya Haritası Gösterimi	48
Şekil 7.3 : Radio Mobile Harita Ayarları	49
Şekil 7.4 : Simülasyon Yapılacak Bölgenin Radio Mobile Görüntüsü	49
Şekil 7.5 : Radio Mobile Ünite Ayarları Menüsü	50
Şekil 7.6 : Radio Mobile Ağ Özellikleri Menüsü	51
Şekil 7.7 : Radio Mobile Ağ Özellikleri Üyeler Menüsü	52
Şekil 7.8 : Radio Mobile Ağ Özellikleri Sistemler Menüsü	52
Şekil 7.9 : Radio Mobile Dairesel Kapsama Alanı Ayarları	53
Şekil 7.10 : Kapsama Alanı Renklendirme Değerleri	53
Şekil 7.11 : Radio Mobile – COST231 Hata Kapsama Alanı (Ses)	55
Şekil 7.12 : Radio Mobile – COST231 Walfish-Ikegami Kapsama Alanı (Ses)	56
Şekil 7.13 : Radio Mobile – COST231 Hata Kapsama Alanı (144kbps veri)	57
Şekil 7.14 : Radio Mobile – COST231 Walfish-Ikegami Kapsama Alanı (144kbps veri)	58
Şekil 7.15 : Radio Mobile – COST231 Hata Kapsama Alanı (384kbps veri)	59
Şekil 7.16 : Radio Mobile – COST231 Walfish-Ikegami Kapsama Alanı (384kbps veri)	60

UMTS HÜCRE PLANLAMASI İÇİN RADYO DALGA YAYILIM MODELLERİNİN İNCELENMESİ VE KAPSAMA ALANI HESAPLARI

ÖZET

Bu tez çalışmasında, üçüncü nesil haberleşme sistemleri tanıtılmış ve üçüncü nesil sistemlerin ülkemizde kurulmaya başlandığı dönemde kentsel bölgeler için kapsama alanlarının hesaplanmasında kullanılan modellerin incelenmiş ve bu modellere göre kapsama alanlarının hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra üçüncü nesil sistemlerin tanıtılması ve uygulanması konusunda bilgilendirmek amaçlı ikinci nesil sistemler anlatılmış, ikinci nesil sistemlerden 3. nesil sistemlere geçiş sırasındaki değişimlerden ve üçüncü nesil sistemlerin uygulama aşamalarından bahsedilmiştir.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde tez çalışmasının amacından ve kapsamından bahsedilmiştir. Bu amacın gerçekleştirilmesi için uygulanan yol ve yöntemlerden, tez içerisinden bunların hangi sırayla ne düzende gerçekleştirildiğinden bahsedilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde mobil iletişimin tarihçesi ve gelişiminden bahsedilmiştir.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde bir öncesi nesil mobil iletişimin en çok kullanılan uygulaması olan GSM sistemlerden bahsedilmiştir. GSM sistemlerin özellikleri, çalışma prensipler ve mimarisinden bahsedilmiştir.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde üçüncü nesil sistemlerden bahsedilmiştir. Üçüncü nesil mobil iletişimin gelişiminden, UMTS sistemlerin çalışma prensiplerinden ve ikinci nesilden UMTS 'e geçiş anlatılmıştır.

Tez çalışmasının beşinci bölümünde UMTS frekansları için dalga yayılımı incelenmiştir. Kentsel bölgeler için deneysel olarak üretilen modeller tanıtılmıştır.

Tez çalışmasının altıncı bölümünde, beşinci bölümünde tanıtılan modellere göre, cihazların özelliklerine ve çevre koşullarına göre kapsama alanları için hücre yarıçapları hesaplanmıştır.

Tez çalışmasının yedinci bölümünde kapsama alanlarını gösterimi için kullanılan Radio Mobile programı tanıtılmış, kullanımı anlatılmıştır. UMTS için kapsama alanları Radio Mobile programı ile çizilmiş ve bunların üzerine altıncı bölümde hesaplanan kapsama alanları çizdirilmiştir.

Tez çalışmasının sekizinci bölümünde hesaplamalarla ve bilgisayar programıyla elde edilen sonuçlar tartışılmış ve incelenmiştir.

EXEMINATION OF RADIO PROBAGATION MODELS AND CALCULATION OF COVERAGES FOR UMTS CELL

SUMMARY

In this study, third generation communication systems are introduced and in the time period, third generation systems are set, models that can be applied for urban areas are examined and according to these models, cell radiuses are calculated. Nevertheless, for introducing third generation systems and informing about application, second generation systems are mentioned, and steps and changes of passing from second generation to third generation is mentioned.

In the first chapter, the concept and the aim of this thesis are described. The way and the methods used to achieve the aim and the plan of the thesis are also described in this chapter.

In the second chapter, the history and the development of mobile communication are described.

In the third chapter, most used application of previous generation, GSM, are described. GSM system qualifications, working principles and architecture also described.

In the forth chapter, third generation systems are introduced. It was described about development of third generation mobile communication, working principles of UMTS and passing from GSM to UMTS.

In the fifth section, propagation mechanisms for UMTS frequencies are described. Propagation models these are formulized experimentally for urban areas are introduced.

In the sixth section, cell radiuses are calculated according to propagation models these are mentioned in fifth section, features of hardware and environmental conditions.

In the seventh chapter, computer program, Radio Mobile, which is used for calculating coverage, is introduced. Coverage for different conditions are drawn for UMTS and the coverage that is calculated in previous section is also drawn

In the eighth chapter, the calculations and the Radio Mobile coverage maps are examined and results are described.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Mobil iletişimin hayata geçirilmesinden sonraki dönemde mobil kullanıcı sayısında hızlı bir artış yaşanmış ve mobil iletişim çok sayıda insanın günlük hayatında sürekli kullandığı veya istediği her anda kullanmak isteyeceği bir hizmet haline gelmiştir. Kullanıcı sayısının artmasıyla ve hayat standartlarının yükselmesiyle birlikte kullanıcı ihtiyaçlarında da hızlı bir artış gerçekleşmektedir. İlk mobil haberleşmede sadece ses iletimi için kullanılması amaçlanmıştı. Fakat farklı ihtiyaçların ortaya çıkmasıyla beraber teknolojiye bazı gelişmelere ihtiyaç duyuldu. Bununla birlikte mobil iletişim veri haberleşmesini de destekleyebilir bir yapıya dönüştü. Bu sayede sadece telefon görüşmesi yapmanın yanı sıra insanlar artık internete girebilmekte ve IP tabanlı cihazlarının kontrolünü telefonları aracılığı ile yapabilmektedir. Kullanıcı sayısındaki hızlı artış da sınırlı olan bant genişliği içerisinde bütün kullanıcılara hizmet verebilme imkânını sınırlamış ve bunun için de teknolojinin geliştirilmesi yönünde üreticileri zorlamıştır.

Mobil iletişim ticari bir sektör olduğu için teknolojilerin üretiminden çok tüketimi ön plandadır. İnsanların hangi teknolojileri ne kadar kullandığı mobil iletişimde hangi alanda gelişmelerin olacağını belirlemektedir. İnsanların her yerden her konumdan mobil iletişim hizmetini kullanma isteği doğrultusunda 1G'ye nazaran kapsama alanlarını arttıran ve kullanıcı kapasitesini arttıran 2G ortaya çıktı. En çok kullanılan uygulaması da GSM oldu. GSM sadece kapsama alanları konusunda değil, aynı zamanda kalite ve güvenlik konularında da insanların ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir hizmetti. Telefon üreticilerinin de kullanıcı ihtiyaçlarıyla daha küçük ve daha uzun pil ömürlü telefonlar üretmesi, GSM sistemlerini tamamlayan bir gelişme oldu. GSM ile birlikte gene insanların ihtiyaçlarını karşılamak amaçlı bir gelişme daha gerçekleşti. Bu insanların cep telefonları üzerinden veri aktarmasını ve internete girmelerini sağlayan GPRS teknolojisi oldu. GPRS düşük hızlarda veri iletimi sağlayan bir teknolojidir, fakat ortaya çıktığı dönem için gerçekten ihtiyaçları karşılayan önemli bir gelişmeydi.

Mobil iletişimi insanların hizmetine sunan GSM operatörleri de yeni teknolojilere uygun sistemleri kurma, uygulama ve müşterilerin bu hizmetleri kullanabilmelerini sağlamak zorundadır. Müşteriye daha yeni teknolojiyi yani daha iyi hizmeti verebilen operatör piyasada daha büyük payları elde edebilecektir. Bu yeni sistemlere geçişlerde eski sistemlerle olan uyumluluk ve yeni sistemlerin düzgün kullanılabilirliğı önemlidir. Burada operatörler açısından cihazların kullanım sürelerinin uzun olması ve maliyetin uygun mertebelerde olması çok önemlidir.

GSM bir dönem insanların ihtiyaçlarını karşılayan mobil iletişim sistemi olmasına rağmen, ihtiyaçların artması, daha fazla alanda kullanılmak istenmesi üzerine yetersiz bir hale gelmiştir. Görüntülü konuşma isteğı, daha hızlı internet kullanım isteğı, internet üzerinden video ve müzik dinleme, televizyon izleme gibi birçok isteğı karşılayabilecek yeni bir sistem olarak üretilmiştir UMTS. Temelinde iletişimi paketler üzerinden daha geniş bant üzerinden daha hızlı yapan UMTS için üretimdeki temel özellik yeni uygulamalar yaratılmasına ve hizmete sunulmasına uygun olmasıydı. Bunun sağlanmasıyla birlikte ilk olarak görüntülü konuşma, televizyon izleyebilme gibi yenilikler getirilirken yüksek hızlı bağlantıya bağılı olarak farklı uygulamalar da eklenmiştir. Örnek olarak kullanıcı kendisine ait olan herhangi bir yerdeki IP tabanlı kamerayı cep telefonundan izleyebilmektedir. Bunun yanı konferans özelliğı ile birden fazla kullanıcı birbirlerini eşzamanlı olarak görerek karşılıklı görüşebilirler.

Bu çalışmanın amacı, Avrupa’da son yıllarda çok yaygınlaşmış olan ve Türkiye’de frekans ihalesi yeni tamamlanmış olan 3G (UMTS) teknolojisini ve UMTS ile gelen yenilikleri tanıtmak, şu an için kullanılan GSM ile olan farklarını göstermek, GSM ‘den UMTS ‘e geçişte sistemde yapılması gereken değışimleri göstermek, UMTS frekansları için üretilen radyo dalga yayılım modellerini incelemek, kentsel bölgeler için bu modellere göre kapsama alanı hesaplamaları yaparak bunların Radio Mobile programı ile hesaplanmış, normal dalga yayılımı ile aynı harita üzerinde çizimlerini gösterip kapsama alanlarına çevre ve ortam etkilerini incelemek, dalga yayılım modellerini karşılaştırmak.

İkinci bölümde mobil iletişim sistemlerinin tarihçesinden bahsedilmiştir. İlk sistemlerden günümüz sistemlerine kadar olan gelişmeler kısa olarak incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, şu an için Türkiye’de kullanılan GSM sistemleri tanıtılmıştır. GSM

standartlarının oluşturulmasından, teknik özelliklerinden ve GSM mimarisinden bahsedilmiştir. GSM sistemlerin altyapılarında bulunan donanımların özelliklerinden ve çalışma prensiplerinden kısaca bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde yeni nesil teknoloji olan UMTS ‘den bahsedilmiştir. Öncelikle UMTS ‘in oluşturulmasında temel alınan prensiplerden söz edilmiştir. UMTS sisteminin geliştirilmesi öncesinde bu yapıya ulaşılana kadar geliştirilen erişim yöntemleri, gelişimleri ve özellikleri anlatılırken sonrasında elde edilen ve UMTS için uygun olan teknolojilerin nasıl üretildiği ve özellikleri anlatılmıştır. UMTS sistemlerin donanımsal yapısı, alt birimleri incelenirken, GSM sistemden UMTS sisteme geçişte uyumluluk, eř zamanlı kullanılabilirlik prensipleri altında üretilen bazı modeller incelenmiştir. Bu geçiş sırasında 3GPP tarafından üretilen bazı yapılar incelenmiş, bu yapıların mimari özelliklerinden bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde UMTS frekansları için radyo dalgalarının yayılımı konusundan bahsedilmiştir. Radyo dalgalarının yayılımları frekansa bağlı olarak evre koşullarına bağlı olarak yön değiştirme, sönümleme gibi birçok etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler hakkında bazı bilgiler bu bölümde verilmiştir. Çalışmamızda kapsama alanı hesaplarını kentsel bölgeler için yapacağımız için bu bölgeler için önceden deneysel olarak bulunmuş bazı radyo dalga yayılım modelleri tanıtılmıştır.

Altıncı bölümde, beşinci bölümde bahsedilen radyo dalgaları yayılım modellerine ve bulunan verilere göre hücre çapı hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken bir bölge seçilmiş ve bu bölgenin özelliklerine göre kayıplar hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra sistemin de hesaplamalarda büyük etkileri olmaktadır. Baz istasyonu, anten, kablo, mobil cihazın özellikleri ve kabul edilen marjlara göre hesaplamalar yapılarak alıcıya ulaşacak minimum sinyal seviyesi hesaplanmış ve bu değer ile radyo dalga yayılım modellerine göre hücre yarıçapları hesaplanmıştır.

Yedinci bölümde kapsama alanlarını hesaplamak için kullanacağımızı Radio Mobile adlı program tanıtılmıştır ilk kısımda. Bu programın kullanımı anlatıldıktan sonra bizim istediğimiz koşullara göre gerekli kapsama alanları çizdirilmiştir. Bu kapsama alanları içerisinde bina, ağaç gibi etkiler bulunmamaktadır. Daha iyi bir veri elde edebilmek için Radio Mobile ile çizdirilen kapsama alanları zerin hesaplamalarla elde edilen çaplarda çemberler çizilerek evre koşullarının etkisi gösterilmiştir.

Sekizinci bölümde ise çalışmalar sonucunda elde edilen veriler incelenmiş ve tartışılmıştır.

2. MOBİL SİSTEMLERİN GELİŞİMİ VE TARİHÇESİ

2.1. GİRİŞ

İçerisinde bulunduğumuz zamanın bilgi çağı olarak adlandırıldığı bir dönemde bilgiye olan ulaşımın kolaylaşması ve bilgi akışının hızlanması insanlığın en büyük ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Bilgiye ulaşmada ve haberleşmede artan ihtiyaçlarla ve artan kullanıcılarla beraber kullanılan sistemler ve teknolojilerde büyük gelişmelere ihtiyaç duymuşlardır. İnsanların haberleşmeye her yerde ihtiyaç duymaları sonucunda kablolu haberleşme artık ihtiyaçları karşılayamaz bir duruma geldi. İnsanların konumlarını ve hareketlerini kısıtlamasından, kullanıcı sayısındaki hızlı artışla beraber maliyet ve imkânların sınırlanması sonucunda telsiz haberleşmenin kullanılması artık mecburiyet haline gelmiştir. 19. yy sonunda elektromanyetik dalgaların da haberleşme ortamı olarak kullanılabileceğinin keşfi ile ve bu zamana kadarki gelişimleriyle artık telsiz haberleşme insanlığın hizmetine sunulmuştur. İlk mobil haberleşme uygulaması Detroit Polis Departmanı tarafından polis arabalarında kullanılmak üzere yapılmış olsa da bu konudaki asıl gelişmeler ilk olarak 1940'ların sonlarında ve 1950'lerin başlarında ABD'de ortaya çıkmıştır. Bunlar tek hücreli sistemlerdir. Gürültüden çok etkilenirler, donanımları pahalıdır. Hareket imkânı ve hizmet sınırlıdır, kapasitesi ve konuşma kalitesi düşüktür.

2.2. 1. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri

İlk olarak 1980'lerin başında ortaya çıkmıştır. 1. nesil mobil haberleşme sistemleri analog teknoloji kullanan sistemlerdir. Elektronik alanındaki gelişmeler sonucunda kullanılan parçalardaki gelişmeler ile daha küçük ve daha etkili telefonlar üretilmiştir. Bu sistemler sadece ses bilgisi taşıyan sistemlerdir. 1950'lerde başlayan 0G olarak da tanımlanan ilk sistemlere göre kapsama alanındaki genişleme ve kapasitedeki artış önemli gelişmelerdi. Fakat girişime dayanıklı olmayan bu sistemler veri iletimine de olanak sağlamıyordu. 1. nesil mobil haberleşme Kuzey Mobil Telefon (NMT-Nordic Mobile Phone) standartlarıyla Kuzey ve Doğu Avrupa'da, İleri Mobil Telefon

Sistemi (AMPS-Advanced Mobile Phone System) standartlarıyla ABD ve Avustralya'da, Tüm Erişim Haberleşme Sistemi (TACS-Total Access Communication System) standardıyla Birleşik Krallıkta kullanılmıştır[1].

2.3. 2. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri

Sistem kapasitesindeki yetersizlik, iletimdeki kalitenin yetersizliği, kapsama alanının yetersizliği gibi nedenler 2. nesil mobil haberleşmenin gelişimindeki en büyük nedenlerdir. 2. nesil mobil haberleşmede artık teknoloji sayısala geçmiştir. Mesaj gönderme ve kısa süreli veri iletimi de 2. neslin getirdiği en önemli gelişmelerdendir. Zaman Bölmeli  oklu Erişim (TDMA) ve Kod Bölmeli  oklu Erişim (CDMA) ile aynı radyo bandında çok kişinin haberleşmesi sağlanmıştır. Sayısal ses işaretlerinin sıkıştırılabilmesi, kodlanmış ses verisine hata kontrolü uygulanabilmesi, sayısal olarak tasarlanmış mobil cihazların daha düşük enerji ile çalışması, güvenlik ve gizliliğin sağlanması 2. neslin getirdiği diğer avantajlardır. 2. nesil mobil haberleşme için üretilen standartlar Mobil Haberleşme için Küresel Sistemler (GSM-Global System for Mobile Comm.), Sayısal İleri Mobil Telefon Sistemi (D-AMPS), Kişisel Sayısal Haberleşme (PDC)'dir[1].

2.4. 2,5. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri

2. nesil ile 3. nesil arasındaki bir adım olan 2.5G mobil haberleşmede en önemli özellik devre bağlaşmalı anahtarlanmanın yanı sıra paket bağlaşmalı anahtarlanmanın kullanılmasıdır. GPRS (General Packet Radio Service) paket tabanlı veri iletimi yapan 2.5G'ye ait bir standarttır. 56 kbps'den 114 kbps'ye kadar veri iletimi sağlayabilir.

2.5. 3. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri

3. nesil mobil haberleşme sistemleriyle ilgili olarak ilk standartlar 1980'lerin ortasında ITU (International Telecommunication Union) tarafından kurulan IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) ailesi tarafından oluşturuldu ve 2000 yılına kadar çalışmalarla standartlarla geliştirildi. Amaç daha yüksek güvenilirlikte, daha yüksek kapasitede, daha fazla kullanıcıya, daha kaliteli ses ve daha hızlı veri iletimi imkanı sağlamaktı. IMT-2000 ile birlikte ortaya çıkan

standartlar UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), Kod Bölmeli Çoklu Erişimi (CDMA) ve CDMA2000'dir.

IMT ile beraber gelen ve en çok kullanılan teknoloji Geniş Bandlı Kod Bölmeli Çoklu Erişim (W-CDMA) olmuştur. 3GPP (Third Generation Partnership Project) tarafından W-CDMA kullanılarak UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) ortaya çıkmıştır. UMTS, 3G imkânlarını insanlara sunan ve yaygın olarak kullanımı devam eden 2G ile beraber eşzamanlı kullanım olanağını barındıran bir sistemdir. 2000 yılında IMT-2000 standartlarının kesinleşmesi ile bu standartların ilk uygulaması NTT DoCoMo tarafından Japonya'da gerçekleştirildi.

2.6. 4. Nesil Mobil Haberleşme Sistemleri

Henüz uygulamaya geçmemiş olan ve tam olarak standartları kesinleşmeyen 4. nesil mobil haberleşmede amaç olarak veri iletim hızının arttırılması, yüksek sayıda kullanıcıya sınırlı bir spektrumda 100Mbps mertebelerinde hızlarla veri iletim imkânı sağlamaktır. Bu gerçekleştirilirken daha önceki sistemlerden ayrılarak sistem tamamıyla paket bağlaşımlı olarak tasarlanmış ve IP tabanlı haberleşme sağlanmaktadır. MMS (Multimedia messaging service), görüntülü konuşma, mobil TV, HDTV ve Sayısal video yayını (DVB) imkânlarını her yerde ve kesintisiz olarak sağlamaktadır.

3. GSM

3.1. GSM

1982 yılında CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) tarafından kurulan Groupe Spécial Mobile (GSM) kendi adlarıyla adlandırılan bazı standartlar oluşturdular. 1989 yılından sonra ETSI (European Telecommunication Standards Institute) altında çalışmalarına devam ettiler. Sonrasında GSM (Global System for Mobile Comm.) standartlarını geliştirdiler.

GSM temelinde iki kullanıcı veya bir kullanıcı ile bir hizmet servisi arasında istenildiğinde bağlantı kurup, istek bittiğinde bağlantıyı kesen devre bağlaşmalı bir sistemdir. 2,5G olarak bilinen GPRS ile bazı paket bağlaşmalı servisler de sonrasında eklenmiş olsa da GSM temel ses iletimini geçici olarak kurulan devre yolu üzerinden sağlar.

GSM standartları içerisinde hayata geçirilen birkaç çeşit GSM uygulaması bulunmaktadır.

Tablo 3.1: GSM Standartları için Kullanılan Frekans Aralıkları

Sistem	Frekans	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Kanal Numarası
GSM-450	450	450.4–457.6	460.4–467.6	259–293
GSM-850	850	824.0–849.0	869.0–894.0	128–251
GSM-900	900	890.0–915.0	935.0–960.0	1–124
E-GSM-900	900	880.0–915.0	925.0–960.0	975–1023, 0-124
R-GSM-900	900	876.0–915.0	921.0–960.0	955–1023, 0-124
DCS-1800	1800	1710.0–1785.0	1805.0–1880.0	512–885
PCS-1900	1900	1850.0–1910.0	1930.0–1990.0	512–810

Tablo 3.1 de görülen sistemler içerisinde en çok kullanılanları:

- GSM 900
- GSM 1800
- GSM1900

GSM 900 daha düşük yol kaybına sahip olduğu için kullanıcı yoğunluğunun az ve geniş alana yayılmış olduğu bölgelerde, GSM 1800 ve GSM 1900 ise taşıma kapasitelerinin daha fazla olması nedeniyle kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde daha fazla verim sağlamaktadır.

3.2. GSM Mimarisi

GSM haberleşme sistemi gene olarak 3 bölümden oluşur:

- Baz İstasyonu Altsistemi (BSS)
- Ağ Anahtarlama Altsistemi (NSS)
- GPRS Çekirdek Ağı (GPRS Core Network)

3.2.1. Baz İstasyonu Altsistemi (BSS):

Baz istasyonu altsistemi, mobil cihaz ile NSS arasındaki bağlantıyı ve trafiği kontrol eden birimlerin bulunduğu bir kısımdır. Ses verisinin kodlanması, konuşma kanallarının tahsisi, iletimdeki kalite kontrolü, girişim etkilerinin tespiti ve giderilmesi gibi konularda BSS görev yapar.

İçerisinde barındırdığı birimlerden BTS (Base Tranceiver Station) sinyallerin gönderilip alınmasıyla ilgili donanımına sahiptir. Farklı frekanslarda çalışan ve farklı sektörlere hizmet eden birden fazla alıcı-verici çifti bulunabilir. Mobil cihaz ile arasındaki radyo bağlantısını Um ara yüzü ile sağlar. Mobil cihazla olan haberleşmede gönderilecek işaretlerin modülasyonunu yapan GMSK modülatörleri de burada bulunmaktadır. İşaretleşmede girişimin arttığı ve kalitenin düştüğü durumlarda frekans atlaması yaparak daha kaliteli sinyallerle haberleşebilir[2].

BTS'lerin kontrolünü sağlayan birim ise gene BSS içerisinde bulunan BSC (Base Station Controller)'dir. Bir BSC onlarca BTS'i kontrol edebilir. BSC, kanal atamalarında BTS'i yönetir, kendi BTS'leri içerisinde gerçekleşen aktarım

(handoff)'ları kontrol eder. Mobil cihazlarla olan bağlantılarla ilgili bilgileri kontrol ederek çözüm mekanizmalarını çalıştırır. BTS ile arasında A-bis ara yüzü ile haberleşir. Birden fazla BTS'den gelen konuşma işaretlerini yoğunlaştırarak A ara yüzü ile MSC (Mobile Switching Center)'a iletir[2].

Paket kontrol ünitesi (PCU) ise veri iletimi yapılacağı durumda BSC kontrolünü yapan birimdir. Veri iletimi yapılacak mobil cihaza tahsis edilmiş kanalın tüm kontrolünü alarak veri haberleşmesini gerçekleştirir.

3.2.2. Ağ Anahtarlama Altsistemi (NSS)

NSS, mobil cihazla PSTN (Public Switched Telephone Network) arasında bağlantı kuran kısımdır. Ses iletimi için gerekli olan devre bağlaşması bu kısımda kurulur. Alt birimlerinden olan MSC, çağrıların ilk noktadan son noktaya kadar kurulup, çağrı bittiğinde kaldırılmasından sorumludur. Mobilitiyi sağlamakla yükümlüdür. Aktarım (handoff) ile ilgili kontrolü elinde bulundurur. SMS, faks, sesli mesaj gibi servislerin kontrolü gene MSC'nin elindedir. MSC'nin bir birimi olan GMSC de bir mobil cihaza, PSTN'den gelen veya başka bir mobil cihazdan gelen bağlantıları yönlendirir[3].

HLR(Home Location Register), kullanıcıların bütün bilgilerinin saklandığı birimdir. Kullanıcıların Uluslar arası Mobil Abone Kimliği (IMSI) numaralarına göre bütün bilgilerini bulundurur. Kullanıcının kullanmak istediği servisler, bulunduğu konum, aktarma isteği gibi bütün bilgileri HLR'da kayıtlıdır.

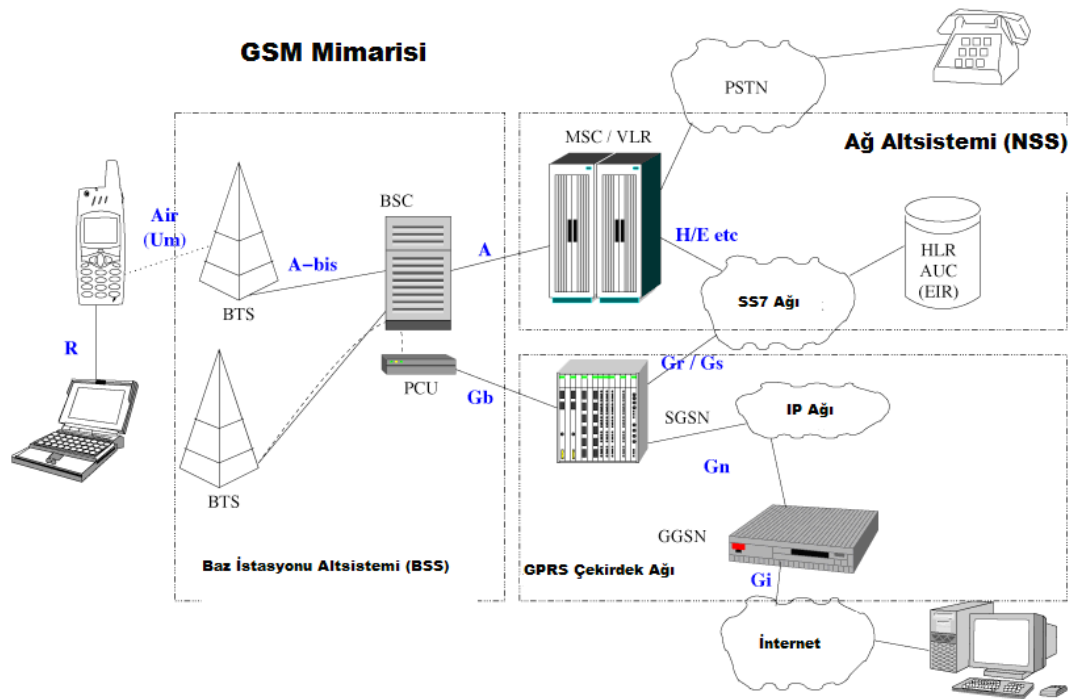
VLR (Visitor Location Register), şebeke içerisinde hareket eden mobil kullanıcıların durumlarını gözlemler. Kişinin bulunduğu hücre içerisindeki bilgisi, HLR'ından istenerek veya mobil cihazdan alınarak VLR'a kaydedilir. VLR'da mobil cihazın durumunu kontrol ederek hücre değişimi olduğu durumda MSC tarafından VLR'daki konum bilgileri değiştirilir ve mobil cihazın bağlı olduğu HLR'daki bilgileri de raporlanarak yenilenir.

3.2.3. GPRS Çekirdek Ağı

GSM yapısında paket bağlaşmalı olarak veri iletiminin yapıldığı bölümdür burası. GPRS ile ilgili olarak gerekli fonksiyonlar bu bölümde gerçekleştirilir. Genel Paket Radyo Hizmet Destek Servisi (SGSN) paket bağlaşmalı veri iletiminin sağlandığı birimdir.

Veri paketlerinin mobil cihaza gönderilmesi veya mobil cihazdan alınmasıyla ve bunların yönlendirilmeleriyle sorumludur. Bunun yanı sıra paket yöneltme ve transferi, mobilite yönetimi, mantıksal köprü yönetimi, doğrulama gibi fonksiyonlara da sahiptir. PCU ile arasında Gb ara yüzü frame relay bağlantısı bulunmaktadır[3].

Ağ Geçidi Genel Paket Radyo Hizmeti Destek Düzümü (GGSN), SGSN ile internet veya özel bir ağ arasında bağlantı kuran bir yapıdır. Mobil cihazdan gelen paketler SGSN tarafından yönlendirilerek GGSN aracılığı ile internete veya herhangi bir ağa gönderilirken, dışarıdan gelen paketler de GGSN tarafından alınıp SGSN'e iletilerek mobil cihazlara ulaştırılır. GGSN ile SGSN arasındaki bağlantı Gn ara yüzüdür[3].



Şekil 2.1: GSM Mimarisi

4. 3G – UMTS

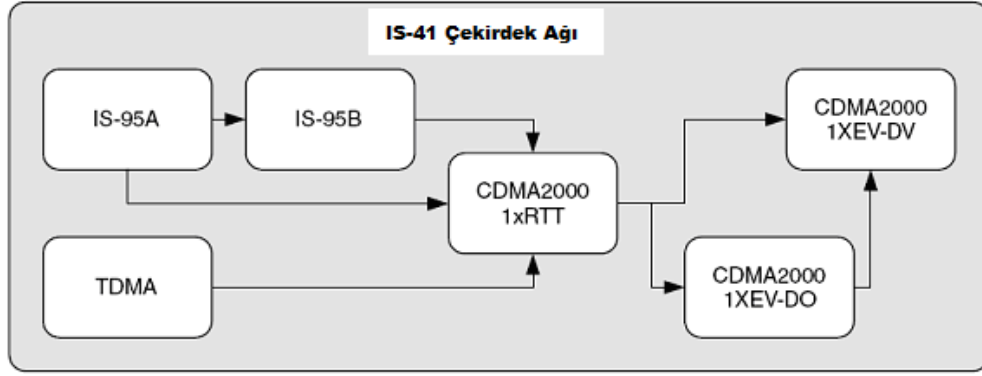
Artan kullanıcı sayısı, daha hızlı veri iletimi ihtiyaçlarını karşılayamayan 2. nesil haberleşmenin yerini alan yeni nesil mobil haberleşme için 3G adı kullanılmaktadır. 3G ile birlikte yüksek hızlarda veri iletimi imkânı sağlanmıştır. ITU tarafından kurulan IMT-2000 ailesinin ürettiği aynı isimli standartlar 3G'nin temellerini atmıştır. 1980'den 2000 yılına kadar yapılan standardizasyonlar sonucunda 3. nesil mobil haberleşmenin temelleri atılarak ihtiyaçlara göre yeni bir mobil haberleşme sistemine geçiş dönemine girilmiştir. IMT-2000 standartları oluşturulurken temel alınan prensipler[4]:

- Esneklik: Oluşturulan yeni standartlar farklı teknolojilerin aynı kullanılması için uygun olacak ve teknolojiler arasındaki geçişlerde zorluk yaratmayacak.
- Maliyet: Yeni sistem ile birlikte üretilecek ve kullanılacak donanımların maliyetleri karşılanabilecek seviyelerde olmalıdır.
- Uyumluluk: Oluşturulacak yeni sistemin uygulamaya geçirilmesi süresinde eski sistemle beraber uyumlu olarak çalışabilmesi, minimum değişiklikle eski sistem üzerine kurulabilmesi gerekmektedir.
- Geliştirilebilirlik: Oluşturulacak yeni sistem her türlü yeniliğe açık olmalıdır. Kullanıcı sayısının artışına karşı geliştirilebilir, kapsama alanlarının arttırılmasında zorluk çıkarmayıp, her türlü yeni hizmetin eklenmesine uygun olmalıdır.

Bu koşulları göz önünde bulundurarak IMT-2000 ailesi, gene aynı isimli standartları üretmiştir.

4.1. 3G Evrimi

Orijinal CDMA sistemleri, cdmaOne veya IS-95 olarak bilinen standartları kullanılmaktadır. Bunlar 1.25 MHz band genişlikli kanallar üzerinden haberleşme sağlarlar ve 1.2288 Mcps chip hızı kullanırlar. IS-95A paket veri iletiminde, ses iletiminde olduğu gibi 9.6/14.4 kbps hızlarını destekler[5].



Şekil 4.1: Erişim Teknikleri Evrimi

IS-95B, IU (InterworkingUnit) ile beraber 64 kbps hızına kadar veri iletimi sağlayabilmektedir ve bu sistem GPRS'e benzemektedir[5].

Şekil 4.1 de görüldüğü gibi TDMA, IS-95A ve IS-95B sistemlerinin sonrasında geliştirilen ve kullanılan sistem CDMA2000 1xRTT'dir.

4.1.1. CDMA2000 1xRTT

RTT (radio tranmission technology) radyo transmisyon teknolojisi anlamında CDMA'e eklenmiş yeni bir teknolojidir. Band genişliğinde daha önceki sistemle aynı, 1.25 MHz'dir. Fakat RTT teknolojisi ile beraber ses iletim kapasitesi iki katına çıkartılmıştır. Bunun yanı sıra veri iletiminde de 153 kbps gibi yüksek hızlara ulaşılmıştır. Daha sonraki gelişmelerle bu hız 307 kbps'a çıkarılmıştır. 1xRTT, cdmaOne sistem üzerinde ufak değişiklikler yapılarak uygulamaya sokulabilmektedir[5].

4.1.2. CDMA 2000 1xEV

CDMA 1x'in daha gelişmiş olanı olarak tanımlanır CDMA2000 1xEV. İki farklı fazı vardır:

- CDMA 1xEV-DO (sadece veri – faz 1)
- CDMA 1xEV-DV (ses ve veri- faz 2)

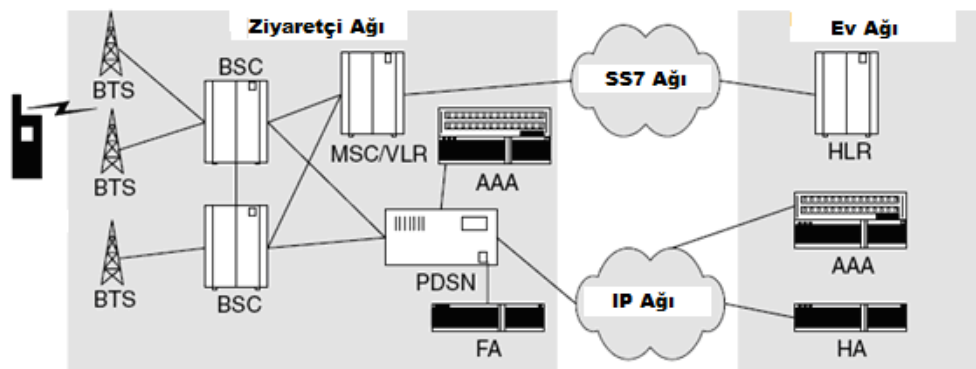
Bu iki faz da 1.25 MHz'lik taşıyıcı kullanmaktadır. 1xEV, dış ağlara bağlanırken daha düzgün geçişler yapılabilmesi için var olan IP protokolünü kullanmaktadır. EV-DO en iyi durumda 2.4 Mbps veri alım hızına ve 153 kbps gönderim hızına sahiptir.

Sadece veri iletimi sağladığı için 1xEV-DV, EV-DO'dan daha yüksek veri iletim hızları sunmaktadır ve bu hız 3.09 Mbps'a kadar çıkmaktadır. Gerçek zamanlı video iletimini de desteklemektedir[5].

4.1.3. CDMA2000 3xMC

3xMC çoklu taşıyıcı kullanabilen bir sistemdir. İleri yönlü bağlantıda 3 adet 1.25 MHz'lik taşıyıcı ile toplamda 3.75 MHz band genişliği sağlayabilir. Her 1.25 MHz'lik kanal 1.2288 Mcps çip hızına sahiptir. Geri bağlantıda ise çip hızı 3.6864 Mcps'dır. Bunların yanı sıra alternatif hibrit kullanımlar da bulunmaktadır. Mesela ileri bağlantı 3 taşıyıcı ile yapılırken, geri bağlantı 1 taşıyıcı ile yapılabilmektedir. Daha fazla taşıyıcı kullanımı da mümkündür. 6x, 9x ve 12x kanal kullanma imkânı da sağlanmıştır. Bu sayede çok daha yüksek hızlara ulaşma imkânı sağlanmaktadır[5].

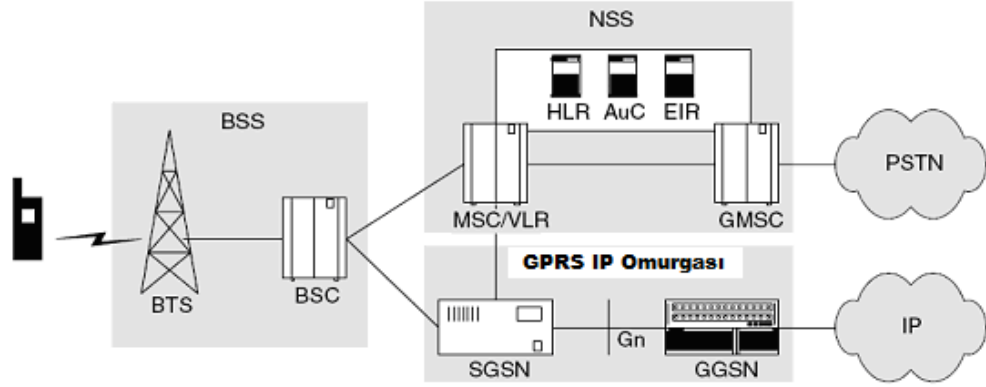
4.1.4. CDMA2000 Mimarisi



Şekil 4.2: CDMA2000 Mimarisi [5]

4.2. UMTS (WCDMA)

3. nesil mobil haberleşme ile birlikte her türlü trafik tipini (ses, video, veri) destekleyen yeni bir sistem oluşturulmuştur. Bununla birlikte yeni servislerin oluşturulması ve mobil cihazların hizmetine sunulması için gerekli altyapı sağlanmıştır. 3G ile birlikte IP tabanlı bir haberleşmeye geçilmesi, yeni neslin getirdiği asıl yeniliktir. 2.5G olarak da bilinen ve birçok operatörün hizmete sunduğu GPRS, IP tabanlı paket bağlaşımlı veri iletiminde ilk uygulamadır. Mobil haberleşmede GPRS omurgasının GSM şebekesine nasıl eklendiği Şekil 4.3 de görülmektedir.



Şekil 4.3: GPRS-GSM Mimarisi [5]

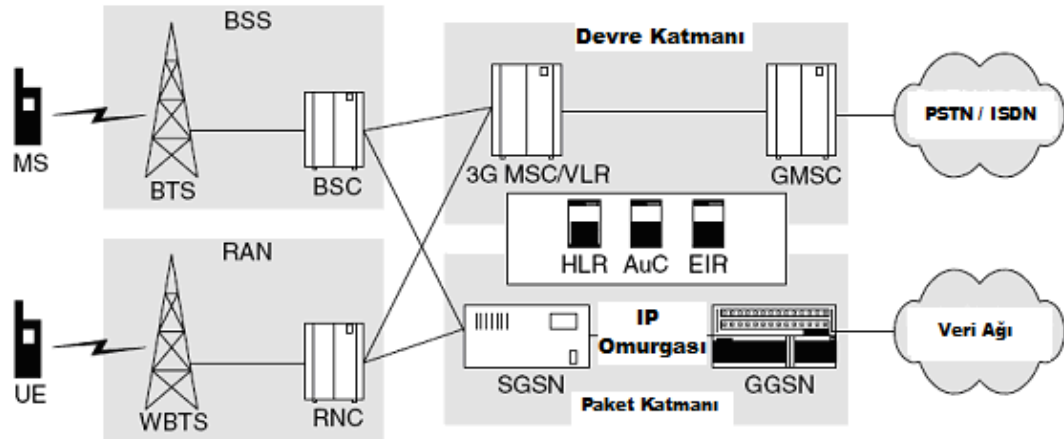
GPRS destek düğümü (SGSN) ile GGSN arasında Gn ara yüzü ile bağlantı sağlanmakta ve GTP (GPRS tunneling protokol) protokolü kullanılmaktadır. Bu bölümle şebeke içerisindeki mobil cihazlar verilerini, paket veri transferi ile internete veya başka bir özel ağa göndermektedir. Bu yapı IP protokolünün SGSN ile GGSN arasındaki haberleşmede kullanılmasıyla ilk defa GSM şebekesine girmesini sağlamıştır. Bu yapı mobil cihazın elektronik posta gönderip almasına, internet sayfalarını açmasına imkân sağlamaktadır ve ücretlendirilmesi zamana göre değil, alınan verinin büyüklüğüne göre yapılmaktadır.

4.2.1. UMTS R99

GSM yapısından UMTS'e geçiş için ilk hazırlanan mimari yapı, UMTS R99 yapısıdır. IMT-2000'de bahsedilen isteklerden birisi, yeni gelecek sistemlerin eski sistemlerle beraber uyumlu çalışması ve minimum eklentiyle uygulanabilir olmasıydı. Bunu sağlamak üzere üretilen ilk mimari R99'dur.

R99 ile beraber gelen en büyük değişiklik, Radyo Erişim Ağında (RAN-Radio Access Network) Kod Bölmelemeli Çoklu Erişim (CDMA-Code Division Multiple Access) yöntemine geçilmesidir. R99 ile birlikte artık hava ara yüzünde Geniş Bant CDMA (WCDMA) kullanılmaya başlanmıştır. Radyo Ağ Kontrolcüsü (RNC-Radio Network Controller) ile Mobil Anahtarlama Merkezi (MSC-Mobile Switching Center) arasında da artık Asenkron Transfer Modu (ATM) ile bağlantı sağlanmaktadır. Bu değişimler var olan ağ üzerinde ses, video ve veri iletimini destekleyecek şekilde yapılmıştır.

NSS (Network Switching Subsystem) ve GPRS merkezinde (GPRS Core veya CN) herhangi bir büyük donanımsal değişiklik yapılmadan, sadece yazılımsal güncellemelerle halledilmek üzere tasarlanmıştır R99. RNC, SGSN ile veri transferini artık IP protokolü üzerinden yapmaktadır.



Şekil 4.4: UMTS R99 Mimarisi [5]

4.2.1.1. WCDMA Baz İstasyonu

3. Nesil Proje Ortaklığı (3GPP) artık baz istasyonlarını Düşüm B (Node B) olarak adlandırmaktadır. Fakat WBTS olarak da kullanılan kaynaklar ve araştırmalar bulunmaktadır. Düşüm B, bir hücredeki kullanıcılara hizmet sunan birimdir. Sektörel antenler ile kendisine tahsis edilen çalışma frekansı üzerindeki tüm spektrumu farklı yönlerdeki kullanıcılara tahsis ederek haberleşme için gerekli bağlantıyı sağlar. Bir baz istasyonu her bir sektöre 2 taşıyıcı vererek 6 sektöre kadar kapsama alanını bölebilir[5].

Düşüm B hem RNC ile ATM bağlantı ile haberleşirken hem de mobil cihazlarla WCDMA bağlantı kurar. Bu iki bağlantıyı da desteklediği için ve aralarında dönüşümler yaptığı için çok fazla işlem yükü binmektedir.

4.2.1.2. Radyo Ağ Kontrolcüsü (RNC)

Yeni teknolojinin kalbi olarak gösterilir RNC. Ağ ile ilgili bütün kararların alındığı birimdir. Çok sayıdaki Düşüm B'den gelen trafiği karşılayabilmek için yüksek hızlı ve paket bağlaşımlı bir bağlantı ile merkez birimlere bağlanır. Düşüm B'lerin kontrolünden sorumludur. Mobil cihazdan gelen isteğe göre konuşma isteklerini devre bağlaşmasının kurulması için MSC'ye iletir.

Veri aktarım isteklerini de paket bağlaşmalı olarak SGSN'e bağlar. UMTS ile beraber gelen bir yenilik de RNC'ler arası bağlantı olmasıdır. RNC'lerin karar mekanizmaları yazılımsaldır fakat çok yüksek işlem kapasitesine sahip olmalıdırlar.

4.2.1.3. 3G Mobil Anahtarlama Merkezi (3G MSC)

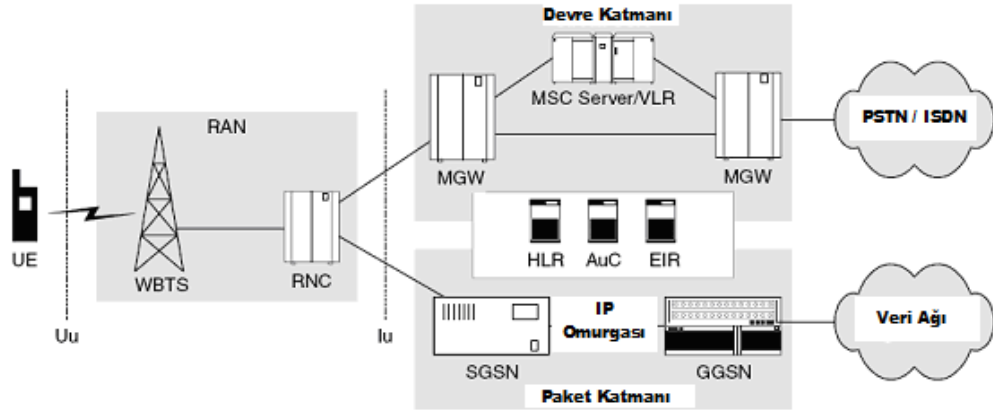
UMTS R99 ile beraber ağ kısmında da çok fazla bir değişiklik olmamıştır fakat yeni erişim yöntemlerini desteklemek amacıyla birçok yazılımsal güncelleme yapılması gerekmektedir. 3G MSC'nin görevi GSM'deki MSC ile aynıdır. Fakat 2G MSC, darbandlı bir cihazdır ve A ara yüzü ile BSS'e bağlanır. Bu aradaki trafik ses için 64 kbps'dir ve PCM modülasyonludur. Diğer taraftan RAN, ses iletiminde MSC ile arasındaki iletimi ATM üzerinden yapar ve farklı uyumlu hızlarda bağlantı kurar. Bu farklı bağlantılar için ses 4.75 kbps'dan 12.2 kbps'a kadar farklı hızlarda kodlanır. Bu farklı hızlarda kodlama MSC ile RAN arasında uyumsuzluk yaratacaktır. Bu uyumsuzluğu gidermek için de IWF (Interworking Function) fonksiyonu üretilmiştir. IWF'nin iki görevi vardır:

- Kullanıcı ile kurulan bağlantıda 64 kbps PCM gelen işaretlerin kodlanmasında ve çözülmesinde görev yapar. İletim devre bağlaşmalı yapılacaksa veriyi TDM zaman dilimine koyar veya TDM zaman diliminden okur.
- MSC işaretleşme mesajları ve RAN işaretleşme mesajlarını alarak rapor oluşturur.

2G MSC ile IWF fonksiyonunun birleşiminden oluşmaktadır 3G MSC. Bazı üreticiler IWF fonksiyonunu ayrı bir donanım olarak eklemektedir GSM'e ve bu donanıma MGW (Media Gateway). MGW; TDM, ATM ve IP arasında geçişler yapar.

4.2.2. UMTS R4

UMTS R4 ile birlikte şebekedeki devre bağlaşmalı kısım yenilenmektedir. Daha önce devre üzerinden akan trafik artık paket bağlaşmalı IP ağı üzerinden akar ve MGW ile dışa ağlara bağlanır. Bu durumda şebekeye giren ve çıkan trafik MGW tarafından kontrol edilir. MGW devre bağlaşmalı kısımla paket bağlaşmalı kısım arasında geçişleri sağlamakla sorumludur. İçeride paket bağlaşmalı olan iletimin dışarıdaki devre bağlaşmalı olan ISDN ve PSTN'e geçişi gene MGW tarafından yapılır. MGW, MSC tarafından gönderilen komutlarla kontrol edilir. CS CN alanındaki kullanıcı verileri IP ara yüzleriyle gönderilmektedir.



Şekil 4.5: UMTS R4 Mimarisi [5]

UMTS R4’de, UMTS R99’dan farklı olan sadece CS alanındaki ağ yapılarıdır. PS alanında ve radyo erişim ağında (RAN) herhangi bir değişiklik yoktur.

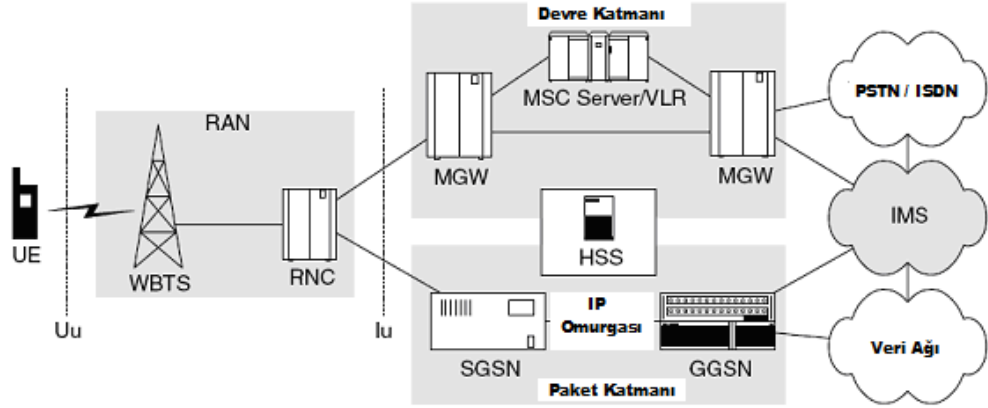
Mobil cihaz bakımından incelersek devre bağlaşmalı trafik, bitlerin akışı şeklinde aynıdır. Bu bitler farklı paketlere bölünüp gönderilse veya farklı hücrelerden gelse de bunlar UMTS karasal RAN (UTRAN) üzerinden iletilmektedir.

4.2.3.UMTS R5

UMTS R5’te artık tüm ses, veri ve video iletimi IP tabanlı olarak yapılmaktadır. R5, temelde CN’da IP tabanlı paket anahtarlama iletimin uygulanmasını temel alan bir yapıdır. UMTS R5 ile GPRS’te değişiklik yapılarak paketler uç cihazlar arasında IP tabanlı olarak iletilmektedir. GPRS’te yapılan değişiklik ise GPRS ağının IP Multimedya Sistemi (IMS)’e bağlanarak çalıştırılmasıdır. R5 uygulamasında GPRS omurgası ATM ağ yapısındaki seviyede Servis Kalitesi (QoS-Quality of Service) sağlamalıdır. Bu sayede zaman hassasiyetli trafik akışı sağlanabilir (ses veya multimedya). CN’deki yapılan değişimlerin yanı sıra radyo erişim ağı (RAN)’nda da artık ATM yerine IP tabanlı iletme geçilir. Her ne kadar R5’te bütün iletim IP tabanlı olarak yapılıyor gibi gözükse de operatör, ağın bazı kısımlarında ATM kullanabilir. Bunun nedeni de UMTS için yapılan projelerin daha önceki sistemlerle uyumlu çalışmasının gerekmesidir.

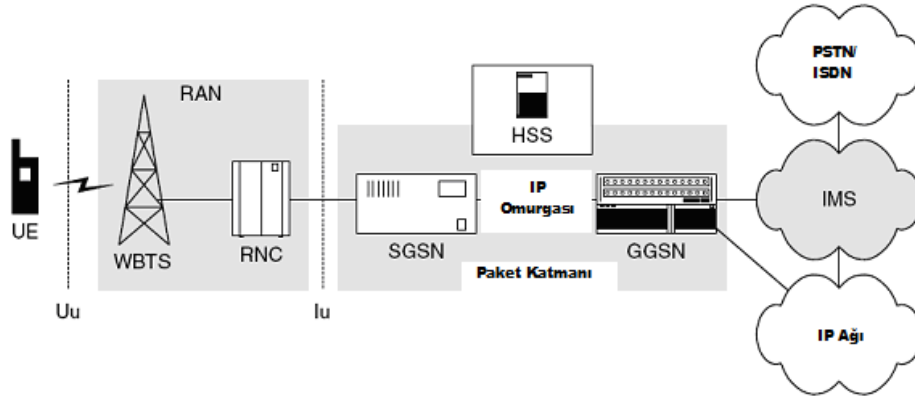
R5 ağ yapısında, ses trafiği artık IP QoS mekanizması kullanan GPRS ve IMS üzerinden yapıldığı için CS bölümü gerekli değildir. Çoğu operatör R5 IMS ile birlikte R4 CS’i beraber kullanmaktadır. Bunun nedeni R4 yapısından IP tabanlı

R5 yapısına geçerken oluşacak sorunlardan minimum etkilenmek içindir. UMTS R4'ten R5'e geçiş sırasındaki iki sistemin ortak kullanıldığı hibrid mimariyi Şekil 4.6 da görmekteyiz.



Şekil 4.6: UMTS R5 Hibrid Mimari [5]

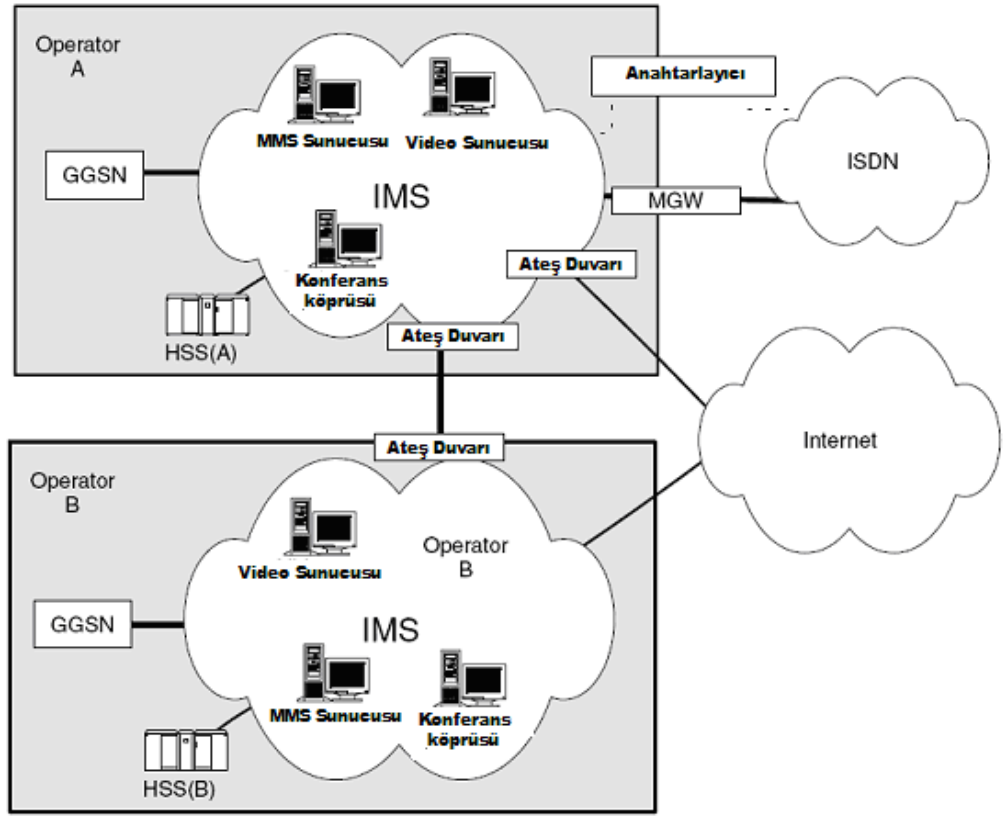
Bu hibrid yapı sonrasında geçilecek R5 mimarisini de Şekil 4.7 de görmekteyiz.



Şekil 4.7: UMTS R5 Mimarisi [5]

4.2.3.1. R5 IMS (IP Multimedia Subsystem)

R5 yapısının getirdiği yeniliklerden birisi de IMS'dir. Gerçek zamanlı multimedya servisini desteklemek için tasarlanmış bir IP ağı alanıdır. IMS bağlantı yapısını Şekil 4.8 de görmekteyiz.



Şekil 4.8: IMS Bağlantı Şeması [5]

Mobil cihaz, IMS ile GPRS aracılığı ile haberleşir. IMS, GGSN'e doğrudan bağlıdır. IMS'in kullanıcılara sağladıkları:

- Gerçek zamanlı ses, video ve multimedia iletimi
- Sesli ve görüntülü konferans
- Video, multimedia ve ses indirme, gönderme
- Video, multimedia ve ses yayını yapabilme
- Multimedia mesaj servisi (MMS)

Her operatörün IMS'leri birbirine bağlıdır. Farklı ağlarda bulunan kullanıcılar bu sayede multimedia paylaşımı yapabilmektedir. IMS'in internete direk bağlı olması sayesinde MMS, VoIP ve görüntülü konuşma servislerinin mobil cihaz ile sabit telefon arasında da kullanılabilir hale sokmuştur. IMS ile IP tabanlı ağlar arasındaki bağlantı Ateşduvarı (Firewall) ile izinsiz ve kötü amaçlı kişilerin girişinden korunmaktadır. IMS ile CS arasındaki bağlantı MGW tarafından kontrol edilmektedir. IMS, doğrulama (authentication), yetkilendirme (authorization), hareket yönetimi için HSS (Home subscriber system)'a bağlıdır. IMS, servisleri

sağlamak için bazı fonksiyonlarla yönetilir:

- Çağrı oturum kontrol fonksiyonu
- Uygulama merkezi
- Çökme ağ geçidi kontrol fonksiyonu
- Multimedya kaynak fonksiyonu

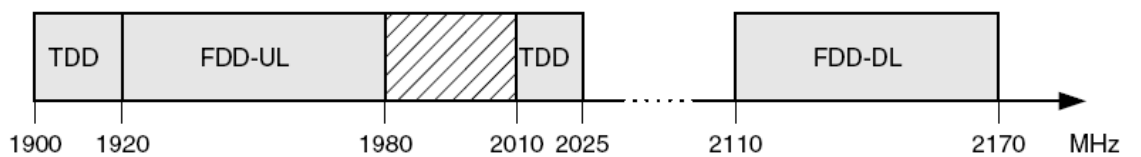
4.2.4. UMTS FDD ve TDD

Bütün CDMA sistemlerde olduğu gibi UMTS de verimli çalışmak için geniş bir frekans bandına ihtiyaç duyar. Sistemin karakterini belirleyen çip hızıdır. Çip, bir CDMA kodunun bir sembolünün genişliğidir. UMTS, 3.84 Mcps/s çip hızını kullanır ve bu işaretlerin 5 MHz genişliğinde bir spektruma yayılır. cdmaOne, 1.25 MHz bant kullanmaktadır. UMTS ise 5 MHz bant genişliğine ihtiyaç duyar ve bunu Genişbant CDMA (WCDMA) sağlamaktadır[5].

UMTS şemsiyesi altında iki tane radyo teknolojisi vardır:

- UMTS TDD (Time Division Duplex)
- UMTS FDD (Frequency Division Duplex)

UMTS FDD, GSM'deki gibi indirme ve gönderme için farklı frekans aralıkları kullanır. Bunu sağlamak için operatörün frekans çiftlerine ihtiyacı vardır. UMTS TDD ise sadece tek frekans kanalına ihtiyaç duyar, gönderim ve alımı farklı zaman dilimlerinde yaparak sürekli haberleşmeyi sağlayabilmektedir. ITU-T spektrum kullanımına göre, FDD gönderim için 1920–1980 MHz, alım için 2110–2170 MHz bandını kullanır. Operatör en az bir frekans çiftine ihtiyaç duyar. Birisi alım, diğeri de gönderim içindir. Bu frekans çifti arasında da 190 MHz'lik bir aralık gerekmektedir. UMTS için atanan frekans spektrumunda 12 çift WCDMA kanal bulunmaktadır. UMTS TDD için sadece bir tane 5 MHz kanal yeterlidir. Bu nedenle frekans çiftleri tahsis edilmez.



Şekil 4.9: UMTS FDD-TDD Frekans Şeması

FDD ve TDD, alt katmanlarda, özellikle radyo erişim ara yüzünde farklılık yaratmaktadır. Üst katmanlarda yapılan işlemler tamamıyla aynıdır. TDD sistem alım ve gönderimi farklı zaman dilimlerini kullanarak ayırır. UMTS 10 ms çerçeveler kullanmaktadır. TDD’de her 10 ms’lik çerçeve 15 dilime bölünür. TDD geniş kapsama alanlarında kullanılmak için uygun değildir. Girişim ve gecikme etkileri kapsama alanını TDD için daraltmaktadır. Geniş kapsama alanlarına ihtiyaç duyulduğunda FDD daha verimlidir. Fakat yüksek hızlı veri aktarım hizmetinin ihtiyaç duyulduğu küçük alanlarla TDD yüksek verimde çalışmaktadır. Bu nedenle TDD, FDD kapsama alanları içerisinde yüksek hizmet isteyen küçük bölgelerde bir tamamlayıcı olarak kullanılmaktadır.

5. RADYO DALGALARININ YAYILIMI

5.1. Radyo Dalgalarının Yayılımı

Mobil haberleşme için radyo dalgalarının yayılımı çok önemli bir konudur. Radyo dalgaları her zaman gönderilen yönde sabit olarak gitmezler. İletilmek istenen elektromanyetik alanlar genellikle, özellikle yerleşim yerlerinde, alıcı antenine direkt bir yolla ulaşmazlar. Yani alıcı anteni ile verici anten arasında direkt bir görüş yoktur. Bazı durumlarda da alıcı anteni ile verici anteni arasında direkt görüş vardır. Fakat direkt görüş olsa da olmasa da vericiden gönderilen elektromanyetik dalgalar bir şekilde alıcıya ulaşır ve haberleşmeyi sağlar. Bu durumda da hesaplanan kayıplarda büyük değişiklikler olmaktadır. Bu değişikliklerin zararları, sinyalin zayıflamasına neden olmasının yanında deterministik olmamasıdır. Yani her bölge için ve her değişen bina yapıları için toplam kayıpta farklı değerlere sahip olunması ve bunların analitik olarak hesaplanamaması aslı problemdir. Dalgaların direkt yayılımının yanı sıra yönlerini değiştiren ve farklı doğrultularda ilerlemesini sağlayan bazı durumlar vardır. Bunlar yansıma, kırılma ve saçılma.

5.1.1. Yansıma

Elektromanyetik dalga, içerisinde ilerlediği ortamdan farklı elektriksel özelliklere sahip bir ortama çarptığı zaman, elektromanyetik dalganın bir kısmı ortamlar arasındaki sınır bölgesinden belirli bir açıyla geri döner. Bu duruma elektromanyetik alanın yansıması denir.

5.1.2. Kırılma

Elektromanyetik dalga bir engelle çarptığı zaman bazen engelden yansımaz ve farklı şekilde ilerlemeye devam eder. Elektromanyetik dalganın çarptığı cisim, kaynak gibi davranır ve elektromanyetik alanın gittiği yönde bir ikinci dalga oluşturur. Gelen dalga ile cismin oluşturduğu dalga birleşerek ilerler. Kırılmaya neden olan bu ikinci dalgadır. Bazen ikinci dalga, cismin gölgesinde kalan alana doğru olabilir.

Bu durumda gelen elektromanyetik dalganın gitmesi gereken yöne, cismin oluşturduğu ikinci dalga gider ve bu duruma kırılma denir. Burada ikinci dalga daha düşük güçlü olacaktır. Bu nedenle kırılmaya uğrayan dalga daha düşük güçlüdür[6].

5.1.3. Saçılma

Bazen elektromanyetik alanın çarptığı cisim bozuk yüzeylelidir. Bu durumda çarpan elektromanyetik dalga tek bir yönde yansımaz. Çarpan dalga her yönde yansır ve her yöne yayılır. Bu duruma saçılma denir. Saçılan dalganın bir yöndeki bileşeni, gelen dalgadan daha düşük bir güce sahiptir.

Bu yansıma, kırılma ve saçılma bilindiği üzere her bölgede her noktada farklı olarak etki gösterecektir. Binaların çok olduğu ve yüksek olduğu noktada farklı, binaların aralarına mesafelerin fazla olduğu ve binaların alçak olduğu bölgelerde farklı etki yapacaktır. İşte bu değişimlerle ilgili olarak mobil haberleşme için farklı radyo dalga yayılım modelleri üretilme ihtiyacı doğmuştur. Çevredeki çatı yükseklikleri, mobil cihazın yüksekliği, binaların sıklığı gibi bazı parametreler göz önüne alınarak o bölgede oluşabilecek sinyal zayıflamasının değeri yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir. Bu tahmin daha önceden yapılan ölçümler ve analizler sonucunda üretilen yaklaşık modeller aracılığı ile yapılmaktadır. Her model, analiz ve ölçüm yapıldığı bölgenin özelliklerine benzer bölgelerde kullanılarak verimli sonuçlar alınabilmektedir.

GSM sistemler için birçok radyo dalga yayılım modelleri geliştirilmiş ve başarıyla uygulanmıştır. Bunlar 900, 1800 ve 1900 MHz için kentsel ve kırsal kesimler için tasarlanmış radyo dalga yayılım modelleridir. GSM sonrasında yeni nesil mobil haberleşme ile beraber gelen UMTS ise 2000 MHz frekansında çalışmaktadır. Bu nedenle UMTS için dalga yayılımı için bu modellerin birçoğu kullanılamaz. Bunların yerine yeni modeller oluşturulması gerekmektedir. Aynı zamanda GSM sistemler TDMA/FDMA erişim metotları kullandığı için daha sağlam bir yapıya sahiptir. Fakat UMTS ile beraber erişim metodu artık CDMA olmuştur. CDMA erişim metotlu UMTS planlaması için daha kesin ve daha doğru veriler elde edilebilmesi gerekmektedir [7].

5.2. Okumura Modeli:

Okumura modeli kentsel kesim için en çok kullanılan radyo dalga yayılım

modellerinden bir tanesidir. İlk tasarlandığında 150 MHz ile 1920 MHz arası frekanslar için tasarlanmış olsa da 3000 MHz'e kadar kullanılabilen bir modeldir. 1 km ile 100 km arasındaki mesafeler için uygun bir modeldir. Anten yüksekliklerinin 30m ile 1000m arasında olduğu durumlarda geçerli olan bir modeldir[6].

Okumura modeli elde edilen bazı eğriler üzerinden sonuçlar elde etmektedir. Okumura modelinde geliştirilen bu eğrilerden birisi ortam sönümlenme ilişkisini veren A_{mu} 'dur. Ortam sönümlenme ilişkisinin hesabı kentsel bölgedeki baz istasyonu anteninin 200'de 1'i ve mobil antenin yüksekliğinin 3'te 1'i değerleri üzerinden hesaplanan, serbest uzay yol kaybına düzeltme olarak eklenen bir değerdir. A_{mu} eğrisi, baz istasyonunda ve mobil cihazda omni anten kullanılarak yapılan birçok ölçümle beraber çizilmiştir. Okumura modeli ile yol kaybı hesaplanması sırasında noktadan noktaya kayıp olan serbest uzay yol kaybına ortam sönümlenme ilişkisi eklenir ve bölgenin özelliklerine göre bazı düzelme değerleriyle daha doğru bir sonuç elde edilmektedir.

$$L_{50}(dB) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA} \quad (5.1)$$

L_{50} burada 50. algılanabilir yol kaybı değerini göstermektedir. L_F serbest uzay yol kaybını, A_{mu} ortam sönümlenme ilişkisini, $G(h_{te})$ baz istasyonu anten yüksekliği kazanç faktörünü, $G(h_{re})$ mobil cihazın anten yüksekliği kazanç faktörünü, G_{AREA} ise çevre koşullarının getirdiği kazancı göstermektedir. Burada anten yüksekliği kazanç faktörleri anten paternlerinden bağımsız sadece yükseklik etkisinin getirdiği bir değerdir.

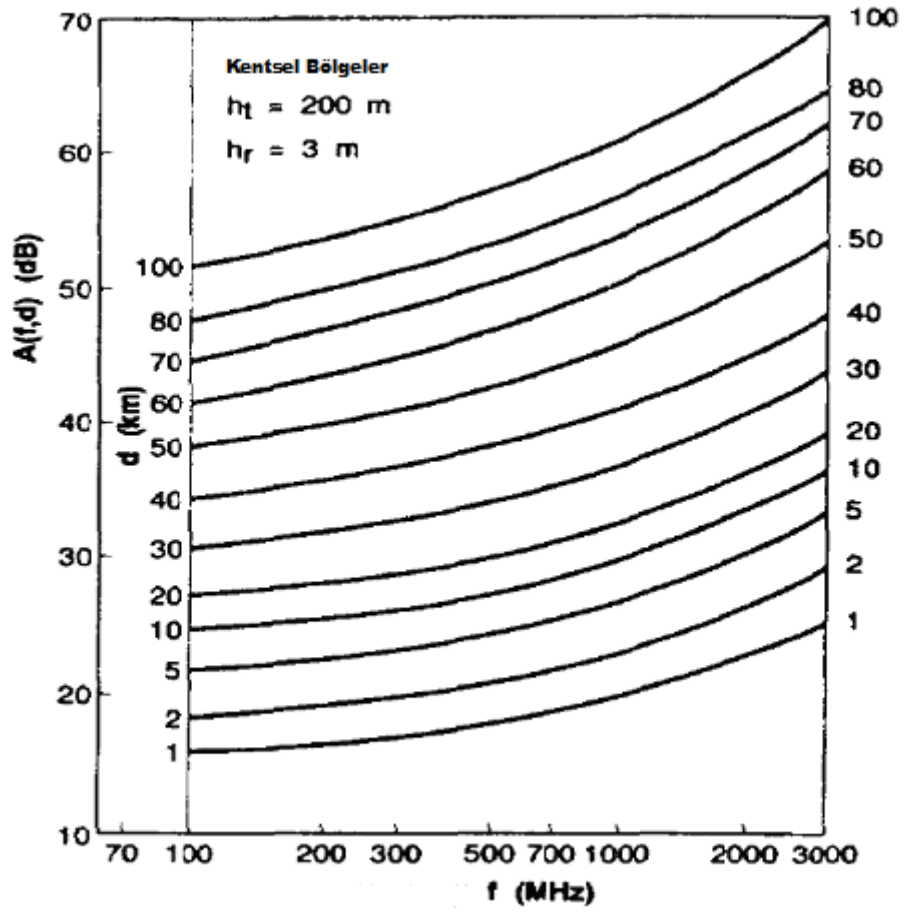
Ortam sönümlenme ilişkisi olan A_{mu} için gerekli ölçüm ve testler sonucu elde edilen değişim eğrisi Şekil 5.1 deki gibidir.

Diğer veriler olan $G(h_{re})$ ve $G(h_{te})$ 'nin hesabı da aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

$$G(h_{te}) = 20 \log\left(\frac{h_{te}}{200}\right) \quad 1000m > h_{te} > 30m \quad (5.2a)$$

$$G(h_{re}) = 10 \log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \quad h_{re} \leq 3m \quad (5.2b)$$

$$G(h_{re}) = 20 \log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \quad 10m > h_{re} > 3m \quad (5.2c)$$



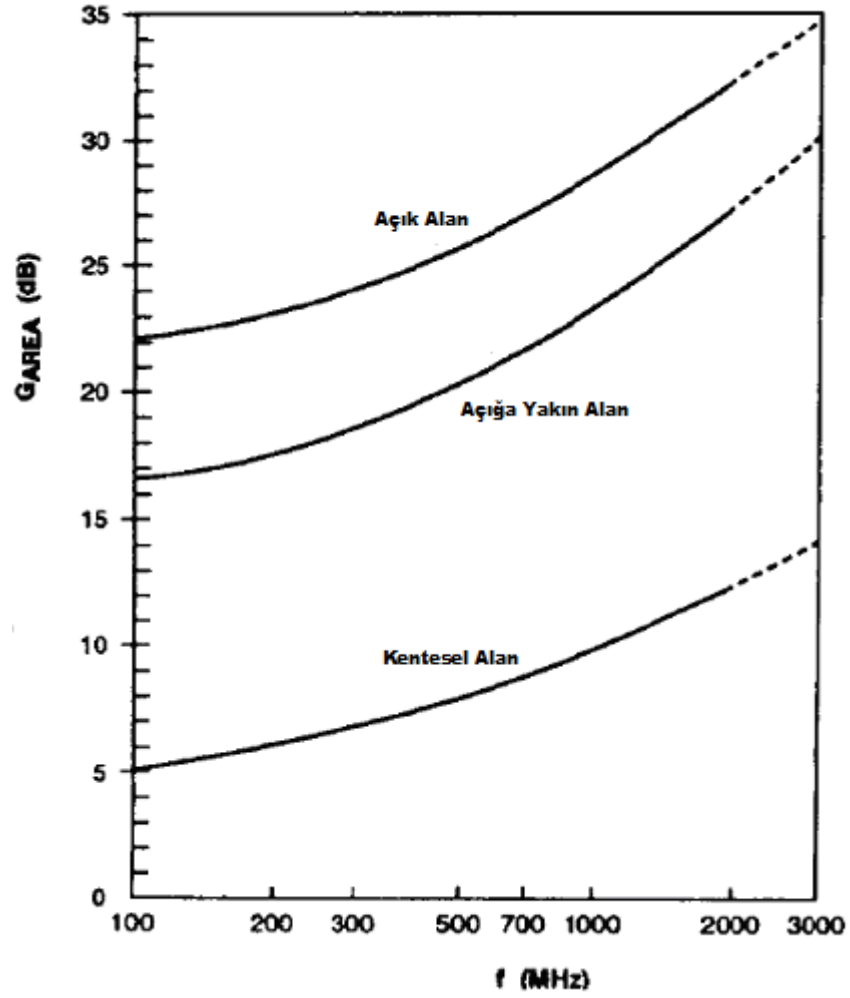
Şekil 5.1: Okumura Ortam Sönümlenme Eğrisi [6]

Çevre koşullarından dolayı gelen bir kazanç olarak formülde yerini alan G_{AREA} ise gene Şekil 5.2 deki Okumura eğrisi üzerinden hesaplanmaktadır.

Bu bahsedilen etkilerin yanı sıra yer yüzeyindeki dalgalanmaların etkisi, yamaç yükseklikleri, ortalama zemin eğimi, kara-deniz etkileri de Okumura modeline eklenebilen değerlerdir. Bunlar için de üretilmiş Okumura eğrileri mevcuttur.

Okumura modeli tamamıyla ölçümlere ve analizlere dayalı bir metottur. Analitik olarak bir açıklaması bulunmamaktadır. Bütün durumlar için gerekli olan değerler, o durumda yapılan ölçümler sonucu elde edilmiş eğriler üzerinden elde edilmektedir.

Okumura modeli Japonya için tasarlanmış bir modeldir. Hücresel haberleşme ve karasal mobil radyo sistemleri için gerekli değerlerin hesaplanmasında kullanılan başarılı bir modeldir. Okumura modelinin eksikliği ise ortam şartlarındaki ani değişimler için çok yavaş tepki vermesidir. Bu eksiklik dışında kentsel ve kırsal bölgelerde başarıyla kullanılan bir metottur.



Şekil 5.2: Okumura Düzeltme Faktörü Eğrisi [6]

5.3. COST231 Hata Model:

3G ile beraber gelen yeni sistemde kullanılacak frekansların değişmesiyle beraber yeni gelişen modellerden birisi de COST231 Hata modelidir. Hata modeli normalde 150MHz ile 1500MHz frekans aralığı için tasarlanmıştır. Bu model daha sonra Avrupa Bilim ve Teknoloji Komitesi (European Committee of Science and Technology-COST) tarafından Avrupa coğrafyasına göre revize edilerek ve yapılan ölçümlerin frekansları yeni gelecek sisteme göre yapılarak COST231 Hata modelini üretmişlerdir [8]. Bilindiği gibi yeni geçilen sistemle değişen frekanslar ile yol kayıpları 900MHz frekansındaki kayıplara göre daha dramatik olmaktadır. Bütün koşullar aynı tutulduğunda 1845MHz frekansındaki kayıp, 955MHz frekansındaki

kayıptan 10dB daha fazla olmaktadır. Bu örnekte frekansın etkisini net olarak görebilmekteyiz.

COST231 Hata modeli, Hata modelinin 1500MHz ile 2000MHz frekans aralığı için uyarlanmış bir sürümüdür. COST231 Hata modelinde kullanılan parametreler:

- Taşıma frekansı f_c 1500–2000 MHz
- BS Anten Yüksekliği h_b 30–200 m
- MS Anten Yüksekliği h_m 1–10 m
- Mesafe d 1–20 km

COST231 Hata modeline göre toplam yol kaybının hesabı şu formüle göre yapılmaktadır:

$$L_p(dB) = A + B \log(d) + C \quad (5.3)$$

$$A = 46.3 + 33.9 \log(f_c) - 13.28 \log(h_b) - a(h_m) \quad (5.4)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log(h_b) \quad (5.5)$$

$C = 0$ orta ölçekli şehirler ve kırsal kesim için

$C = 3$ büyük şehirler için

Buradaki $a(h_m)$ mobil cihazın anteni için bir düzeltme faktörüdür. Bu değer küçük ve orta ölçekli şehirler için:

$$a(h_m) = (1.1 \log f_c - 0.7) h_m - (1.56 \log f_c - 0.8) dB \quad (5.6)$$

Büyük şehirler için:

$$a(h_m) = 8.29 (\log 1.54 h_m)^2 - 1.1 dB \quad f_c < 300 MHz \quad (5.7a)$$

$$a(h_m) = 3.2 (\log 11.75 h_m)^2 - 4.97 dB \quad f_c > 300 MHz \quad (5.7b)$$

Şeklinde hesaplanabilmektedir.

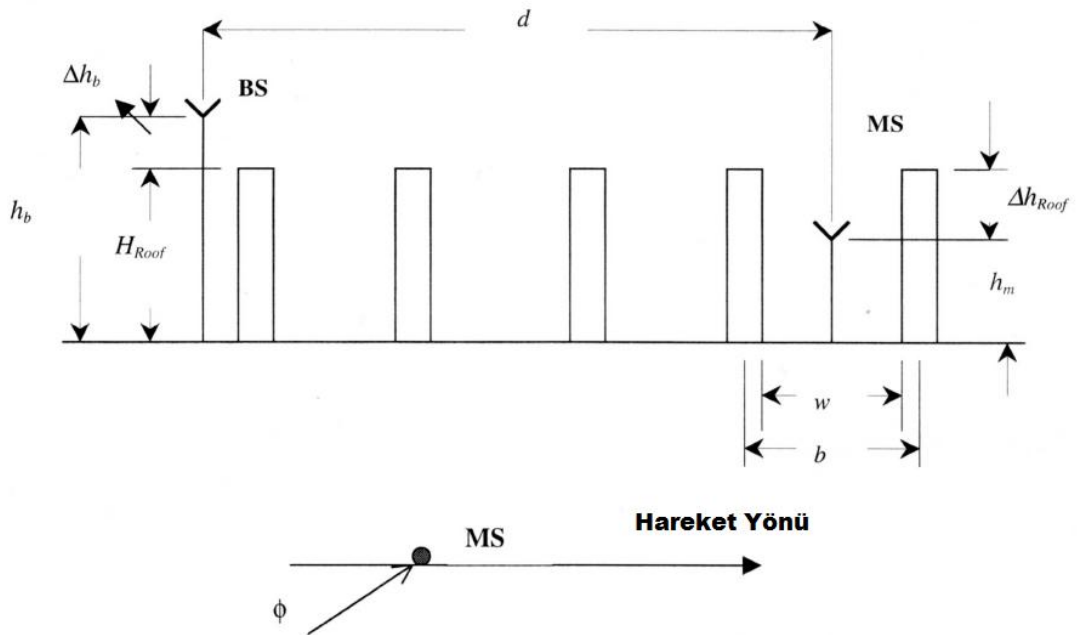
5.4. COST231 Walfish-Ikegami Modeli:

COST231 Walfish Ikegami modeli, Walfish ve Ikegami modelleri temel alınarak oluşturulmuş ve UMTS frekans bandı için de kullanılabilen bir modeldir. Bu modelde baz istasyonu anteninin yüksekliği çatı yüksekliklerine yakın olduğu durumlarda kötü sonuçlar verebilmektedir[9]. Direkt görüş olunan durumla, direkt görüşün olmadığı durum için farklı formüller elde edilmiştir. Direkt görüşün olduğu durumda kayıp serbest uzay yol kaybına eşittir ve

$$L_p(dB) = 42.6 + 26\log(d) + 20\log(f_c) \quad (5.8)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Burada d iletim mesafesidir ve km olarak formülde yerini alır. Diğer parametre f_c ise taşıyıcı frekansını gösterir ve MHz olarak formülde kullanılır.

Direkt görüşün olmadığı durumda kullanılan parametreler Şekil 5.3 de gösterilmiştir.



Şekil 5.3: Walfish-Ikegami Parametreleri [9]

- h_{roof} bina yüksekliğini
- b bina aralığı
- w sokak genişliği
- ϕ hareket yönü ile radyo dalgasının yönü arasındaki açı

COST231 Walfish-İkegami modelinde direk görüş olmadığı durumda yol kaybı formül 5.9a ve 5.9b deki gibi hesaplanır[9]

$$L_p = L_0 + L_{rts} + L_{msd} \quad L_{rts} + L_{msd} \geq 0 \quad (5.9a)$$

$$L_p = L_0 \quad L_{rts} + L_{msd} < 0 \quad (5.9b)$$

L_0 Serbest uzay yol kaybı

L_{rts} Çatıdan sokağa kırılma ve saçılma kaybı

L_{msd} Çoklu-ekran (multi-screen) kırılma kaybını ifade etmektedir.

Bu değerler aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$L_0 = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(f_c) \quad (5.10)$$

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \log(w) + 10 \log(f_c) + 20 \log \Delta h_m + L_{ori} \quad (5.11)$$

$$L_{ori} = -10 + 0.354(\phi) \quad 0^\circ \leq \phi \leq 35^\circ \quad (5.12a)$$

$$L_{ori} = 2.5 + 0.075(\phi - 35) \quad 35^\circ \leq \phi \leq 55^\circ \quad (5.12b)$$

$$L_{ori} = 4.0 - 0.114(\phi - 55) \quad 55^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \quad (5.12c)$$

$$\Delta h_m = h_{roof} - h_m \quad (5.13)$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log(d) + k_f \log(f_c) - 9 \log(b) \quad (5.14)$$

$$L_{bsh} = -18 \log(1 + \Delta h_b) \quad h_b \geq h_{roof} \quad (5.15a)$$

$$L_{bsh} = 0 \quad h_b < h_{roof} \quad (5.15b)$$

$$k_a = 54 \quad h_b > h_{roof} \quad (5.16a)$$

$$k_a = 54 - 0.8 h_b \quad d \geq 0.5 \text{ km ve } h_b \leq h_{roof} \quad (5.16b)$$

$$k_a = 54 - \frac{0.8 \Delta h_b d}{0.5} \quad d < 0.5 \text{ km ve } h_b \leq h_{roof} \quad (5.16c)$$

$$k_d = 18 \quad h_b > h_{roof} \quad (5.17a)$$

$$k_d = 18 - \frac{15 \Delta h_b}{h_{roof}} \quad h_b \leq h_{roof} \quad (5.17b)$$

$$k_f = -4 + 0.7(f_c/925 - 1) \quad \text{orta ölçekli şehir ve kırsal kesim için} \quad (5.18a)$$

$$k_f = -4 + 1.5(f_c/925 - 1) \quad \text{metropoller için (5.18b)}$$

$$\Delta h_b = h_b - h_{roof} \quad (5.19)$$

k_a baz istasyonu anteninin komşu binanın çatısından daha alçak olduğu durumlarda kayıpta oluşacak artışı gösterir. k_d ve k_f ise frekans ve mesafenin çoklu-ekran kırılma kaybına olan etkilerini göstermektedir[9].

Bu modelin geçerli olduğu durumlar:

- f_c 800–2000 MHz
- h_b 4–50 m
- h_m 1–3 m
- d 20 m – 5 km

Bu model en iyi olarak $h_b \gg h_{roof}$ olduğu durumda çalışmaktadır. $h_b \approx h_{roof}$ olduğu durumda büyük hatalar oluşabilmektedir[9].

6. LİNK BÜTÇESİ

6.1. Link Bütçesi

Link bütçesi hesabı mobil sistemde kapsama alanları, kapasite ve QoS hakkında bilgi sahibi olmak için gerekli olan hesaplardır. Bu hesaplamada radyo yayılımından ve çevre koşullarının radyo dalgalarına olan etkileri sonucunda oluşan etkiler aynı zamanda sistemin tölere edebileceği marjlarla beraber bazı hesaplamalara sokulur. Sonucunda da kullanılacak sistem için gerekli bilgiler elde edilebilir. Bir mobil ağda, bir bölgede yapılan kapsama alanı ve kalite artırımı, başka bir bölgeye girişim yapacağı için hesaplarımızda bizi sınırlamaktadır. Bu nedenle her bölgenin özelliklerine göre diğer bölgeleri yani hücreleri minimum etkiyle parametreleri belirlemek gerekmektedir. Link bütçesi hesabı yapılırken bazı kıstaslar göz önüne alınmaktadır[10]. Bunlar:

- Servis tipi (iletilecek veri tipi ve hız)
- Çevre tipi (arazi özellikleri, bina özellikleri)
- Mobil cihaz özellikleri (hız ve maksimum güç)
- Sistem yapılandırma (Baz istasyonu anteni, çıkış gücü, kablo kayıpları ve aktarım kazancı)
- Finansal ve ekonomik faktörler (daha yüksek kalite için pahalı cihazlar kullanmak veya daha ucuz cihazları tercih etmek)

Kentsel kesimlerde hücre sınırlarını belirleyen önemli etkenlerden birisi de kullanıcı sayısıdır. Kullanıcı sayısının arttığı bölgelerde hücreler daha küçük çaplı ve daha sıklıkla baz istasyonları kullanılmak zorundadır. Çünkü belirleyici faktör alanın genişliğinden ibaret bölgedeki her kullanıcıya hizmet verilmesi gerekliliğidir. Örneğin GSM için hücre yarıçapları 30km'ye kadar çıkabilse de, bu alandaki kullanıcı sayısının çok olması nedeniyle herkese tek istasyondaki limitli kanal sayısı ile hizmet edilemeyeceği için daha fazla baz istasyonlarıyla küçük hücrelere bölünerek frekans tekrar kullanımı ile daha fazla kullanıcının eşzamanlı konuşması sağlanabilmektedir.

Link bütçesi hesaplanırken kullanılan parametreler:

- Maksimum mobil cihaz çıkış gücü [W]
- Mobil cihaz anten kazancı [dBi]
- Mobil cihaz içi kayıp [dB]
- Alıcı ısı gürültü yoğunluğu [dBm/Hz]
- Alıcı gürültü figürü [dB]
- Girişim marjı [dB]
- İşlem kazancı [dB]
- Gerekli olan Eb / No değeri [dB]
- Baz istasyonu anten kazancı [dBi]
- Baz istasyonu kablo kayıpları [dB]
- Hızlı sönmleme marjı [dB]
- Log-Normal sönmleme marjı [dB]
- Yumuşak aktarım kazancı [dB]
- Araç veya Bina içi etki kaybı [dB]
- Maksimum yol kaybı [dB]
- Hücre sınırı için hesaplanan yol kaybı [dB]

Mobil sistemler için sistem link bütçesi hesaplanırken genellikle mobil cihazdan baz istasyonuna gönderim açısından hesaplama yapılır. Mobil cihazın çıkış gücü daha düşük olduğu için mobil cihazın baz istasyonuna ulaşabildiği durumda zaten baz istasyonu mobil cihaza ulaşabilmektedir[10]

Link bütçe hesabının nasıl yapıldığını öncelikle inceleyelim. İlk olarak hesaplayacağımız şey olabilecek en büyük yol kaybının hesaplanmasıdır. Bunun hesabını aşağıdaki adımlarla yapabiliriz:

- Eşdeğer İzotropik Işıma Gücü (EIRP-Equivalent Isotropic Radiated Power)

EIRP, sistemin veriyi gönderen kısmında ışının antenden çıktığı andaki toplam gücü gibi düşünülebilir. Bunun normal güçten farklı olarak adlandırılmasının nedeni göndericinin sağladığı güçten gönderici içi kayıpların çıkartılıp anten kazancının gücü direk olarak arttırmasa da kazanca olan etkisinin katılmasıyla hesaplanmış hali olmasıdır. Yani EIRP, göndericinin gücüne, üreticiden antenin ışmasına kadar olan kısımdaki etkilerin eklenmiş halidir[11].

$$EIRP[dBm] = P_{r\ maks}[dBm] + L_{body}[dB] + G_{\text{anten}}[dBi] \quad (6.1)$$

$P_{r\ maks}[dBm]$: Maksimum mobil cihaz çıkışı

$L_{body}[dB]$: Mobil cihaz içi kayıplar

$G_{\text{anten}}[dBi]$: Anten kazancı

- Toplam gürültü ve girişim etkisi

Alıcıdaki gürültü ve girişim, link bütçesinde etkili bir parametredir. Gürültü cihazların oluşturduğu ısı gürültüden ve başka kaynaklardan gelen benzer frekanslı işaretlerden oluşmaktadır. Girişim ise komşu hücreden gelen aynı frekanslı işaretlerden veya komşu kanallarla yapılan haberleşmeden gelen bant dışı işaretlerden oluşmaktadır[11].

$$R_{ND}[dBm/Hz] = R_{TND}[dBm/Hz] + NF[dB] \quad (6.2)$$

$R_{ND}[dBm/Hz]$: Alıcı gürültü yoğunluğu

$R_{TND}[dBm/Hz]$: Alıcı ısı gürültü yoğunluğu

$NF[dB]$: Gürültü figürü

$$N_R[dBm] = R_{ND}[dB/Hz] + 10 \log[3840000] \quad (6.3)$$

$N_R[dBm]$: Alıcı gürültü gücü

$$T_{NI}[dBm] = I_M[dB] + N_R[dBm] \quad (6.4)$$

$T_{NI}[dBm]$: Toplam gürültü ve girişim

$I_M[dB]$: Girişim marjı

- İşlen Kazancı

UMTS sistemi alıcı için 5MHZ bant genişliğinde 3.84Mçip/s'lik veri iletimi sağlamaktadır. Gönderilen her bir veri bitine karşılık gelen sembol bir çip ile iletildiği için toplam iletim hızını göstermektedir çip hızı[11].

$$G_P[dB] = 10 \log[3840000 / VH] \quad (6.5)$$

$G_P[dB]$: İşlem kazancı

VH : Gönderilen verinin iletim hızı

- Alıcı hassasiyeti

Alıcı hassasiyeti alıcının algılaması için gelen sinyalin olması gereken minimum seviyeyi göstermektedir. Hassasiyetin üzerinde güçle gelen sinyaller alıcı tarafından algılanabilirken, hassasiyetin altında güçle gelen işaretler alıcı tarafından algılanamaz[11].

$$R_s[dBm] = E_b / N_0[dB] - G_P[dB] + T_{NI}[dBm] \quad (6.6)$$

- Maksimum yol kaybı

Yol kaybının olabilecek en yüksek seviyesini gösterir. Çevre etkilerinin getirdiği kayıpların yanı sıra bazı kazançlar da vardır. Bu gibi durumların etkilerinin katılmamış halidir maksimum yol kaybı.

$$L_{maksyo}[dB] = EIRP[dBm] - R_s[dBm] + G_{BAnte}[dBi] - L_{Kabl}[dB] - FM[dB] \quad (6.7)$$

$L_{maksyo}[dB]$: Maksimum yol kaybı

$G_{BAnte}[dBi]$: Baz istasyonu anten kazancı

$L_{Kabl}[dB]$: Kablo kayıpları

$FM[dB]$: Hızlı sönmleme marjı

- Hücre sınırı için hesaplanan yol kaybı

Hesaplanan maksimum yol kaybına Log-Normal sönmleme marjının, yumuşak aktarım kazancının ve araba veya bina içinde bulunmadan ve hareket etmeden kaynaklanan kayıp ve kazançların eklenmiş halidir. Hücre çapının hesaplanmasında kullanılacak parametre hücre sınırı için hesaplanan yol kaybıdır.

$$P_{HS}[dB] = L_{maksyo}[dB] - FM_{LN}[dB] + G_{SH}[dB] - L_{ch}[dB] \quad (6.8)$$

$P_{HS}[dB]$: Hücre sınırı için hesaplanan yol kaybı

$FM_{LN}[dB]$: Log-Normal sönmleme marjı

$G_{SH}[dB]$: Yumuşak aktarım kazancı

$L_{ch}[dB]$: Araç içi veya bina içi kayıpları

6.2. Link Bütçe Hesapları

Link bütçesi hesabında kullanılan değerler [10-14] nolu kaynaklardan alınmıştır.

6.2.1. Mobil Cihazdan Ses İletimi için Bütçe Hesabı

120 km/sa hızla giden bir arabanın içerisinde 3dB yumuşak aktarım kazançlı bir durum için link bütçesini hesaplanacaktır. Bu bütçeyi mobil cihazdan baz istasyonuna doğru yapılan ses iletimi için hesaplanacaktır.

$$P_{r\ max}[dBm] = 21dBm(0.125W)$$

$$L_{body}[dB] = 3dB$$

$$G_{tan\ ten}[dBi] = 0dB$$

$$EIRP[dBm] = 18dBm$$

$$R_{TND}[dBm/ Hz] = -174dBm/ Hz$$

$$NF[dB] = 5dB$$

$$R_{ND}[dBm/ Hz] = -169dBm/ Hz$$

$$N_R[dBm] = -103.2dBm$$

$$I_M[dB] = 3dB$$

$$T_{NI}[dBm] = -100.2dBm$$

$$V_H[bit/ sn] = 12200bit/ sn$$

$$G_P[dB] = 25dB$$

$$E_b/ N_0[dB] = 5dB$$

$$R_s[dBm] = -120.2dBm$$

$$G_{BAnte}[dBi] = 17dBi$$

$$L_{Kabl}[dB] = 2dB$$

$$F_M[dB] = 0dB$$

$$L_{maksyo}[dB] = 154.2dB$$

$$FM_{LN}[dB] = 7dB$$

$$G_{SH}[dB] = 3dB$$

$$L_{ch}[dB] = 8dB \text{ (120km/sa hızla giden bir araba içindeki kayıp)}$$

$$P_{HS}[dB] = 142.2dB$$

6.2.2. Mobil Cihazdan 144kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı

Mobil cihazdan baz istasyonuna doğru yapılan gerçek zamanlı 144kbps hızlı veri iletimi için bütçe hesabı yapılacaktır. Bu hesaplamada 2dB yumuşak aktarım kazancı olduğunu varsayarak hesaplarımızı gerçekleştireceğiz. Bina içi bir durum olduğunu düşünerek işlemlerimizi gerçekleştirip varsayılan bina kaybı da eklenmiştir.

$$P_{r\ maks}[dBm] = 24dBm(0.25W)$$

$$L_{body}[dB] = 0dB$$

$$G_{\text{anten}}[dBi] = 2dB \text{ (Veri iletimi için cihazın anten kazancı 2 dB'dir.)}$$

$$EIRP[dBm] = 26dBm$$

$$G_P[dB] = 14.3dB$$

$$E_b / N_0[dB] = 1.5dB$$

$$R_S[dBm] = -113dB$$

$$FM[dB] = 4dB$$

$$L_{maksyo}[dB] = 151dB$$

$$FM_{LN}[dB] = 4dB$$

$$G_{SH}[dB] = 2dB$$

$$L_{ch}[dB] = 15dB$$

$$P_{HS}[dB] = 134dB$$

6.2.3. Mobil Cihazdan 384kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı

Mobil cihazdan gerçek zamanlı olmayan 384kbps hızlı bir veri iletimi için gerekli bütçe hesabı yapılmıştır. Burada gerçek zamanlı olmaması, işlemin zaman kısıtlamaması olmamasından dolayı gerekli olan işaret gürültü oranını azaltacaktır. Yumuşak aktarım ve bina etkilerinin olmadığı bir durumu göz önüne alarak işlemler yapılacaktır.

$$EIRP[dBm] = 26dBm$$

$$VH[bit/sn] = 384000 bit/sn$$

$$G_P[dB] = 10dB$$

$$E_b/N_0[dB] = 1.0dB$$

$$R_s[dBm] = -109.2dB$$

$$F_M[dB] = 4dB$$

$$L_{maksyo}[dB] = 147.2dB$$

$$F_{MLN}[dB] = 7dB$$

$$G_{SH}[dB] = 0dB$$

$$L_{ch}[dB] = 0dB$$

$$P_{HS}[dB] = 140.2dB$$

6.2.4. Baz İstasyonundan Ses İletimi için Bütçe Hesabı

Baz istasyonundan mobil cihaza yapılan ses iletimi için bütçe hesabı yapılmıştır bu bölümde. 6.2.1 Bölümünde yapılan ses iletimi için tam ters yönde hesaplama yapılmıştır.

$$P_{r maks}[dBm] = 43dBm(20W)$$

$$L_{kablo}[dB] = 2dB$$

$$G_{tanter}[dBi] = 17dB$$

$$EIRP[dBm] = 58dBm$$

$$NF[dB] = 8dB$$

$$R_{ND}[dBm/Hz] = -166dBm/Hz$$

$$I_M[dB] = 6dB$$

$$T_{NI}[dBm] = -94.2dBm$$

$$G_P[dB] = 25dB$$

$$E_b / N_0[dB] = 7dB$$

$$R_S[dBm] = -112.2dBm$$

$$F_M[dB] = 0dB$$

$$L_{maksyo}[dB] = 168.2dB$$

$$F_{MLN}[dB] = 7dB$$

$$G_{SH}[dB] = 3dB$$

$$P_{HS}[dB] = 164.2dB$$

6.2.5. Baz İstasyonundan 144kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı

Baz istasyonundan mobil cihaza doğru yapılan 144 kbps gerçek zamanlı veri iletimi için bütçe hesabı yapılmıştır. Burada sadece 2dB yumuşak aktarım varsayımı altında hesaplama yapılmıştır.

$$EIRP[dBm] = 58dBm$$

$$V_H[bit/sn] = 144000bit/sn$$

$$G_P[dB] = 14.3dB$$

$$E_b / N_0[dB] = 7dB$$

$$R_S[dBm] = -101.5dBm$$

$$L_{maksyo}[dB] = 157.5dB$$

$$FM_{LN}[dB] = 7dB$$

$$G_{SH}[dB] = 3dB$$

$$P_{HS}[dB] = 152.5dB$$

6.2.6. Baz İstasyonundan 384kbps Veri İletimi için Bütçe Hesabı

Baz istasyonundan mobil cihaza doğru yapılan, gerçek zamanlı olmayan 384 kbps hızlı veri iletimi için bütçe hesaplaması yapılmıştır. Bina dışı bir durum varsayılmıştır ve yumuşak aktarım kazancının da olmadığı düşünülerek hesaplar yapılmıştır.

$$EIRP[dBm] = 58dBm$$

$$R_{ND}[dBm/Hz] = -166dBm/Hz$$

$$N_R[dBm] = -100.2dBm$$

$$I_M[dB] = 6dB$$

$$T_{MI}[dBm] = -94.2dBm$$

$$V_H[bit/sn] = 384000 bit/sn$$

$$G_P[dB] = 10dB$$

$$E_b / N_0[dB] = 1dB$$

$$R_S[dBm] = -103.2dBm$$

$$L_{maksyo}[dB] = 159.2dB$$

$$FM_{LN}[dB] = 7dB$$

$$P_{HS}[dB] = 152.2dB$$

6.3. Hücre yarıçaplarının hesaplanması

Daha önce önceden belirlenen standartlar için gerekli olan maksimum yol kayıplarını hesapladık. Bunlar

- 120 km/sa hızla ilerleyen arabanın içinde mobil cihazdan ses iletimi için $142.2dB$
- Mobil cihazdan 144 kbps bina içi gerçek zamanlı veri gönderimi için $134dB$
- Mobil cihazdan 384kbps bina dışı gerçek zamanlı olmayan veri gönderimi için $140.2dB$
- Baz istasyonundan ses iletimi için $164.2dB$
- Baz istasyonundan 144 kbps gerçek zamanlı veri iletimi için $152.5dB$
- Baz istasyonundan 384kbps gerçek zamanlı olmayan veri iletimi için $152.2dB$

Olarak hesaplanmıştı. Bu kısımda da gerekli olan bu maksimum yol kayıpları için mobil cihazın baz istasyonundan bulunabileceği maksimum uzaklığı hesaplayarak hücre yapı çaplarını hesaplayacağız. Hücre yarıçaplarını hesaplarken COST231 Hata ve COST231 Walfish-Ikegami modellerini kullanacağız. COST231 Hata modeli, Okumura eğrilerinden yola çıkılarak Okumura modelinin matematiksel hale dönüştürülüş şekli olduğu için Okumura ile benzer sonuçlar çıkartmaktadır. UMTS için taşıyıcı frekans 2 GHz'dir.

Yukarıdaki üç durum için 2 farklı radyo dalga yayılım modeli ile hücre yarıçapı hesabı yapılacaktır.

6.3.1. COST231 Hata Modeli:

COST231 Hata modeli ile yapılacak olan hesaplarımızda bazı değerleri önceden belirlememiz gerekmektedir. Bu parametreler baz istasyonu anten yüksekliği ile mobil birim anten yüksekliğidir. Bunların yanı sıra yapacağımız işlemleri İstanbul gibi kentsel bölgeler için yapmaktayız.

Baz istasyonu anten yüksekliği $h_b = 25m$

Mobil cihaz anten yüksekliği $h_m = 1.5m$

- 120 km/sa hızla ilerleyen arabanın içinde mobil cihazdan ses gönderimi için

$$a(hm) = -9.19 * 10^{-4}$$

$$A = 140.36dB$$

$$B = 35.74dB$$

$$C = 3dB \quad \text{Büyük şehirler için}$$

$$L_p(dB) = A + B \log(d) + C$$

$$142.2dB = 140.36dB + 35.74 \log d + 3dB$$

$$d = 0.92km$$

- Mobil cihazdan 144 kbps bina içi gerçek zamanlı veri gönderimi için

$$134dB = 140.36dB + 35.74 \log d + 3dB$$

$$d = 0.55km$$

- Mobil cihazdan 384kbps bina dışı gerçek zamanlı olmayan veri gönderimi için

$$140.2dB = 140.36dB + 35.74 \log d + 3dB$$

$$d = 0.82km$$

- Baz istasyonundan ses iletimi için

$$164.2dB = 140.36dB + 35.74 \log d + 3dB$$

$$d = 3.84km$$

- Baz istasyonundan 144 kbps gerçek zamanlı veri iletimi için

$$152.5dB = 140.36dB + 35.74 \log d + 3dB$$

$$d = 1.80km$$

- Baz istasyonundan 384kbps gerçek zamanlı olmayan veri iletimi için

$$152.2dB = 140.36dB + 35.74 \log d + 3dB$$

$$d = 1.77km$$

6.3.2. COST231 Walfish-Ikegami Modeli:

Baz istasyonu anten yüksekliği

$$h_b = 25m$$

Mobil cihaz anten yüksekliği	$h_m = 1.5m$
Engel oluşturan binanın çatı yüksekliği	$h_{roof} = 20m$
Radyo dalganın mobil cihaza geliş açısı	$\phi = 45^\circ$
Sokak genişliği	$w = 7m$
Binaların merkezleri arası uzaklık	$b = 15m$

- 120 km/sa hızla ilerleyen arabanın içinde mobil cihazdan ses gönderimi için

$$L_{ori} = 2.5 + 0.075(\phi - 35) \quad 35^\circ \leq \phi \leq 55^\circ$$

$$L_{ori} = 3.25$$

$$\Delta h_m = 18.5m$$

$$L_{rts} = 36.25dB$$

$$\Delta h_b = 5m$$

$$L_{bsh} = -14dB$$

$$k_a = 54 \quad h_b > h_{roof}$$

$$k_d = 18 \quad h_b > h_{roof}$$

$$k_f = -2.26$$

$$L_{msd} = 21.95 + 18 \log(d)$$

$$L_0 = 98.42 + 20 \log(d)$$

$$L_p = L_0 + L_{rts} + L_{msd}$$

$$L_p = 156.62dB + 38 \log(d)$$

$$142.2dB = 156.62dB + 38 \log(d)$$

$$d = 0.42km$$

- 144 kbps bina içi gerçek zamanlı veri iletimi için

$$134dB = 156.62dB + 38 \log(d)$$

$$d = 0.25km$$

- 384kbps bina dışı gerçek zamanlı olmayan veri iletimi için

$$140.2dB = 156.62dB + 38\log(d)$$

$$d = 0.37km$$

- Baz istasyonundan ses iletimi için

$$164.2dB = 156.62dB + 38\log(d)$$

$$d = 1.58km$$

- Baz istasyonundan 144 kbps gerçek zamanlı veri iletimi için

$$152.5dB = 156.62dB + 38\log(d)$$

$$d = 0.78km$$

- Baz istasyonundan 384kbps gerçek zamanlı olmayan veri iletimi için

$$152.2dB = 156.62dB + 38\log(d)$$

$$d = 0.76km$$

7. RADIO MOBILE VE SİMÜLASYONLAR

7.1. Radio Mobile

Radio Mobile Roger Coudé tarafından yazılmış ve geliştirilmekte olan bir bilgisayar programıdır. Radio Mobile, baz istasyonlarının, tekrarlayıcıların, radyo ağlarının kapsama alanlarını kestirmeye yarayan bir simülasyon programıdır. Yeryüzü şekilleri, yükseltiler ve değişken radyo parametreleri kullanarak bu kestirimleri yapabilmektedir. Radyo Mobile bu kestirimleri yapabilmek için kullandığı parametreler[15]:

- Verici konumu
- Verici çıkış gücü
- Frekans
- Anten tipi
- Anten paterni
- Anten kazancı
- İletim yol kayıpları (filtre ve kuplör kayıpları da dahil)
- Arazi ve yükseklik bilgileri

Radio Mobile arazi özelliklerini iki kaynaktan alabilmektedir[15]:

- SRMT (Shuttle Radar Topography Mission)
- DTED (Digital Terrain Elevation Data)

Bu iki kaynak da internetten indirmek için uygun veri depolarıdır. Bunların dışında birkaç kaynak daha olsa da genel olarak kullanılan iki yeryüzü şekilleri ver kaynağı bunlardır.

Radio Mobile kapsama alanı kestirimi yaparken alıcıya gelen sinyal seviyesine göre haritayı boyamaktadır. Bu seviyeler farklı birimlerde olabilmektedir[15]:

- $S - units$
- μV

- dBm
- $\mu V/m$

Radyo Mobile kapsama alanını sinyal seviyelerine göre boyarken farklı seçenekler sunabilmektedir. İsteğe göre sadece kapsama alanını gösterebilirken, istendiği durumda kapsama alanını sinyal seviyelerine karşı düşen renklerde boyayarak farklı bölgelerdeki farklı sinyal seviyelerini de gösterebilmektedir.

Radio Mobile, veri kaynaklarından indirilen haritalar üzerinde yaptığı işlemler sonucunda elde edilen kapsama alanını farklı resimlere ve haritalara aktarma imkânını da sağlamaktadır.

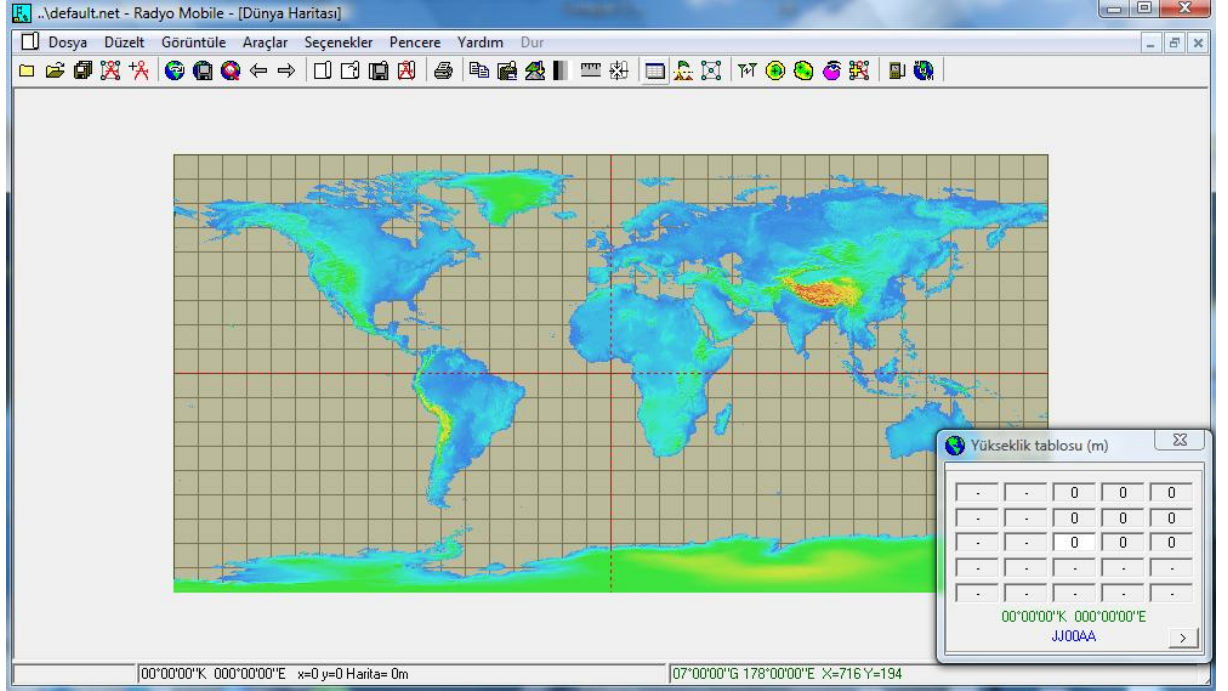
7.2. Simülasyonlar

Kapsama alanı, baz istasyonundan ışıyan ışınların maruz kaldığı sönmlemeler ve bozucu etkiler sonunda alıcı tarafından kullanılacak seviyenin üzerinde kaldığı bölgelerdir. Radio Mobile programı ile istediğimiz koşullara göre kapsama alanları çizerceğiz. Radio Mobile programının bu konudaki bir eksikliği, kapsama alanı hesaplarken bina etkilerinin genel olarak bir kayıp şeklinde eklenebilmesi, fakat binaların harita üzerinde bulunmaması nedeniyle bina aralarında, sokaklarda detaylı hesaplamanın yapılamamasıdır. Simülasyonumuzda yer şekillerine göre çizimleri yapıp daha sonra üzerine link bütçesi sırasında yaptığımız hesapları çizerek iki durumu aynı haritada göstereceğiz. Bunun için seçtiğimiz bölge, İzmir ilinin Bornova ilçesidir. Bu bölgede binaların ortalama yüksekliği 20m civarındadır ve binalar arası genişlik 5-7m arasında değişmektedir. Bu durum için hesaplamalarımızı daha önce yaptık ve bazı değerler elde ettik. Simülasyon yapacağımız bölgenin kuşbakışı görüntüsü Şekil 7.1 de görünmektedir.



Şekil 7.1: Simülasyon yapılacak bölgenin haritası

Radio Mobile programıyla yaptığımız simülasyonu adım adım inceleyeceğiz. Öncelikle Radio Mobile programını açtığımız ve dünya haritasını seçtiğimizde karşımıza Şekil 7.2 çıkmaktadır.



Şekil 7.2: Radio Mobile ile Dünya Haritası Gösterimi

Simülasyonu yapacağımız bölgenin İzmir-Bornova olduğunu söylemiştik. İzmir-Bornova’da baz istasyonunu yerleştireceğimiz noktanın koordinatlar

Enlem: $38^{\circ}27'43''K$

Boylam: $27^{\circ}12'54''D$

şeklindedir. Haritamızı bu koordinatlara götürmek için Dosya – Harita Özellikleri’ne girip Enlem Boylam değerlerini gir menüsünden enlem ve boylam değerleri ile gerekli bölgenin haritasını indireceğiz. Harita indirmek için veritabanlarından SRTM’yi kullanacağız. Enlem ve boylam değerlerini girip, veri tabanını seçtikten sonra genişlik ve yükseklik birimlerini de 1500 piksel seçeceğiz. 1500 piksel bizim bölgemizi detaylı olarak görebilmemiz için yeterli bir miktardır. Daha sonra Şekil 7.3 deki menüden İşleme Başla butonuna basarak haritanın indirilmesini bekleyeceğiz.

Özelliklermaslak.map

Merkez
38°27'46,8''K 027°13'04,3''E
KM380L
Enlem 38.46299 Boylam 27.21787
Küresör pozisyonunu kullan
Dünya haritası
Şehir adı seç
ENLEM BOYLAM değerlerini gir veya QRA
Bir ünite seç

Boyut (piksel)
Genişlik (piksels) 1500 Yükseklik (piksels) 1500
Boyut (km)
Genişlik (km) 50,00 Yükseklik (km) 50,00

Yükseklik verisi kaynağı
Sürücü veya kayıt alanı Üst tabaka
SRTM e:\radio mobile\3g Gözet...
Yok c Gözet...
Yok c Gözet...
Yok c Gözet...
Yok c Gözet...
Eksik dosyaları gözardı et
Yükseklik matrisini sıfırla (m) 0

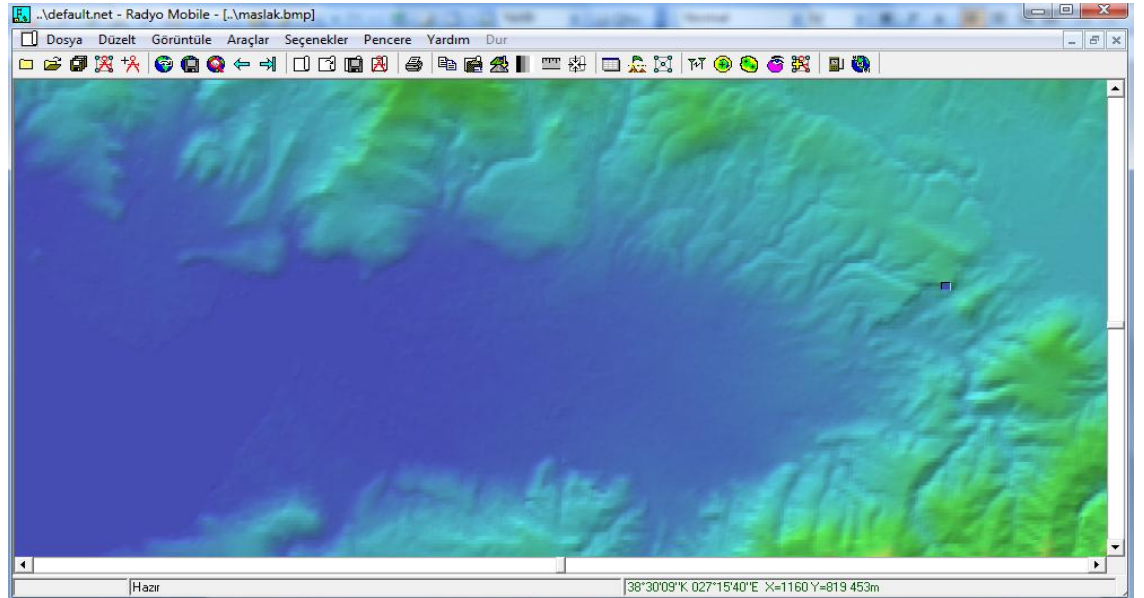
İşleme Başla
İptal

Sol Üst
38°41'17''K
026°55'50''E
Sağ Üst
38°41'17''K
027°30'19''E
Sol alt
38°14'17''K
026°55'50''E
Sağ alt
38°14'17''K
027°30'19''E
Çözünürlük
33,3 m/pixel
1,08 arcsecond

☐ Ünite yüksekliklerini ayarla
☐ Üste resim ekle
☐ Gri tonlu çiz

Şekil 7.3: Radio Mobile Harita Ayarları

İndirilen haritamızı Şekil 7.4 de görmekteyiz. Haritanın renklendirilmesi yükseltiye göre yapıldığı için deniz seviyesindeki yerler de mavi tonlarında renklendirilmiştir.

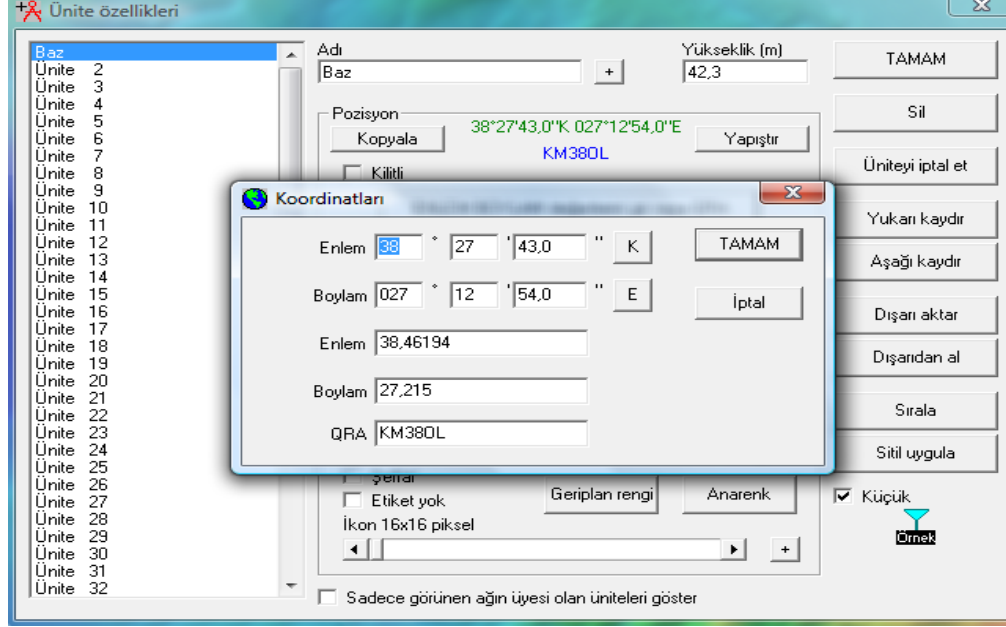


Şekil 7.4: Simülasyon Yapılacak Bölgenin Radio Mobile Görüntüsü

Simülasyonda kullanacağımız iki adet elemanımız bulunmaktadır:

- Baz istasyonu
- Mobil cihaz

Bunların programa eklenmesi için yapacağımız işlem Ünite Özellikleri butonuna basarak Şekil 7.5 daki menüden gerekli ayarları yapmaktır.

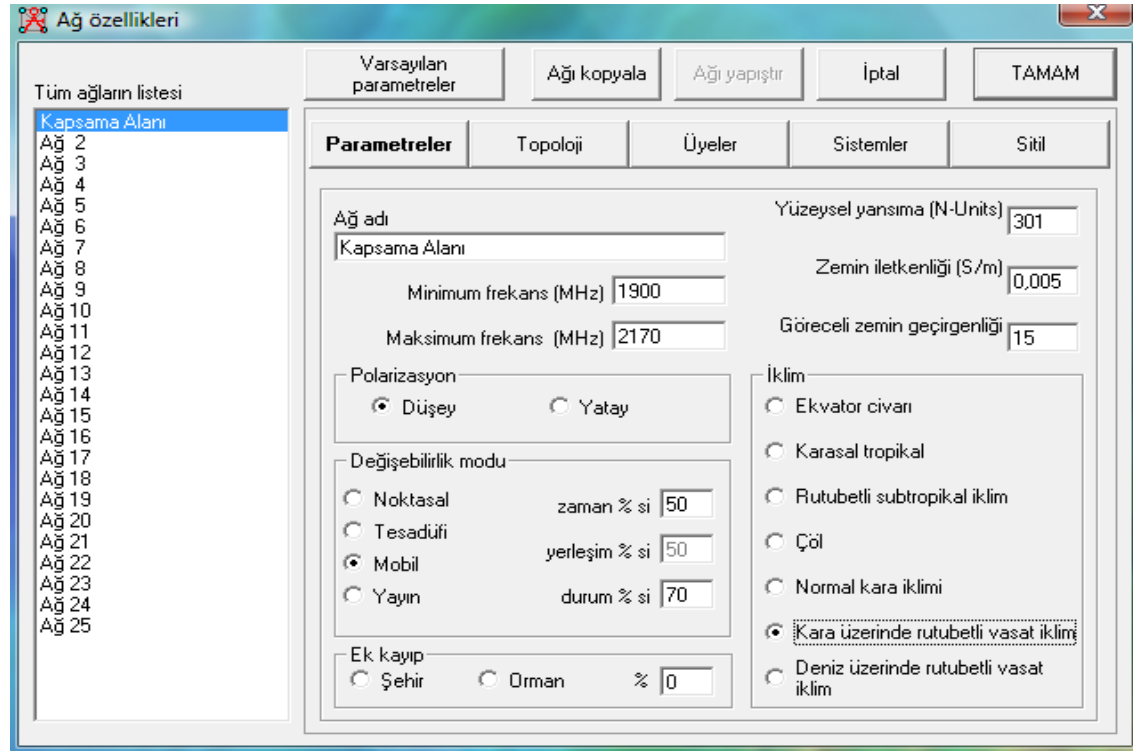


Şekil 7.5: Radio Mobile Ünite Ayarları Menüsü

Baz istasyonu için koordinatlar girildiğinde, baz istasyonunun bulunduğu yükseklik de harita özelliklerinden otomatik olarak eklenmektedir. Baz istasyonu ve mobil cihazı programa ekledikten sonra baz istasyonunun konumuna göre hemen eklenmektedir haritaya. Mobil cihazın ise sabit bir konumu bulunmadığı için herhangi bir konum girmeyeceğiz.

Baz istasyonu ve mobil cihaz eklendikten sonra programa bunlar arasında oluşturulacak ağı tanımlamamız gereklidir. Bu ağı içerisinde bu birimlerin özelliklerini, ortam özelliklerini, kayıpları, iklimi vb. diğer parametreleri programa tanımlayacağız. Bunun için Ağ Özellikleri butonuna basarak gerekli ayarları Şekil 7.6 deki menüden yapacağız. Frekans için UMTS sistemlerde kullanılan frekans aralığını gireceğiz. Daha önceki bölümde bahsedildiği gibi bu aralık 1900–2170 MHz aralığıdır. İklim özelliği olarak İzmir'in deniz iklimi etkisi altında bulunduğu için Kara üzerinde rutubetli vasat iklimi seçeceğiz. Değişebilirlik modu olarak mobil'i seçtik ve programın kendi önerdiği değerleri kabul ederek simülasyonumuza devam

ediyoruz. Şehir ve orman kaybı için farklı durumlarda simülasyonlarımızı tekrarlayacağız. Şimdilik 0 olarak kabul ediyoruz.



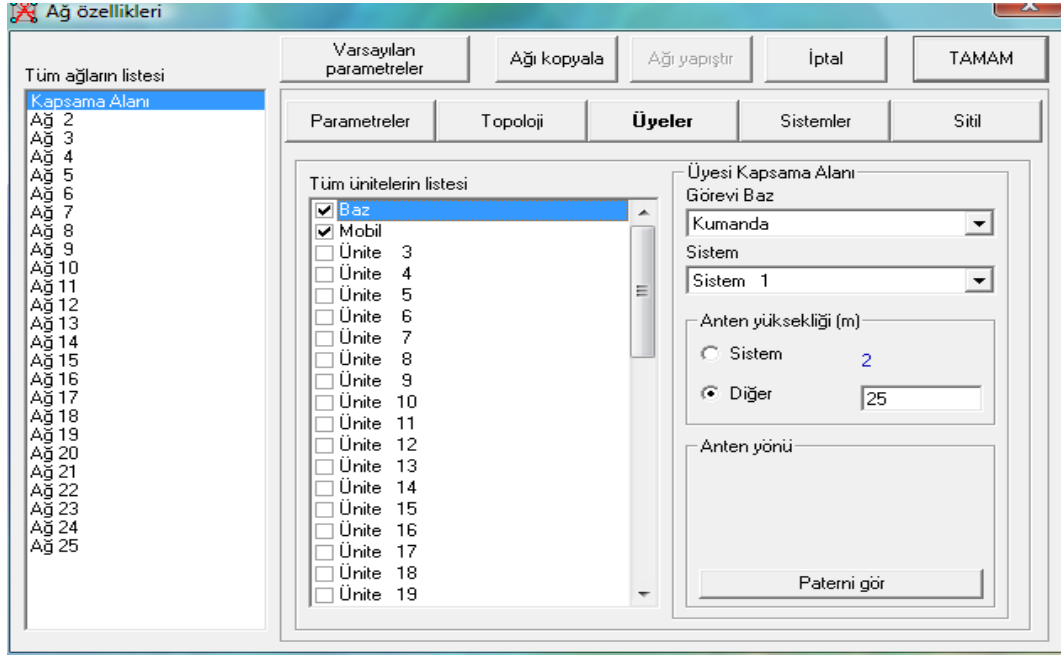
Şekil 7.6: Radio Mobile Ağ Özellikleri Menüsü

Topoloji menüsünde haberleşme şeklini seçerek farklı durumlar için programın ayarlarını kullanabilmekteyiz. Ses için gönderirken Sesli Ağı seçerken veri iletimi için de Veri Ağı (Merkez-Terminal)'i kullanacağız.

Üyeler menüsünde Kapsama Alanı adlı ağ içerisinde kullanılacak öğeleri eklemekteyiz. Burada Baz istasyonu ve Mobil cihazı ağa ekleyip anten yüksekliklerini ayarlamaktayız. Daha önce yaptığımız hesaplamalarda kullandığımız gibi baz istasyonu anten yüksekliğini 25m, mobil cihaz anten yüksekliğini 1,5m olarak kabul ederek Şekil 7.7 daki gibi değerleri gireceğiz.

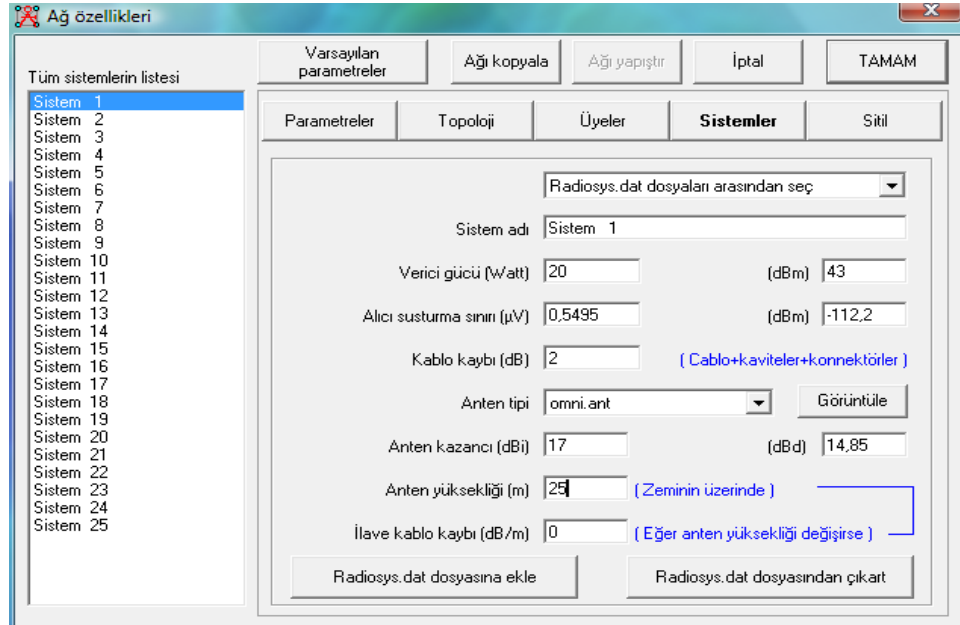
Sistemler kısmında ise kullandığımız sistemin özelliklerini programa Şekil 7.8 daki menüden girmektediriz. Burada alıcı verici özelliklerini belirterek hesapların istediğimiz koşullarda gerçekleşmesini sağlamaktayız. Baz istasyonunun çıkış güçleri büyük şehirlerde 10-20W arasında değişmektedir [14]. Biz simülasyonumuzda 20W olarak kabul edeceğiz. Anten kazançları 3G baz istasyonları için 17dBi civarındadır[13]. Kablo kaybını da ortalama olarak 2dB kabul ederek simülasyonumuzu yapabiliriz. Link bütçesinde hesapladığımız hassasiyet değerini de

ekleyerek işleme devam ediyoruz.



Şekil 7.7: Radio Mobile Ağ Özellikleri Üyeler Menüü

Sitil kısmında programın sonuçları gösterme şeklinden bahsetmektedir. Bu kısmın ayarlarını değiştirmeden ayarlarımızı kaydederek menüden çıkıyoruz.



Şekil 7.8: Radio Mobile Ağ Özellikleri Sistemler Menüü

Gerekli ayarlar artık yapıldı. Kapsama alanını çizdirmek için Şekil 7.9 daki Dairesel Radyo Kapsaması menüsünü kullanacağız. Bu menü ile gerekli ayarları yaparak

kapsama alanlarını çizdirebiliyoruz. Alıcı hassasiyetimiz olan -112,2 dB değerini sınır değeri olarak göstererek bu değere kadar olan kısımları renkli olarak boyatacağız, kalan kısımlar ise gri tonlarında renklendirilecektir.

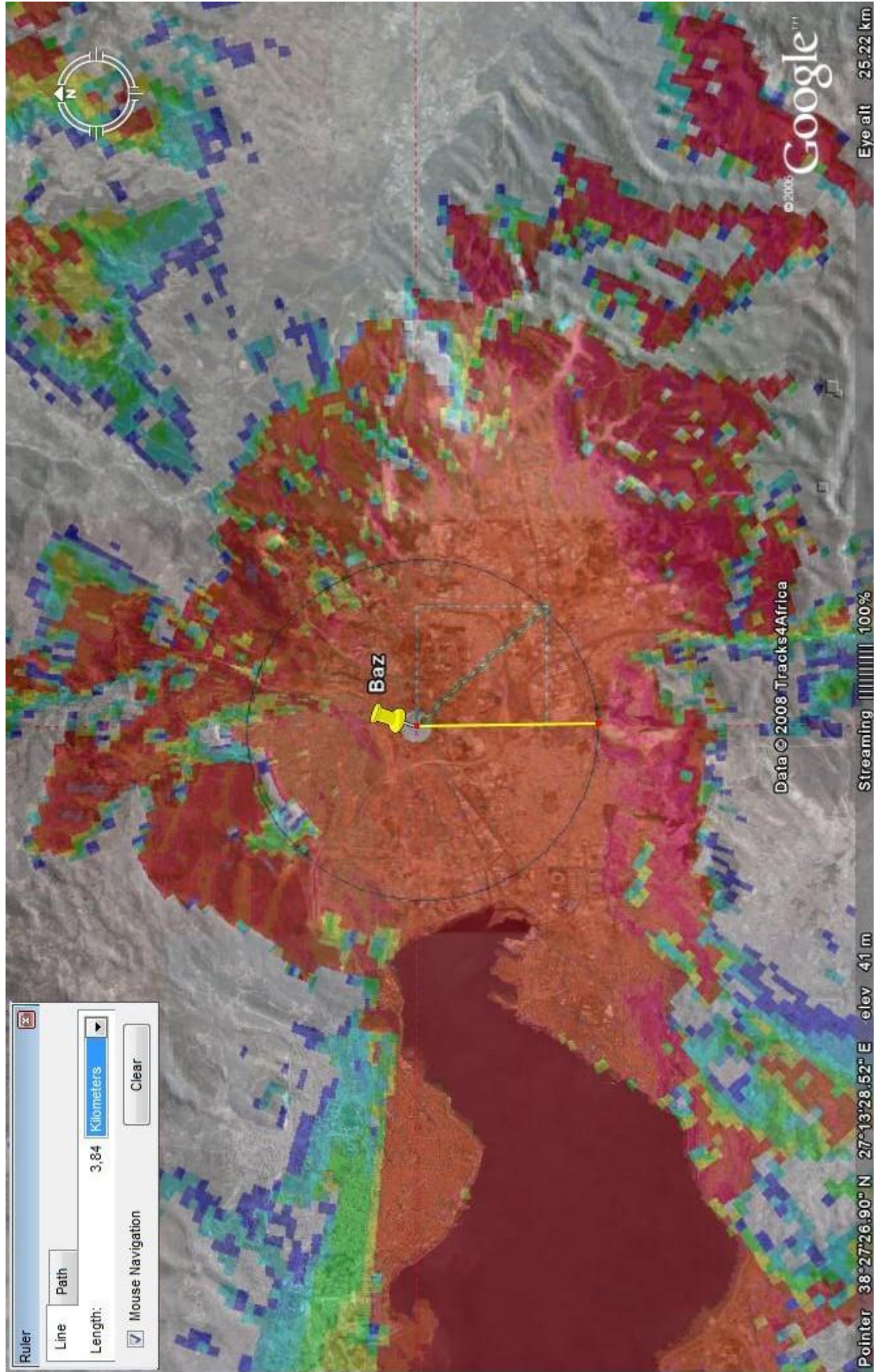
Şekil 7.9: Radio Mobile Dairesel Kapsama Alanı Ayarları

Sinyal seviyelerine göre renklendirme sağlamak için Gök Kuşağı seçeneğini aktif yapıyoruz. Burada gösterilen sinyal seviyeleri Şekil 7.10 deki gibidir.

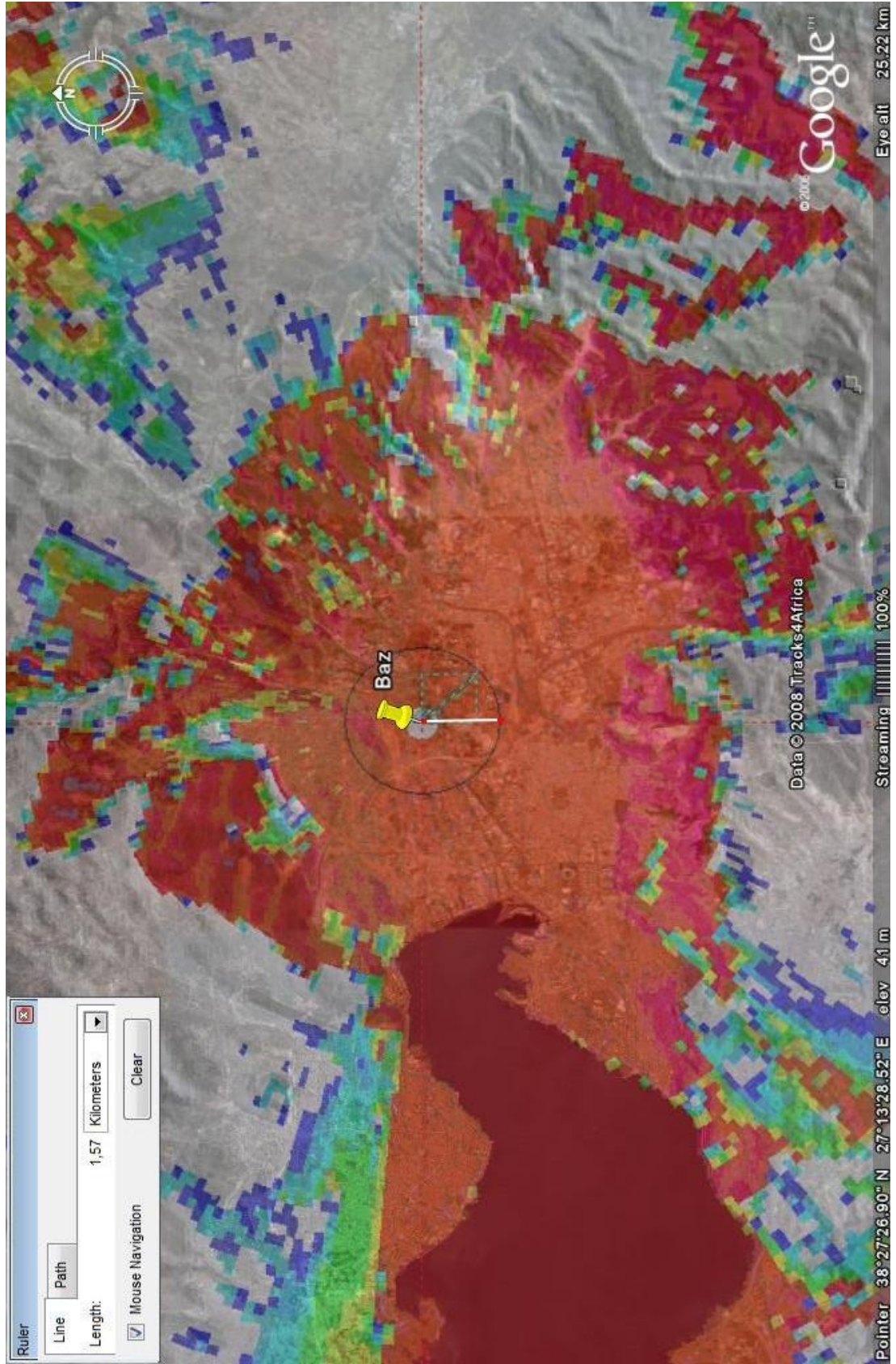
Şekil 7.10: Kapsama Alanı Renklendirme Değerleri

Gerekli olan bütün ayarlamalar şu anda yapılmış bulunmaktadır. Bir sonraki adım olarak artık farklı durumlar için kapsama alanlarını çizdirip üzerlerine hesaplamalar ile bulduğumuz yarıçaplarda çemberler ekleyeceğiz. Bu sayede normal bir kapsama alanı ile bina ve yansıma etkilerinin eklendiğı kapsama alanlarını aynı haritada görebileceğiz.

İlk elde ettiğimiz sonuçta sinyalin düzgün olarak bir daire oluşturmadığını görebilmekteyiz. Biz bu alan içerisinde bir daire oluşturarak bunu kapsama alanı olarak kabul edeceğiz. Bu tam daire olmayan fakat hizmet sağlanmak istenen alanın büyük kısmını içeren kapsama şekline Ayak İzi (Footprint) denmektedir. Bornova için yaptığımız simülasyon üzerine COST231 Hata modeli ile ses iletimi için hesapladığımız kapsama alanı yarıçaplı bir çember çizilmiş haritayı Şekil 7.11 de görmekteyiz. COST231 Walfish-Ikegami modeline göre hesaplanmış kapsama alanı ile beraber çizimi de Şekil 7.12 de gösterilmiştir. Burada görülen gri üzerine renklendirilmiş bölgeler, renk tablosundaki değerlere göre kullanılabilir sinyal seviyelerini göstermektedir. Bu renklendirme dışında kalan gri tonlar ise sinyalin kullanılabilir seviyede enerji ile ulaşamadığı noktalardır. Şekillerde tam yuvarlak olarak verilen kapsama alanları, direk görüşün olmadığı bina arası yerlerdir. Baz istasyonu anteninin ışıma doğrultusunda direk görüşün olduğu durumlarda daha uzak mesafelere kadar ulaşabilecektir radyo dalgaları. Bu şekillerde hesaplanan yarıçaplara göre çizilen daireler olabilecek kötü durumlarda mobil cihazla sağlanabilecek garanti bağlantı için çizilmiş kapsama alanlarıdır ve koşulların iyileşmesiyle daha da genişleyebilir. Bina etkilerinin çıkartıldığı ve sadece yerçekillerinin etkili olduğu daha iyi bir durumda ise bu kapsama alanı renklendirilmiş bölge kadar genişleyebilmektedir.

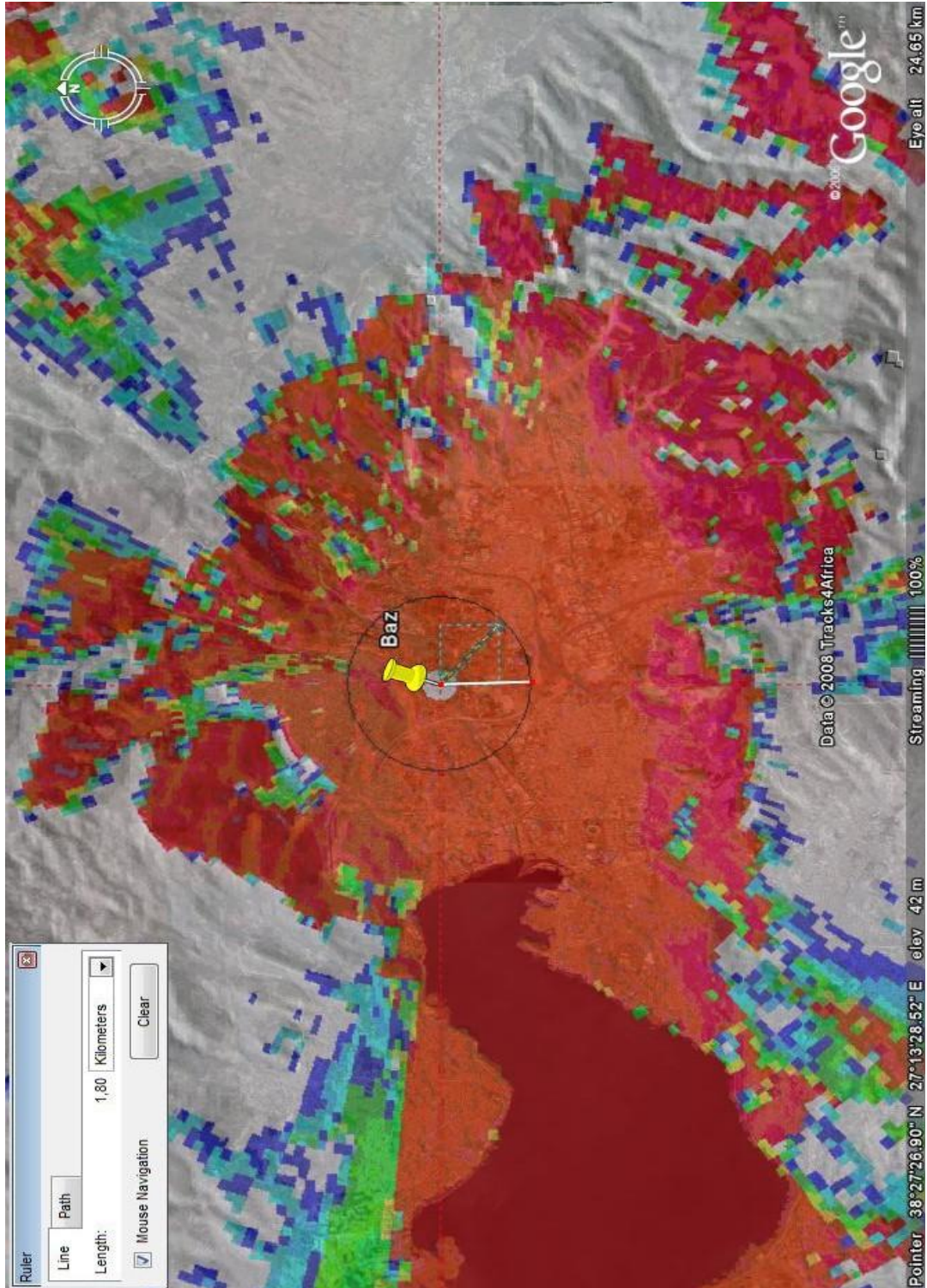


Şekil 7.11: Radio Mobile – COST231 Hata Kapsama Alanı (Ses)



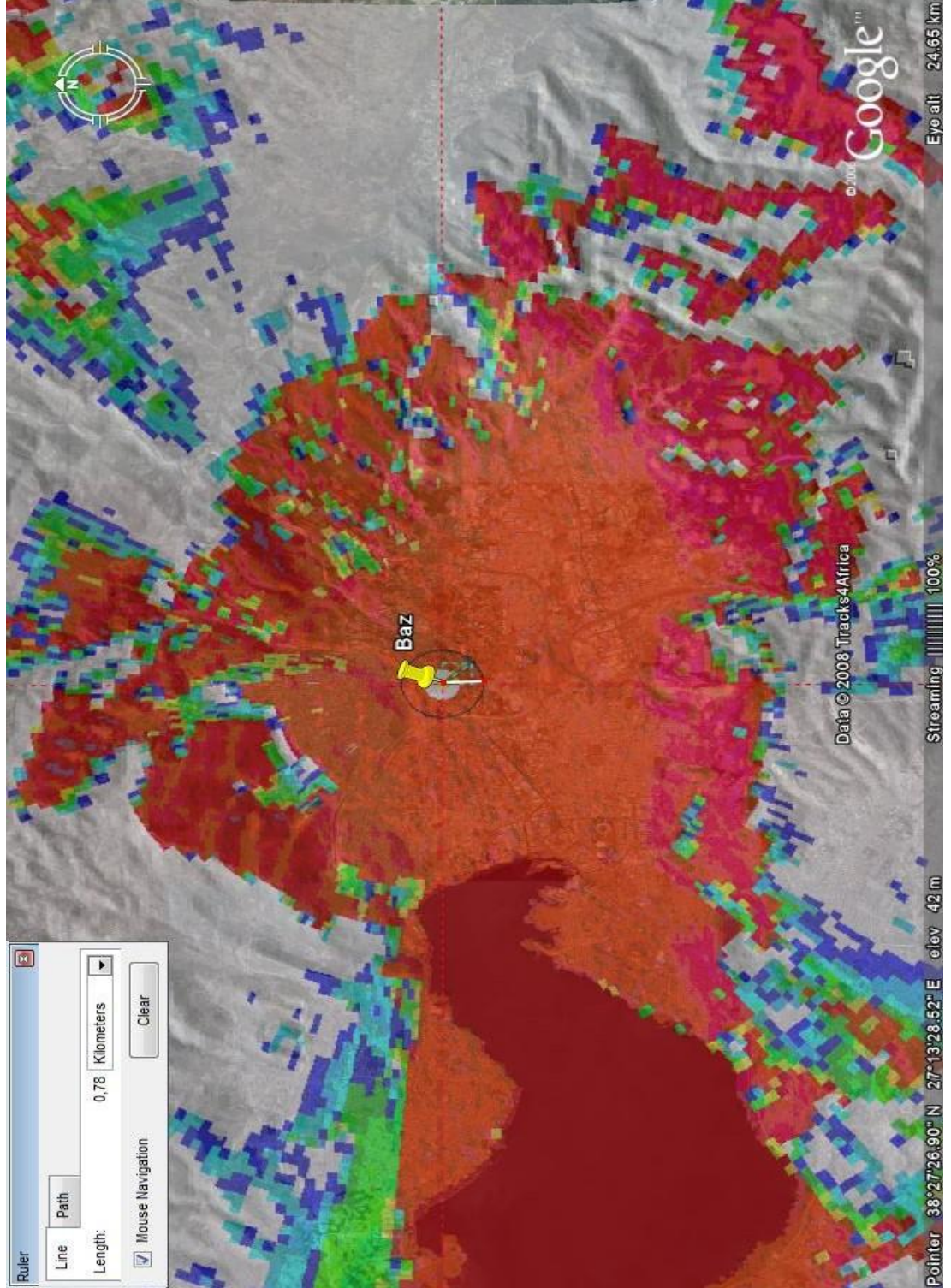
Şekil 7.12: Radio Mobile – COST231 Walfish-Ikegami Kapsama Alanı (Ses)

144 kbps veri iletimi için kapsama alanını çizdirmek istediğimizde alıcının hassasiyetini link bütçesinde hesapladığımız gibi ayarlamamız gerekmektedir. Buna göre hesap yapıp kapsama alanını çizdirdiğimizde, COST231 Hata modeline göre hesapladığımız kapsama alanı yarı çapı ile birlikte Şekil 7.13 daki gibi olmaktadır.



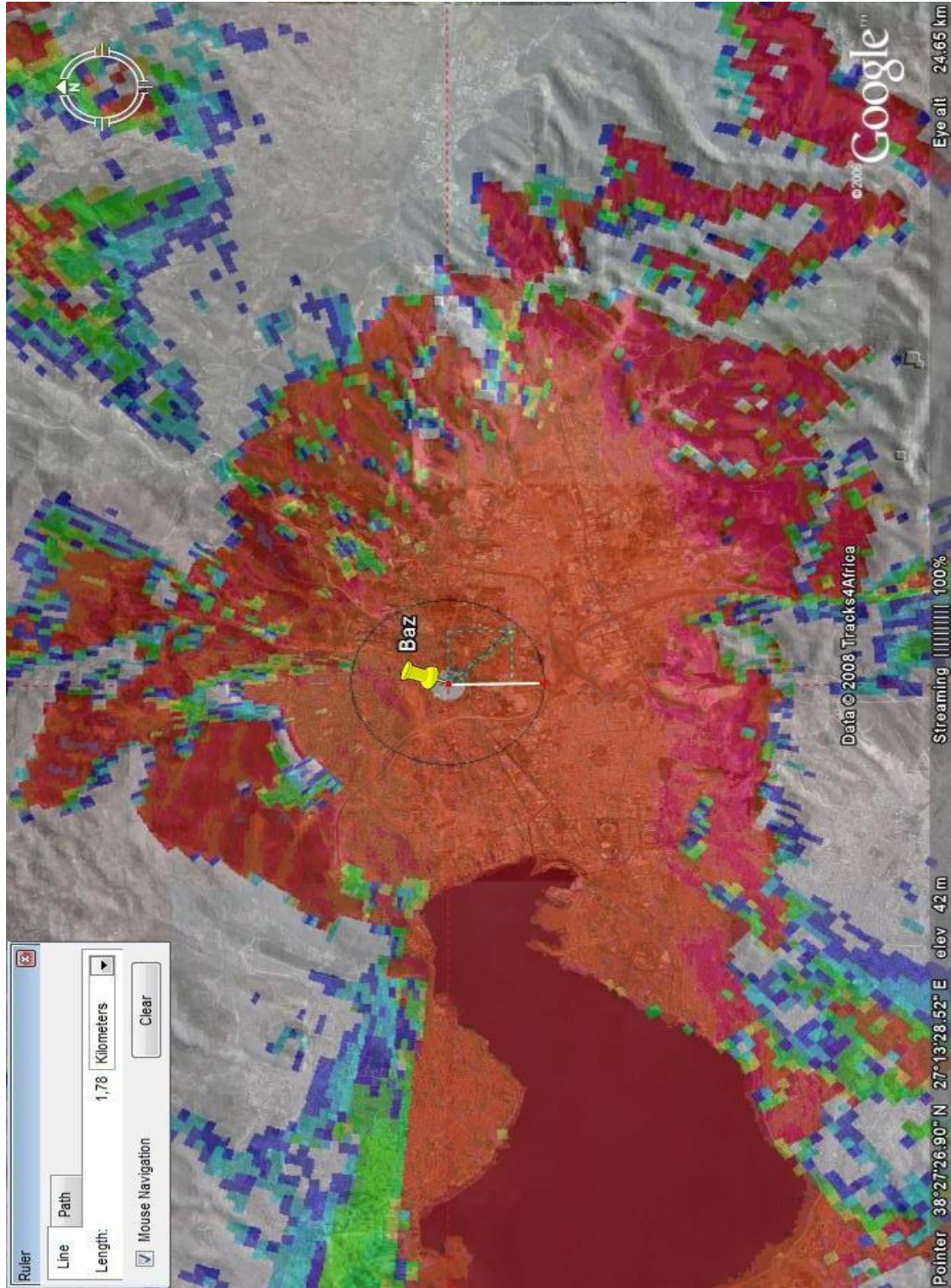
Şekil 7.13: Radio Mobile - COST231 Hata Kapsama Alanı (144kbps veri)

144 kbps veri iletimi için yaptığımız simülasyonun COST231 Walfish-Ikegami modeli için hesaplanan kapsama alanı için çizilmiş çember ile beraber kapsadığı alanı Şekil 7.14 de görmekteyiz.



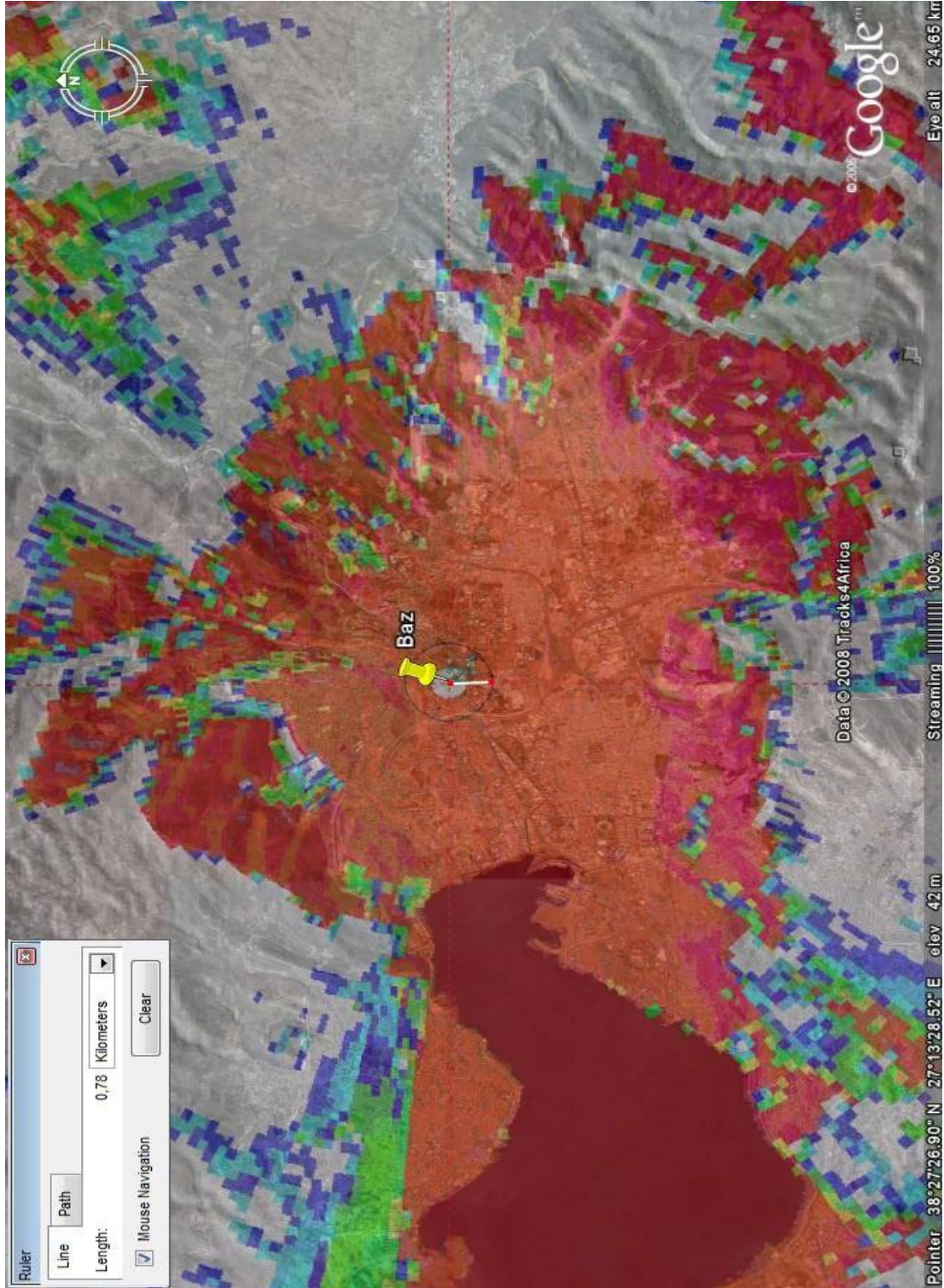
Şekil 7.14: Radio Mobile - COST231 Walfish-Ikegami Kapsama Alanı (144kbps veri)

384 kbps gerçek zamanlı olmayan veri iletimi için alıcı hassasiyetini link bütçesinde hesapladığımız değerlere göre program içerisinde ayarlayıp tekrar simülasyonu gerçekleştirdik. Daha önce COST231 Hata modeline göre hesapladığımız kapsama alanı ile beraber Şekil 7.15 de görmekteyiz.



Şekil 7.15: Radio Mobile - Cost231 Hata Kapsama Alanı (348 kbps veri)

384 kbps gerçek zamanlı olmayan veri iletimi için yaptığımız simülasyonun COST231 Walfish-Ikegami modeli ile hesaplanan kapsama alanı ile beraber çizilmiş haritasını Şekil 7.16 da görmekteyiz.



Şekil 7.16: Radio Mobile - COST231 Walfish-Ikegami Kapsama Alanı (384 kbps veri)

8. SONUÇLAR

GSM sistemlerden UMTS sisteme geçiş sırasında çalışılan frekans değerleri değişeceği için kapsama alanları önemli bir konudur. Kapsama alanları konusunda yapılan birçok deneysel çalışmalar vardır. Farklı bölgeler için yapılan bu çalışmalar sonucu bazı modeller elde edilmiştir. Bu modellerle seçilen bölge için gerekli hesaplamalar tez içerisinde yapılmıştır. Bu modellerin amacı, mobil sistemler için radyo dalga yayılımlarında çevre etkilerini göz önüne alarak, mobil sistemlerle ilgili link bütçesi için en yakın kestirimi yapmaktır. Bu modellere baktığımız zaman COST231 Hata modeli, Okumura Modelini temel alarak üretilmiş bir modeldir. COST231 Hata modeli, yol kaybını hesaplamak için değerleri ölçümlerle belirlenmiş, farklı bölgeler farklı yapılar için detaylı hesaplamaları olmayan bir modeldir. Bazı detayların etkileri tam olarak hesaplamalara eklenmemektedir. COST231 Walfish-Ikegami modeli hesaplamaları daha detaya indirerek sokak seviyesinde hesaplamalar yapabilme imkânı sağlamaktadır. Binaların aralarındaki herhangi bir nokta için çevre parametrelerine göre kayıpları ve bütçe hesabını yapabilme imkânı sağlamaktadır.

6. Bölümde yapılan hesaplamaları incelediğimizde genel olarak Hata modeli ile hesaplanan hücre yarıçapları Walfish-Ikegami modeline göre hesaplanan yarıçaplardan daha büyük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni COST231 Hata modeli için mobil cihazın bulunduğu yeri model gereği ortalama özelliklerde bir yerdeymiş gibi düşünürken, COST231 Walfish-Ikegami modelinde mobil cihaz için daha spesifik bir nokta belirlenmesi zorunluluğudur. Mobil cihaz için belirlenen konum en kötü durum, yani iki bina arası seçilmesinden ve kapsama alanındaki her noktanın bu konumla aynı özelliklerde kabul edilmesinden dolayı daha küçük kapsama alanları hesaplanmıştır. Çıkış gücü 21dBm olan bir mobil cihazın ses iletimi için metropol bölgelerde yapılan çalışmalarda hücre yarıçapı ortalama 800m-1000m olarak tespit edilmiştir[16]. Hesaplamalarda bu mesafeleri COST231 Hata modeliyle 920m bulurken COST231 Walfish-Ikegami modeliyle bina arası

için 420m olarak hesaplandı. COST231 Walfish-Ikegami modelinde bu mesafenin ortalama değerlerden küçük hesaplanmasının nedeni de bahsedildiği gibi mobil cihaz konumunun her yerde bina arasındaymış gibi düşünülmesidir. Radio Mobile ile yaptığımız simülasyonda radyo dalgaları istenilen seviyelerde baz istasyonundan 6–8 km mesafelere kadar ulaşabilmektedir. Radio Mobile programı çevredeki bina etkilerini göz önüne almamaktadır. Bu nedenle radyo dalgalarının yayılımını sınırlayan etki yeryüzü şekilleridir. Burada bina etkileri açıkça görülmektedir. Ses iletimi için gönderilen radyo dalgaları 6–8 km mesafelere istenilen seviyede ulaşabilirken, metropol bölgelerde binaların etkisi nedeniyle bu mesafeler çok aşağılara düşmektedir.

Veri aktarımı sırasında mobil cihaz 24 dBm çıkış gücü ile radyo dalgalarını gönderir. Bu durum için metropol bölgelerde hesaplanan ortalama kapsama alanının yarıçapı 500m civarlarındadır [16]. Link bütçesi bölümünde yapılan hesaplara baktığımızda COST231 Hata modelinde mobil cihazın baz istasyonuna erişebildiği en uzak nokta seçilen bölge için 820m olarak hesaplanmıştır. Bu mesafe COST231 Walfish-Ikegami modeli ile 370m olarak hesaplanmıştır. Baz istasyonunun mobil cihazla bağlantı sağlayabildiği mesafe Radio Mobile ile 6–8 km mesafelerinde ilken, seçilen bölgenin yapı özellikleri bu mesafeyi 370m ile sınırlamaktadır.

Metropol bölgelerde binaların belirli bir düzen içerisinde bulunmamaları hesaplamaları sırasında bazı sorunlara neden olmaktadır. COST231 Hata modelinde, baz istasyonundan gönderilen radyo dalgalarının herhangi bir bina arası bölgedeki gücünün hesaplanamaması bu modelin en büyük eksikliklerindendir. Ortam parametrelerinin sınırlı olduğu hesaplamalarda görülebilmektedir. Çevre özellikleri hakkındaki parametrelerin azlığı, yapı ve sokak özelliklerinin bir bölgenin farklı yerlerinde değişmesi durumu için COST231 Hata modeli çok verimli çalışamaz. COST231 Walfish-Ikegami modelinde ise yapı ve sokak özelliklerini, aynı zamanda mobil cihazın hareket yönü ile baz istasyonu arasındaki açıyı hesaba katan bir model olması, bu modelin yapıların düzenli olmadığı yerlerde daha verimli çalışacağını göstermektedir. Kırsal bölgeler için işlem karmaşıklığının azlığı nedeniyle COST231 Hata modeli kullanım için daha uygun görünürken, kentsel bölgeler için daha yakın sonuçlara ulaşabilen COST231 Walfish-Ikegami daha uygun bir model olarak görünmektedir.

Kapsama alanıyla ilgili hesaplardan görülebileceği gibi mobil cihazdan baz istasyonuna doğru bir hesap yapılmalıdır. Baz istasyonunun çıkış gücünün fazlalığı nedeniyle baz istasyonunun gerekli sinyal seviyesini yaratabileceği mesafeler, mobil cihazın baz istasyonuna gerekli seviyede sinyal ulaştırabileceği mesafeden daha fazladır. Bu nedenle baz istasyonunun mobil cihaza veri gönderip alamayacağı mesafeler olacağından, kapsama alanını mobil cihazın baz istasyonuna ulaşabildiği bölge olarak seçilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Varrall, G. and Belcher, R.**, 2003. 3G Handset and Network Design, John Wiley and Sons, İngiltere.
- [2] **Heina, G.**,1998, GSM Networks: Protocols, Terminology and Implementation, Artec House, Londra.
- [3] **Mehrotra, A.**, 1996, GSM System Engineering, Artech House, Londra.
- [4] **ITU Resmi Sitesi**, (<http://www.itu.int/osg/spu/imt-2000/technology.html>)
- [5] **Bannister, J., Mather, P. ve Coope, S.**, 2004. Convergence Technologies for 3G, John Wiley and Sons, İngiltere.
- [6] **Rappaport T.S.**, 2001. Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice Hall, A.B.D.
- [7] **Coinchon, M., Salovaara, A. ve Wagen, J.**, 2002, The Impact of Radio Propagation Predictions on Urban UMTS Planning, *IEEE Transactions*, 32-36.
- [8] **Cavdar, I.H.**, 2001, A Statistical Approach to Bertoni-Walfisch Propagation Model for Mobile Radio Design in Urban Areas, *IEEE Transactions*, 279-283.
- [9] **Mandayam, N.**, 2001. Wireless Communication Technologies, *Course: Advanced Topics in Communication Engineering*, Rutgers Uni., New Brunswick.
- [10] **UMTS World Resmi Sitesi**, (www.umtsworld.com).
- [11] **Hamalainen, J.**, 2008, Cellular Network Planning and Optimization, Helsinki Uni., Finlandiya
- [12] **Holma, H. ve Toksala, A.**, 2007, WCDMA for UMTS, John Wiley and Sons, İngiltere
- [13] **Altratek 3G Base Station Antenna Series**, (<http://www.altratek.com/english/product/3G.htm>).

- [14] **Atalay, A.H.**, 2000, Telsiz İletişim / GSM, *Telekomünikasyon Kurumu Yayını*, Ankara.
- [15] **Henderson, B.**, 2008, Radio Mobile Program Operating Guide, Canada.
- [16] **Eurescom GmbH**, 2000, Guidelines for the Design of UMTS Network Access Brochure, Almanya.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Engin Onur CÖMERT

Doğum Yeri ve Tarihi: Çorum – 14/07/1985

Adres: Manavkuyu Mah. 275/14 Sok. Barış Apt. No:2/1 Bayraklı/İZMİR

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi