

**ÜÇÜNCÜ NESİL (3N) SİSTEMLER İÇİN
EKO İSTATİSTİKLERİ VE
ADS İLE BİR SİSTEM BENZETİMİ**

YÜCEL YAŞAR BÜYÜKLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından 30/01/2006 tarihinde yapılan sınav ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Hatice SEZGİN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ULUTAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hülya GÖKALP

ONAY:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

.../.../2006

Prof. Dr. A. Nur ONAR
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜÇÜNCÜ NESİL (3N) SİSTEMLER İÇİN
EKO İSTATİSTİKLERİ VE
ADS İLE BİR SİSTEM BENZETİMİ**

YÜCEL YAŞAR BÜYÜKLÜ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. HÜLYA GÖKALP**

SAMSUN - 2006

ÖZET

Üçüncü Nesil (3N) gezgin iletişim sistemleri, düşük veri hızlarında (384 Kbit/s'ye varan) hareket eden aboneleri geniş bir kapsama alanında; 2 Mbit/s veri hızında durağan veya yavaş hareket eden aboneleri yerel kapsama alanında desteklemeyi hedeflemektedir. 3N şebekelerde taşıyıcı aralığı (iki taşıyıcı arasındaki fark) 5MHz olup, çoklu erişim yöntemi olarak W-CDMA (Geniş Band Kod Bölmeli Çoklu Erişim) tekniğini kullanmaktadır. Öngörülen chip hızı 3.84 Mchip/s'dir. Geniş band kullanılması nedeniyle alıcıda, Tırmık alıcılar yardımıyla farklı yollardan gelen eko enerjileri toplanabilecektir. Tırmık alıcılar, ekolu kanaldaki hızlı sönümlenmeleri de azaltırlar.

Bu çalışmada 3N sistemlerin başarımını değerlendirmek için, değişik kanal özellikleri ve farklı bit hızları kullanılarak benzetimler yapılmıştır. Benzetim sayısını azaltmak için kanal yayılım verileri kullanılarak, eko genlik istatistikleri yapılmış ve tırmık alıcı için en uygun parmak sayısı, 3 olarak belirlenmiştir.

Agilent Teknolojileri'nin bir yazılımı olan ADS (Gelişmiş Sistem Tasarımı) programı, benzetim aracı olarak kullanılmıştır. Bu yazılım, bir hayli karmaşık olan 3N sistem benzetimini biraz kolaylaştırmıştır. Farklı veri hızları (12.2 Kbit/s, 64 Kbit/s, 384 Kbit/s) ve iki tür kanal profili (4 ekolu ve 10 ekolu) için, farklı kullanıcı hızlarındaki (3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat) Eb/N0 değerlerine göre, BHO (bit-hata oranı)'nun değişim eğrileri, ADS benzetim programı kullanılarak elde edilmiş ve sunulmuştur.

Sistemin başarımı için yapılan benzetimler göstermiştir ki, 12.2 Kbit/s gibi düşük bit hızlarında abonenin hareket hızı, BHO değerlerini etkilemez. Bunun nedeni şöyle açıklanabilir. Düşük hareket hızlarında hızlı sönümlenmenin etkisi, tırmık algılama ve güç denetimi ile yok edilirken; yüksek hızlarda, harmanlama tekniği etkisini gösterir. Buna rağmen, 64 Kbit/s ve 384 Kbit/s'lik bit hızlarında düşük hareket hızları için kabul edilebilir BHO değerleri elde edilmiştir. Ancak bu veri hızı için gözlemlenen ilginç sonuç, 10 ekolu kanalda artan Eb/N0 değerlerinde, daha iyi BHO'ların elde edilmesidir.

Anahtar Kelimeler; Üçüncü nesil (3N) gezgin iletişim, W-CDMA, Yansımali kanal, Tırmık alıcı, ADS ortamında benzetimler.

ABSTRACT

Third generation (3G) mobile systems aim to provide data rates up to 384 Kbps for high mobility users with wide area coverage and 2 Mbps for low mobility users with local coverage. 3G Networks will be based on W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) air interface with a carrier spacing of 5 MHz. This chip rate enables the use of Rake reception. At the receiver, multipath components that are separated by at least $0.26 \mu\text{s}$ (chip period) can be combined coherently. Rake reception counteracts multipath fading and collects more multipath energy.

This work aims to carry out simulations to assess performance of 3G network for varying multipath channel conditions (e.g., for various multipath profile and mobile speeds) and for varying data rates. To decrease the number of simulations, multipath statistics were analysed to determine an optimum number for Rake fingers and simulations were carried out only for that many fingers. The optimum finger number for Rake Receiver was found to be three.

ADS (Advanced Design System) (by Agilent Technologies) was used as the simulation tool. This software eased the simulation of a highly complex 3G system. BER against E_b/N_0 graphs are presented for data rates of 12.2 Kbps, 64 Kbps and 384 Kbps for two channel profiles (one with 4 multipath and the other with 10 multipath components). The simulation were carried out for mobile speeds of 3 km/h, 50 km/h, 100 km/h and 300 km/h.

Results showed that at low data rates (e.g., 12.2 Kbps) the mobile speed did not affect BER values. This can be explained as follows; at low mobile speeds, the fast power control and rake reception is able to counteract fast fading, whereas at higher mobile speeds (up to 300 km/h) the channel interleaving effectiveness increases. However, performance for higher data rates (i.e., 64 Kbps and 384 Kbps) worsens rapidly with mobile speed. Moreover, at high data rates highly time dispersive channel (i.e., with 10 multipath components) resulted in better performance especially for high E_b/N_0 values.

Keywords: Third generation (3G) mobile communications, W-CDMA, Multipath channel, Rake receiver, Simulation in ADS.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, bana her türlü yardımlarıyla ve yapıcı eleştirileriyle büyük katkıda bulunan, başta danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Hülya GÖKALP'e ve çok değerli dostlarım Gökhan KAYHAN, İlknur YILMAZ, ve Çetin KURNAZ'a, ayrıca tüm olanaklarıyla beni bugünlere taşıyan çok sevgili aileme, teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
3. ÜÇÜNCÜ NESİL GEZGİN İLETİŞİM SİSTEMLERİ	6
3.1. Üçüncü Nesil (3N) Yolunda Atılan Adımlar (1N, 2N, 2.5N)	6
3.2. Üçüncü Nesil (3N) Standartları	7
3.3. Üçüncü Nesil (3N) Spektrumu	7
3.4. Üçüncü Nesil (3N) - İkinci Nesil (2N) İlişkisi	8
3.5. Üçüncü Nesil (3N) Sistemlerin Genel Hedefleri	9
4. W-CDMA (GENİŞ BANT KOD BÖLMELİ ÇOKLU ERİŞİM) TEKNİĞİ	10
4.1. W-CDMA'nın Temel Farkları	10
4.2. W-CDMA'da Hizmet Sınıfları	10
4.3. W-CDMA Radyo Şebekesinin Elemanları	11
4.3.1. Kullanıcı Ekipmanı (User Equipment – UE)	11
4.3.2. Baz İstasyonu (Base Station – BS)	12
4.3.3. Radyo Şebeke Kontrolcüsü (Radio Network Controller – RNC)	13
4.4. W-CDMA Radyo Şebekesinde Kanal Yapılandırma	13
4.4.1. Aktarım Kanalları	14
4.4.2. Fiziksel Kanallar	15
4.4.2.1. Yukarı Link Fiziksel Kanallar	15
4.4.2.2. Aşağı Link Fiziksel Kanallar	18
4.5. W-CDMA Hava Ara Yüzü ve 3N Sistemler İle İlgili Temel Kavramlar	21
4.5.1. Genişletme Kavramı	21
4.5.2. Sembol'ler ve Chip'ler	22
4.5.2.1. Çırpma Kodları	24
4.5.2.2. Kanallama Kodları	24
4.5.3. Yukarı Link ve Aşağı Link Modülasyonu	25
4.5.4. Yukarı Link ve Aşağı Linkte Genişletme	25
4.5.5. Hız Eşleştirme	25
4.5.6. Güç Kontrolü	26
4.5.7. Hücreler Arası Aktarım	27

4.6. Kapsama Alanı Planlaması.....	29
4.7. Uyarlanabilir Çoklu Hız.....	31
4.8. Kapasite Planlaması İle Kapsama Alanı İlişkisi.....	32
4.9. Güç Kontrol İyileştirmesi.....	35
5. GEZGİN RADYO KANALININ ÖZELLİKLERİ.....	37
5.1. Gezgin Radyo Kanalının Tanımı.....	37
5.2. Hücre (Cell) Yapısı.....	37
5.3. Radyo Kanalının Temel Kavramları.....	38
5.3.1. Radyo Hücresi ve Dalga Yayınımı.....	38
5.3.2. Dalga Yayınımının Etkileri ve Değişkenleri.....	39
5.3.3. Serbest Uzay Kaybı.....	39
5.3.4. Radyo Yayınım Kavramları.....	40
5.3.5. Makro Hücre Yayınım Modeli.....	44
5.3.6. Mikro Hücre Yayınım Modeli.....	44
6. TIRMIK ALICILAR (Rake Receivers).....	46
6.1. Tırmık Alıcının Yapısı.....	46
6.2. Ekolu Radyo Kanalları ve Tırmık Alıcı İle Algılama.....	49
6.3. Çoklu Yayınım Sonucu Oluşan Hızlı Gerilim Düşüşü.....	50
6.4. Tırmık Alıcısındaki En Yüksek Oran Birleşimi İlkesi.....	50
6.5. Tırmık Alıcı Algoritması.....	52
6.6. W-CDMA Sistemlerinde Kullanılan Tırmık Alıcılar.....	53
7. MATERYAL VE METOT.....	54
7.1. Giriş.....	54
7.2. Üçüncü Nesil (3N) Sistemler İçin Eko İstatistikleri.....	55
7.3. Verinin İncelenmesi.....	55
7.4. W-CDMA Sistem Benzetimi.....	60
7.4.1. W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Kaynak.....	65
7.4.2. W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Alıcı.....	66
7.5. Bit Enerjisinin Gürültü Güç Yoğunluğuna Oranı (E_b/N_0).....	67
7.6. Benzetim Ayarları.....	68

8. BULGULAR.....	71
9. SONUÇ.....	79
10. KAYNAKLAR.....	80
11. EKLER.....	81
12. ÖZGEÇMİŞ.....	83

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1 :	W-CDMA Baz İstasyonunun Basitleştirilmiş Blok Diyagramı.....	12
Şekil 4.2 :	W-CDMA Yukarı Hat Farklı Veri Hızlı İletişim.....	16
Şekil 4.3 :	Darbe İletimi İle Zaman Çoğullanmış Kontrol Kanalı.....	17
Şekil 4.4 :	DPDCH ve DPCCCH Kanallarının Veri Varken ve Yokken Paralel..... Aktarımı	17
Şekil 4.5 :	W-CDMA Rastgele Erişim Patlamasının Yapısı.....	18
Şekil 4.6 :	Eş Zamanlama Kanalı (SCH)'nin Yapısı.....	19
Şekil 4.7 :	SCH'nin Çoklanması (s_p = birincil yayma kodu, s_c = ikincil yayma kodu,.. c_{ch} = otogonal kod, c_{sc} = uzun çarpma kodu)	20
Şekil 4.8 :	Genişletme ve Ters Genişletme.....	22
Şekil 4.9 :	W-CDMA Şebekelerindeki Aktarım.....	28
Şekil 4.10 :	Kapsama Alanı Esnekliği (Abonelerin Artışı İle Kapsama Alanı Daralır)...	34
Şekil 5.1 :	Hücre Yapısı (a -Yapısal Biçim, b -İdeal Biçim, c -Gerçek Biçim).....	37
Şekil 5.2 :	Eş-Yönel (İzotropik) Anten.....	40
Şekil 5.3 :	Dalga Yayınımını Etkileyen Faktörler: 1 -) Direkt sinyal, 2 -) Kırınım,..... 3 -) Araç İçine Nüfuz Etme, 4 -) Girişim, 5 -) Bina İçine Nüfuz Etme)	41
Şekil 5.4 :	Walfish-İkegami Modeli.....	45
Şekil 6.1 :	Tırmık Alıcının Blok Diyagramı.....	46
Şekil 6.2 :	CDMA Tırmık Alıcısının Genel Yapısı.....	48
Şekil 6.3 :	Çok Yönlü Yayınım Sonucu Oluşan Hızlı Gerilim Sönümlenmesi.....	50
Şekil 6.4 :	CDMA Tırmık Alıcısındaki En Yüksek Oran Birleşimi İlkesi.....	51
Şekil 7.1 :	EP ve Eşik Seviyesinin Üstündeki Ekolar: 1957.5 MHz'de 5 MHz..... Genişliğinde Bant.	56
Şekil 7.2 :	1-4 Parmaklı Tırmık Alıcı İçin, En Güçlü Ekoya Göre Olan Güç..... Fakları İçin, Kümülatif Dağılım Fonksiyonu Eğrileri	60
Şekil 7.3 :	Benzetimlerde Kullanılan Yukarı Link W-CDMA 3N Sisteminin..... Blok Diyagramı	61
Şekil 7.4 :	W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Kaynak.....	65
Şekil 7.5 :	W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Alıcı.....	67
Şekil 8.1 :	4 Ekolu Kanalda Değişen Veri Hızları İçin Bit-Hata Oranı (BHO).....	71
Şekil 8.2 :	10 Ekolu Kanalda Değişen Veri Hızları İçin Bit-Hata Oranı (BHO).....	72
Şekil 8.3 :	12.2 Kbit/s Veri Hızı İçin 4 Ekolu ve 10 Ekolu Kanalda Başarım.....	72
Şekil 8.4 :	64 Kbit/s Veri Hızı İçin 4 Ekolu ve 10 Ekolu Kanalda Başarım.....	73
Şekil 8.5 :	384 Kbit/s Veri Hızı İçin 4 Ekolu ve 10 Ekolu Kanalda Başarım.....	73

Şekil 8.6 :	12.2 Kbit/s Veri Hızı ve 10 Ekolu Kanalda 50 km/saat, 100 km/saat,..... 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri	74
Şekil 8.7 :	12.2 Kbit/s Veri Hızı ve 4 Ekolu Kanalda 50 km/saat, 100 km/saat,..... 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri	75
Şekil 8.8 :	64 Kbit/s Veri Hızı ve 10 Ekolu Kanalda 3 km/saat, 50 km/saat,..... 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri	76
Şekil 8.9 :	64 Kbit/s Veri Hızı ve 4 Ekolu Kanalda 50 km/saat, 100 km/saat,..... 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri	76
Şekil 8.10:	384 Kbit/s Veri Hızı ve 10 Ekolu Kanalda 3 km/saat, 50 km/saat,..... 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri	77
Şekil 8.11:	384 Kbit/s Veri Hızı ve 4 Ekolu Kanalda 3 km/saat, 50 km/saat,..... 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri	78

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1 : W-CDMA Radyo Şebekesindeki Mantıksal Kanallar.....	14
Tablo 4.2 : W-CDMA Radyo Şebekelerinde Aktarım Kanalları.....	14
Tablo 4.3 : W-CDMA Radyo Şebekelerinde Fiziksel Kanallar.....	15
Tablo 4.4 : Ekipman Parametreleri ve Şebeke Parametreleri.....	30
Tablo 4.5 : Kullanıcı Bit Hızı ile Kapsama Alanı Yarıçapının Değişimi.....	33
Tablo 7.1 : Benzetimlerde Kullanılan Radyo Kanallarının Bağlı Genlik ve..... Gecikme Değerleri	63
Tablo 7.2 : Benzetimlerde Kullanılan Önemli Değişken Değerleri.....	69

1. GİRİŞ

Gezgin radyo haberleşme hizmetlerine olan talep, geçen 20 yıllık süreçte giderek artmıştır. Sayısal haberleşme tekniklerinin ilerlemesiyle beraber gezgin hücreli radyo sistemlerinde devrim niteliğinde değişiklikler elde edilmiştir. 1980'lerin ortalarında, birinci nesil hücreli sistemler, analog teknikler temelinde oluşturulmuştur. Bunlar AMPS (Advanced Mobile Phone System-Gelişmiş Gezgin Telefon Sistemi), NMT (Nordic Mobile Telephone-Kuzey Gezgin Telefon) ve TACS (Total Access Communications System-Toplam Erişimli Haberleşme Sistemi) ni içermektedir. Hava arayüzü teknolojileri FDMA (Frequency Division Multiple Access-Frekans Paylaşımli Çoklu Erişim) ve modülasyonu FM (Frequency Modulation-Frekans Modülasyonu) şeklindedir.

İkinci nesil gezgin iletişim sistemleri 1990'ların başlarında ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında GSM (Global System for Mobile-Gezgin İletişim İçin Küresel Sistem), DECT (Digital European Cordless Telecommunications-Avrupa Sayısal Kablosuz Haberleşmesi), ERMES (European Radio Message System-Avrupa Radyo Mesaj Sistemi), DCS (Digital Communication System-Sayısal Haberleşme Sistemleri) ve NADC (North American Digital Cellular-Kuzey Amerika Sayısal Hücreli) vardır. Bu sistemler sayısal teknoloji tabanlıdır ve TDMA (Time Division Multiple Access-Zaman Paylaşımli Çoklu Erişim) ve FDMA (Frequency Division Multiple Access-Frekans Paylaşımli Çoklu Erişim) hava arayüzü teknolojilerini çalıştırır. Sadece yerel ve ulusal kapsamayı sağlayan birinci nesil gezgin iletişim sistemlerinin aksine, ikinci nesil gezgin iletişim sistemleri, daha geniş kapsama alanı, artırılmış kapasite, daha iyi servis kalitesi ve daha yüksek güvenlik sağlar. 1995'lerde IS-95 (Interim Standard), CDMA (Code Division Multiple Access-Kod Paylaşımli Çoklu Erişim) sistemlerini Birleşik Devletler' de kullanıma hazır hale getirmiştir. İkinci nesil sistemler veya ikinci nesil Plus olarak anılan bu sistemler kısa mesaj servisleri gibi ilave servisler sağlanmasına katkıda bulunmuşlardır.

Buna rağmen ikinci nesil sistemler, kapasite sınırlamalarıyla karşı karşıya kalmıştır. Ayrıca, ses, yüksek hızlı veri, video, elektronik posta içeren servislerin geniş bir kapsamda sağlanabileceği kablosuz şebeke için artan bir talep söz konusudur. Bu servislerin birkaçı yüksek veri hızı ve bundan dolayı daha geniş bant gerektirmektedir. Bunun sonucu olarak üçüncü nesil gezgin iletişim sistemleri ortaya çıkmaya başlamıştır.

ETSI (European Telecommunications Standard Institute, Avrupa İletişim Standartları Enstitüsü, Avrupa) tarafından UMTS (Universal Mobile Telecommunication System-Evrensel Gezgin İletişim Sistemleri), ARIB (Association of Radio Industries and Businesses, Japan-Radyo Endüstrileri ve İşadamları Ortaklığı, Japonya) tarafından W-CDMA ve TIA (Telecommunication Industry Association, United States-İletişim Endüstrileri Ortaklığı, Birleşik Devletler) tarafından cdma2000 (TR45.5) üçüncü nesil sistemler için ITU (International Telecommunications Union-Uluslararası İletişim Birliği) ne önerilmiştir. Üçüncü nesil sistemler, ITU tarafından IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) olarak ta bilinir, ve kablosuz olarak hücreli sistemlerle ve LEO(Low Earth Orbit-Alçak Yer Yörüngeli) uyduları ile bütünleştirilmiş, uluslar arası bir gezgin ağ oluşturmayı amaçlamaktadır.

W-CDMA ve cdma2000 sistemleri arasındaki temel farklılıklar, chip hızı, aşağı link kanal yapısı ve şebeke senkronizasyonudur.

cdma2000’de 5 MHz bant bölgesi için doğrudan yayma ile 3,6864 Mchip/s chip hızı kullanılır ve aşağı link çoklu taşıyıcı için 1,2288 Mchip/s chip hızı kullanılır. W-CDMA’da doğrudan yayma ile bir chip hızı 4,096 Mchip/s olur.

cdma2000’nin yayma kodları aynı M-dizisinin farklı faz kaymaları kullanılarak elde edilir. Eş zamanlı şebeke nedeniyle bu mümkündür. W-CDMA eşzamanlı olmayan şebekeye sahip olduğu için, hücreleri ve kullanıcıları ayırmada, aynı kodların farklı faz kaymalarından ziyade, farklı kodlar kullanılır. Kod yapısı daha çok, kod eş zamanlılığının, hücre bilgisi edinmenin ve aktarım eş zamanlılığının ne şekilde gerçekleştirileceğini etkiler.

Tüm üçüncü nesil teklifleri için nominal bant genişliği 5 MHz’dir. Bu bant genişliğinin seçilmesinin birkaç nedeni vardır. İlk olarak, üçüncü nesil sistemler için, 5 MHz bant genişliği içinde 144 Kbit/s ve 384 Kbit/s veri hızları başarılabılır ve kabul edilebilir bir kapasite sağlanabilir. Hatta 2 Mbit/s tepe hızı, üçüncü nesil sistemler için ayrılabilir frekans bandının darlığı nedeniyle, sınırlı koşullar halinde sağlanabilir. İkinci olarak, 5 MHz’lik bant genişliği, birçok ekoyu, daha dar bir bant genişliğine göre daha iyi bir şekilde çözecektir. Böylece çeşitlilik artar ve başarımlar iyileştirilebilir. 10 MHz, 15 MHz, ve 20 MHz gibi daha geniş bant genişlikleri, daha etkili bir biçimde daha yüksek veri hızlarını desteklemek için önerilir.

Yakın zamanda, servislerin geniş kapsamı ve yüksek veri hızı talebindeki hızlı büyüme ile, (1920-1980) MHz ve (2110-2170) MHz arasındaki bantlar UMTS FDD (Frequency Division Duplex-Çift Yönlü Frekans Paylaşımı) bantları olarak tahsis edilmiştir. Bu bantlardaki radyolink 4.096 Mchip/s CDMA temelinde olacak, ve kanal aralığı (4.4-5.2) MHz olacaktır. CDMA kapasite artışı sunar ve farklı veri hızlarında servisleri destekleyebilir. 5MHz'lik bant genişliği için bu bantlardaki gezgin radyo kanal yayınının tam olarak anlaşılabilmesi, UMTS sistemlerinin tasarımını, yayın alanının tahminini, ve kanal görev stratejilerinin saptanmasını gerektirir.

UMTS sistemler baz istasyonlarda Tırmık (RAKE) alıcılar kullanacaktır. Tırmık alıcılar, bir chip süresi kadar birbirinden ayrılmış eko bileşenlerini çözebilecek, ve bunlar eş zamanlı bir şekilde bir araya getirilecek, böylece eko çeşitliliğinden yararlanacaktır. Burada çözülmüş eko bileşenlerinin birbirinden bağımsız bir biçimde zayıflamasından yararlanır. Bundan dolayı zayıflamış bileşenler, sürece karar vermeden önce ölçülebilmelidir. İyi bir eko çeşitliliği elde edebilmek için, Tırmık alıcılar bir tür arama motoru kullanır ki bu sürekli bir biçimde, önemli enerji içeriği olan eko bileşenlerini araştırır. Bu yüzden 5 MHz bant genişliği için eko güçlerine ait gecikme profillerinin tepe istatistikleri faydalı olacaktır ve yararlı ekoların aranacağı gecikme pencerelerinin genişliğinin tahmini için yardımcı olacaktır. Tırmık alıcı parmak sayısına sınırlama getirilerek, yapılacak benzetim sayısında önemli bir azalma sağlanabilir. Bu amaçla üçüncü nesil sistemler için ayrılmış frekans bantlarında yapılan ölçümlerde 524 ölçüm yerinde elde edilen eko profillerinden, eko istatistikleri yapılarak tırmık alıcı için en uygun parmak sayısı belirlenmiştir.

W-CDMA hava ara yüzünde kullanılması öngörülen bildiri bit hızları 12.2 Kbit/s, 64 Kbit/s, 384 Kbit/s ve 2 Mbit/s'dir. Bunlardan 2 Mbit/s'lik bit hızı hareketsiz kullanıcılar için düşünülmektedir. Hareketsiz ancak 384 Kbit/s hızına kadar olan tüm bit hızlarının, hareketli kullanıcılar için desteklenmesi beklenmektedir.

3N sistemlerin başarımı, bu sistemlerde kullanılan sinyal işlemler (harmanlama, tırmık alıcı ile algılama, genişletme, vb.) ve radyo kanalının özellikleri ile yakından ilgilidir. Bu çalışmada bir 3N sisteminin başarımı, değişen bildiri bit hızları (12.2 Kbit/s, 64 Kbit/s, 384 Kbit/s) ile değişen kullanıcı hareket hızları (3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat) ve değişen kanal özellikleri (4 ekolu kanal, 10 ekolu kanal) için incelenmiştir. Benzetimlerde Agilent Teknolojisi'nin bir

yazılımı olan ADS (Advanced Design System-Gelişmiş Sistem Tasarımı) kullanılarak, verilen bir radyo kanalı özellikleri için, bildiri bit hızı arttıkça aynı E_b/N_0 (bit enerjisi/gürültü güç yoğunluğu) oranında, daha yüksek değerlerde BHO (bit-hata oranı) elde edildiği görüldü. Bu beklenen bir sonuçtu. Ancak 4 ekolu kanalda, 64 Kbit/s ve 384 Kbit/s bit hızları için, belirli bir E_b/N_0 değerinden sonra BHO'nun daha yavaş bir biçimde azaldığı gözlemlendi. Özellikle 384 Kbit/s'lik veri hızı için E_b/N_0 'da 20 dB'lik bir artıştan sonra bile BHO değeri, 0.01'in altına düşmemiştir. Aynı verici çıkış gücü ve aynı kanal zayıflaması için 10 ekolu kanalda BHO değerleri, daha düşük elde edilmiştir. Bunun nedeni; 10 ekolu kanal ile gelen eko enerjisinin, 4 ekolu kanaldan gelene göre, yaklaşık 2.63 dB kadar büyük olmasıdır. 4 ekolu kanal için 50 km/saat, 100 km/saat ve 300 km/saat hareket hızları için yapılan denemeler ise şunu göstermiştir. Düşük bit hızları, hareket hızından fazla etkilenmezken, 64 Kbit/s ve 384 Kbit/s'lik veri hızları için elde edilen BHO'lar, hız arttıkça kötüleşmiştir. Bu ise şunu gösterir ki, 12.2 Kbit/s'lik veri hızında, genişletme çarpanı ile gelen işleme kazancı ve kullanılan harmanlama derinliği, hareketin etkisini yok edecek yeterliliktedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

W-CDMA sistemleri ilk olarak askeri amaçlı olarak ortaya çıkarılmıştır. Ancak askeri amaçlı kullanımda sadece bilgi güvenliği dikkate alınmış ve maliyet, kapsama alanı, hücre yapısı ve diğer etkenler uzun uzadıya düşünülmemiştir. W-CDMA sistemlerinin, artan talebi karşılamak amacıyla, ticari sistemler olarak kullanılmaya başlanması ile ilgili yapılan çalışmalar, yaklaşık 10 yıllık bir süredir devam etmektedir. W-CDMA'nın, CDMA'nın bir evrimi olmasından dolayı ilk dönem çalışmaları, daha çok bu iki sistemin benzerlikleri, farkları şeklinde sürmüştür. Zamanla W-CDMA ile ilgili bağımsız çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar özellikle büyük iletişim şirketlerinin desteğinde, üniversitelerde ya da bu şirketlerin kendi araştırma birimlerinde yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların genel niteliklerine bakıldığında; öncelikle W-CDMA alıcıları, yansımali kanalda iletim, hata kodlama algoritmaları, karıştırıcı kodlar, çoklu ortam iletimi, ikinci nesil sistemlerden geçiş problemleri, W-CDMA benzeticileri, konularında yapılmış oldukları görülmektedir. Ancak hiçbir çalışmada yansımali kanal bileşenlerinin istatistiği kullanılarak bir alıcının parmak (finger) sayısı sınırlandırılmamıştır. Yapılan çalışmalarda daha çok IMT-2000 standartına uygun kanal modelleri kullanılmıştır. W-CDMA yeni bir teknoloji olduğu için bu konuyla ilgili kitapların özellikle 2000 yılında ve sonrasında yayımlandığı görülmektedir. Bu teknoloji ile ilgilenen iletişim şirketlerinde ve internette W-CDMA ile ilgili makale, araştırma ve broşür bol miktarda bulunmaktadır.

3. ÜÇÜNCÜ NESİL GEZGİN İLETİŞİM SİSTEMLERİ

3.1. Üçüncü Nesil (3N) Yolunda Atılan Adımlar (1N, 2N, 2.5N)

Birinci nesil (1N) gezgin teknolojileri dünyada 1970'li yılların sonlarında kullanılmaya başlanmış olup, analog hücreli mobil telekomünikasyon sistemlerini kapsamaktadır. Günümüzde hala kullanımda olan ve analog ses iletimi hizmetini sağlayan 1N sistemlere, Kuzey Amerika'da kullanılmakta olan AMPS, TACS ve Avrupa'da kullanılmakta olan NMT sistemleri örnek olarak verilebilir. 1N'in kullanılmaya başlanması ile birlikte gezgin iletişim pazarı %(30-50) değerinde büyüme hızı ile 1990 yılında 20 milyonluk bir kullanıcı sayısına ulaşmıştır.

1N teknolojisinin, kullanıcıların zamanla artan ses kalitesi, kapasite ve kapsama alanı gibi ihtiyaçlarına cevap vermekte yetersiz kalması, yarıiletken ve mikrodalga teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte 2N sayısal teknolojiye doğru yol alınmasını zorunlu hale getirmiştir. 2N gezgin telefonlar, 1991 yılının ortalarında piyasaya sürülmüş ve kullanımını büyük bir hızla yaygınlaştırmıştır. Bugün kullandığımız GSM standartlarındaki cep telefonları, 2N sayısal teknolojiyi kullanan sistemlere bir örnek teşkil etmektedir. CDMA ve PDC, GSM dışındaki diğer 2N standartlarına örnek olarak gösterilebilir. Ancak GSM; GSM 900, GSM-R (GSM-railway), GSM 1800, GSM 1900 ve GSM 400 ile, en yaygın kullanılan 2N hücreli sayısal mobil telekomünikasyon standardını teşkil etmektedir.

GSM standartlarının belirlenme çalışmasının birinci aşaması Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) tarafından 1990 yılında tamamlanmıştır. GSM standartları bundan sonra da, değişen teknolojik ilerleme ve ihtiyaçlar doğrultusunda ikinci nesil ve ikinci nesil + (plus) olarak adlandırılan evrelerle, 1990'lı yılların ortalarında, daha da geliştirilmiştir. Söz konusu geliştirilmiş 2N teknolojileri, HSCDS, GPRS ve EDGE olarak adlandırılmaktadır. Sözü edilen teknolojiler, 3N'e doğru giden yolda son basamaklar olarak görülmekte ve topluca 2.5N teknolojisi olarak kabul edilmektedir.

Bilgi aktarım hızı yönünden bir karşılaştırma yapılacak olursa; GSM birinci nesil ile 9.6 Kbit/s, HSCDS ile 28.8 Kbit/s, GPRS ile 171.2 Kbit/s, EDGE ile 384 Kbit/s ve 3N sistemlerle ise 2 Mbit/s hızlarında bilgi transferi yapılabileceği öngörülmektedir.

3.2. Üçüncü Nesil (3N) Standartları

3N gezgin telekomünikasyon teknolojisine yönelik standartlar, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından geliştirilmekte olup IMT-2000 olarak adlandırılmaktadır. IMT-2000 hizmetlerinin, evrensel hizmetler olması beklenmektedir. Söz konusu evrensellik, karasal ve uydu telsiz ara yüzleri konusundaki özelliklerin ayrıntılı bir biçimde belirlenmesi ve benimsenmesi ile sağlanabilecektir. Bu amaçla, ITU'nun IMT-2000 konusunda faaliyet gösteren komitesine, çok fazla sayıda standart önerilmiş, söz konusu standartların benimsenmesi konusunda uyum sağlanabilmesi amacıyla uzun süren bir çalışma sürecinin neticesinde, 1999 yılının kasım ayında, IMT-2000 telsiz ara yüz standartları belirlenmiştir.

Benimsenen IMT-2000 telsiz ara yüz standartları aşağıda verilmektedir.

- UTRA (karasal telsiz erişimi)
- UMTS (evrensel gezgin iletişim sistemi)
- CDMA 2000 (kod bölmeli çoklu erişim-2000)
- TD-SCDMA (zaman bölmeli-eş zamanlı kod bölmeli çoklu erişim)
- DECT (sayısal gelişmiş kablosuz telekomünikasyon)

3N lisanslarının verilmesine, yukarıdaki standartların herhangi birinin kullanımına onay verilmesi mümkün olmakla birlikte, Avrupa Birliği'ne üye ülkeler arasında uluslararası dolaşım konusunda herhangi bir problem çıkmamasını sağlamak için, bu ülkeler tarafından UTRA standartlarında çalışacak en az bir şebekeye lisans verilmesinin zorunlu olduğu kabul edilmektedir.

UMTS, IMT-2000 olarak ta bilinen ve ITU tarafından tanımlanan ve geliştirilen 3N gezgin iletişim sistemlerinin en önemlisi ve de önde gelenidir. Diğer bir deyişle UMTS Avrupa Komisyonu kararıyla ETSI tarafından ve IMT-2000 çatısı altında geliştirilen bir 3N gezgin iletişim sistemidir.

3.3. Üçüncü Nesil (3N) Spektrumu

3N gezgin telekomünikasyon sistemleri için spektrum (tayf), ilk olarak 1992 yılında gerçekleştirilen Dünya Yönetimsel Telsiz Konferansı (WARC) tarafından belirlenmiştir. Buna göre, 3N gezgin telekomünikasyon için (1885-2025) MHz ile (2110-2200) MHz frekans bantlarının ayrılmasına karar verilmiştir.

Söz konusu kararların alınmasını takiben, 3N teknolojisine yönelik gelişmelerin hız kazanmasıyla, 3N hizmetlerinin daha geniş frekans bandı gerektirdiği değerlendirilmiştir. Bu çerçevede, 2000 yılında yapılan Dünya Telsiz Konferansı (WRC) ile, 3N uygulamaları için üç ilave frekans bandının daha tahsis edilmesi uygun görülmüştür. Bu bantlar, (806-960)MHz (1710-1885)MHz ve (2500-2690)MHz olarak belirlenmiştir.

WRC-2000'de, söz konusu bantların halihazırda yoğun olarak kullanılmakta olduğu ABD'nin önerileri de dikkate alınarak, tespit edilen spektrumun 3N haricindeki diğer uygulamalar için de kullanılabilmesinin önü açılmıştır. Böylelikle her ülkenin, anılan frekans spektrumu, kendi ihtiyaçlarına göre en uygun olan tarihte kullanılabilir kılacağı ve söz konusu bantları diğer hizmetlerle en uygun şekilde paylaşarak birlikte kullanılmasını sağlayabileceği kararlaştırılmıştır.

UMTS Forum tarafından yapılan tahminlere göre, yakın gelecekte, 155 MHz'lik bir bandın bütün olarak 3N uygulamaları için tahsis edilmesi gerekmektedir. Söz konusu forumca yapılan pazar araştırmalarına göre de, 2010 yılı itibarı ile 3N hizmetlerinin verilebilmesi için fazladan bir 185 MHz'lik frekans bandı daha gerekeceği tahmin edilmektedir. Forum, aynı zamanda hükümetlere, UMTS hizmetlerinin 2002 yılı itibarı ile rekabet ortamı içerisinde sunulmaya başlanmasının ardından, en az 2*40 MHz'lik bir frekans bantının en kısa zamanda tahsis edilmesi gerekliliği üzerinde durmaktadır. Bu gereklilik, Forum tarafından her bir işletmecinin öncelikle bir 2*20 MHz'lik banda gereksinim duyacağı tahminine dayandırılmaktadır.

3.4. Üçüncü Nesil (3N) - İkinci Nesil (2N) İlişkisi

2N, 2.5N ve 3N, analog olan 1N teknolojisinden tamamen farklı teknolojileri içermektedir. Ancak, 3N altyapılarının 2N altyapıları ile benzer yanları bulunacağı ve belirli bir geçiş dönemi boyunca 2N ve 3N ile benzer hizmetlerin sunulabileceği öngörülmektedir. Esasen, 3N şebekelerinin geliştirilmesinde 2.5N GSM, GPRS standartları dayanak teşkil etmekte olup, bu da GSM işletmecilerinin GPRS teknolojisinin veya 3N ara yüzlerinin kullanılması yoluyla 3N hizmetlerini verebilmelerini temin edecektir.

Kullanılmaya başlandıkları ilk birkaç yıl, 3N şebekelerinin kapsama alanlarının GSM şebekelerinin kapsama alanına göre küçük olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, standart belirleme çalışmalarında 3N şebekelerinin 2N altyapısını da mümkün olduğu ölçüde kullanılabilir kılması, bir başka deyişle 2N ve 3N alt yapılarının entegrasyonunun sağlanması hususları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Tahminlere göre, önümüzdeki yıllarda mobil abonelerin ikili modda (dual-mode) çalışan terminal cihazları olacak ve böylelikle hem 3N kapsama alanı içerisinde bütün 3N hizmetlerine erişebilecek, hem de 3N kapsama alanının dışındaki bölgelerde aynı hizmetlere GSM şebekeleri ile sunulan hızlarda erişim sağlanabilecektir.

3.5. Üçüncü Nesil (3N) Sistemlerin Genel Hedefleri

Üçüncü nesil (3N) gezgin haberleşme sisteminin hedeflerinden bazıları, aşağıda sıralanmıştır:

- Gezgin kullanıcılar için 2 Mbit/s veri hızına varan hizmetlerin desteklenmesi.
- Bu hizmetlerin, uydu sistemleri ile bir arada ve bağlantılı çalışarak, geniş bir kapsama alanı içerisinde sağlanması.
- Radyo frekans bandında daha çok kullanıcıya hizmet verilmesi.
- 3N sistemlerin aşamalı olarak tanımlanması. Birinci aşamada 2 Mbit/s'ye kadar olan veri hızlarındaki hizmetlerin, ikinci aşamada ise daha yüksek veri hızlarının sağlanması.
- 3N sistemlerin, mevcut şebekeleri de kullanarak uygun maliyetlerle kurulması.
- Maksimum 384 Kbit/s'ye kadar bit hızlarını, yüksek hareket hızlarında desteklemesi.
- Farklı operatörler ve teknolojiler arasında aktarımlar sağlanması.
- Farklı hizmet kalitesi gerektiren servisleri sağlama yeteneğine sahip olması.

4. W-CDMA (Genişband Kod Bölmeli Çoklu Erişim) TEKNIĞİ

4.1. W-CDMA' nın Temel Farkları

W-CDMA (Wide Band Code Division Multiple Access-Geniş Bantlı Kod Bölmeli Çoklu Erişim) üçüncü nesil hava ara yüzü için tercih edilmiştir. W-CDMA ve GSM hava ara yüzleri arasındaki birkaç temel farklılık, şöyle sıralanabilir;

a-) W-CDMA sistemleri yüksek bit hızlarını destekler. W-CDMA sistemlerinde 5 MHz'lik bir bant genişliği kullanılmasına karşın GSM sistemlerinde 200 KHz'lik bant genişliği kullanılır.

b-) Veri paketi zamanlaması W-CDMA' da yük tabanlı iken, GSM/GPRS'de zaman dilimi tabanlıdır.

c-) Teorik olarak W-CDMA'da sadece bir frekans kanalı kullanılırken, GSM'de pek çok frekans kanalı kullanılır.

d-) 5 MHz'lik sınır bant genişliği, radyo şebeke tasarımı için yeterlidir. W-CDMA'da tırmık alıcılar ile eko çeşitliliği mümkün iken, GSM teknikleri ile frekans çeşitliliği için, frekans sekmesi kullanılır.

e-) W-CDMA'da kalite kontrolü yapmak için RRM algoritmaları kullanılırken, GSM'de frekans planlaması gibi çeşitli teknikler uygulanarak bu işlem gerçekleştirilir.

f-) W-CDMA'da kullanıcılar/hücreler/kanallar, zaman veya frekansın yerine, kodlar tarafından ayrıştırılır.

4.2. W-CDMA'da Hizmet Sınıfları

Bir üçüncü nesil şebekede, gezgin ekipman kurulabilecek ve çoklu bağlantı sürdürülebilecektir. Şebeke, çeşitli nitelikteki servislerin gereksinimleri ile uygulamalar arasında, etkili işbirliğine de izin verecektir. Üçüncü nesil şebekeler pek çok servis için yüksek kalite sağlayacaktır. Bu kalite, iki ana parametre tarafından belirlenir.

- Mümkün olan en yüksek bit hızı (Kbit/s) ve garantisi,
- İzin verilebilir gecikmeler (ms)

Sadece ses/veri iletişimi değil hareketli görüntü/video iletişimi de üçüncü nesil sistemlerde yürütülebilecektir. QoS (Quality of Service) ölçütlerine göre, çoklu iletişim aracı gerektiren servisler, şu alt sınıflara ayrılmıştır;

- Konuşmaya Özgü Olan Sınıf
- Alınanın Bekletilmeden Sunulduğu Sınıf
- Etkileşimli Olan Sınıf
- Arka Planda İletişim Sağlayan Sınıf

Konuşmaya özgü sınıf, konuşma, söz aktarımı gibi uygulamalar içindir. Dört sınıf içerisinde, gecikmeye en duyarlı olan sınıftır. Bu sınıfa tipik bir örnek olarak video telefonlar verilebilir (voice-over-IP, VoIP). Bu sınıf içerisinde gecikme, uygulamanın insan tarafından algılanması temeline bağlıdır. bu nedenle kalite için, kurallara çokça bağlı olan, katı gereksinimlere sahiptir.

Alınanın bekletilmeden sunulduğu sınıf, durgun ve sürekli trafik akışına bakar. Bu sınıf içerisindeki en yaygın bilinen örnek internettir. Üçüncü nesil şebekelerde, internet daha hızlı olacaktır. Çünkü kullanıcı, bilgiyi tam olarak yüklemeye önce de görebilecektir.

Etkileşimli sınıfa tipik bir örnek olarak Web Browsing verilebilir. Yani şebeke üzerindeki dosyalara, dizinlere, programlara ve aygıtlara uzaktan erişim sağlanabilir. Bu sayede kullanıcılar uzaktaki bir sunucudan veri isteyebilirler. Konum temelindeki servisler bu sınıfa örnektir. Böylelikle kullanıcı otobüs veya tren saat çizelgeleri, uçuş zaman çizelgeleri gibi bilgilere erişebilecek ve herhangi bir yerel veriyi kullanabilecektir.

Arka planda iletişim sınıfına ise kısa mesajlar, dosya aktarımı, vb. işlemler girer. Servislerin bu sınıfı, tüm dört sınıfın gerektirdiği servis kalitesinin en esnek olanına sahiptir.

4.3. W-CDMA Radyo Şebekesinin Elemanları

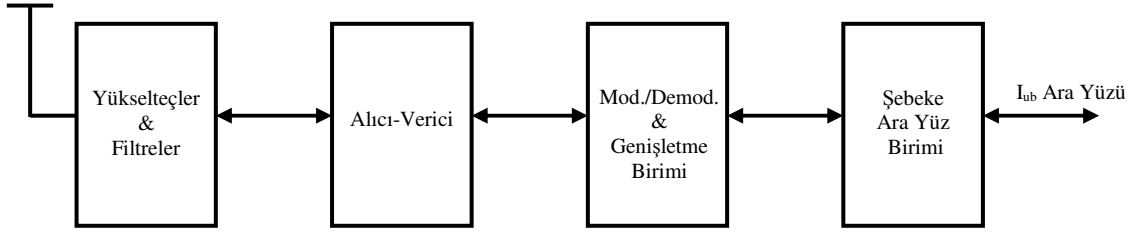
4.3.1. Kullanıcı Ekipmanı (User Equipment – UE)

Gezgin terminal, kullanıcının gezgin telefonudur. Diğer bölümde açıklanan temel ölçütlerle aynı özelliklere sahip olmakla beraber, verilerin aktarımını sağlayabilme ve verileri toplama yeteneğine sahiptir. Kullanıcı ekipmanı (UE), üç parçaya ayrılabilir. Bunlar; USIM, ME ve TE'dir.

USIM kart (SIM olarak da bilinir), kimlik denetleme bilgisini ve algoritmaları, şifreleri ve abone ile ilgili bilgileri içerir. Ters olarak, gezgin ekipman (ME) kullanıcı bilgilerinden bağımsızdır. Terminal ekipmanı (TE), kullanıcı ve şebeke arasındaki ara yüzüdür. RF sinyalinin kuvvetlendirilmesini, kontrol sinyalleri aracılığı ile bağlantının kurulmasını, vb. sağlar.

4.3.2. Baz İstasyonu (Base Station – BS)

Baz istasyonu, W-CDMA radyo şebekesinde B düğümü olarak da bilinir. GSM şebekelerinin baz istasyonuna göre çok daha karmaşıktır. Bu baz istasyonuna ait fonksiyonlar, hücre değiştiren kanal yönetimini, temel bant dönüşümünü (TX ve RX), kanal kodlama ve kod çözümünü, diğer şebeke elemanları ile ara yüz oluşturmayı içerir. Baz istasyonunun blok diyagramında yer alan yapılar Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: W-CDMA Baz İstasyonunun Basitleştirilmiş Blok Diyagramı

Yükselteçler ve Filtreler

Bu blok sinyal yükselteçleri ve anten filtrelerinden oluşur. Yükselteçler alıcı-vericiden gelen ve RF antenine doğru giden sinyali yükseltmek için kullanılırken, filtreler RF antenine (aşağı link sinyali) gelen gerekli frekansları seçer (yukarı link sinyali) ve sinyalleri yükseltir. Ayrıca alıcı-verici biriminin, alıcı parçasına sinyalleri göndermeden önce, başka işleme tabi tutar.

Alıcı-Verici

Alıcı-Verici, aşağı link ve yukarı link trafiği tarafından işlenmiş sinyalleri aktarma ve alma yeteneğindedir. Alıcı-Verici bloğu, bir verici ile bir veya daha çok alıcıdan oluşmuştur.

Modülasyon / Demodülasyon ve Genişletme Birimi

Bu birim, yukarı link yönündeki sinyalin demodülasyonu ve aşağı link yönündeki sinyalin modülasyonundan sorumludur. Yine bu birim, sinyalleri toplamak ve çarpmaktan ve de sinyalleri işlemekten sorumludur. Bu birim sinyalleri kodlama ve çözümlenmeden sorumlu olan sayısal sinyal işleyicileri de içerir.

Şebeke Ara Yüz Birimi

Bu birim iletişim şebekesi ve baz istasyonu arasında ara yüz oluşturur, veya baz istasyonu ile diğer herhangi bir şebeke elemanı arasında ara yüz gerçekleştirir.

4.3.3. Radyo Şebeke Kontrolcüsü (Radio Network Controller – RNC)

Radyo şebeke kontrolcüsü (RNC), GSM/GPRS şebekelerindeki baz istasyonu kontrolcüsüne benzerdir, fakat çok daha karmaşıktır ve çok daha fazla ara yüzü denetleyebilir. RNC radyo kaynağı hücre değiştirme, kabul servisi denetimi, güç denetimi ve yük denetimi gibi hareketlilik yönetim fonksiyonlarını gerçekleştirir.

Gerçekte RNC, W-CDMA radyo şebekesinde çift rol oynar ki, bu şebeke planlama perspektifinden anlaşılmalıdır. Bir radyo şebeke kontrolcüsü, SRNC (serving RNC) veya DRNC (drifting RNC) olabilir. Eğer radyo şebeke kontrolcüsü, bir gezgin kullanıcıdan gelen aktarılmış sinyalleri ve verileri sonlandırıyor bu, SRNC olarak adlandırılır. Eğer hücre diğer SRNC den bir radyo şebeke kontrolcüsü tarafından kontrol edilen bu UE tarafından kullanılırsa DRNC olarak adlandırılır.

4.4. W-CDMA Radyo Şebekesinde Kanal Yapılandırma

Taşıyıcı kanallar mantıksal kanallar ile eşleştirilir. Bu durum, mantıksal kanallar üzerinden veri aktarım servislerine olanak verir. Alışıl gelmiş mantıksal kanallar, kontrol ve trafik kanallarından oluşmuştur. Bunlar da tekrar, ortak ve adanmış kanallar olarak alt gruplara ayrılırlar. Bu kanallar fonksiyonlarıyla birlikte Tablo 4.1’de yer almaktadır.

Tablo 4.1: W-CDMA Radyo Şebekesindeki Mantıksal Kanallar

KANAL	KISALTMA	FONKSİYON / UYGULAMA
Ortak Yayın Kontrol Kanalı (DL)	BCCH	Sistem kontrol bilgisini aktarır
Ortak Kontrol Kanalı (UL / DL)	CCCH	Şebeke ve UE arasındaki kontrol için aktarılan bilgiyle ilgili olarak kullanılır.
Ortak Trafik Kanalı (DL)	CTCH	UE'nin bir grubu için adanmış kullanıcı bilgisini aktarmak adına kullanılır.
Adanmış Kontrol Kanalı (UL / DL)	DCCH	Şebeke ve UE arasındaki bilgiyle ilgili kontrol için adanmış kanal
Adanmış Trafik Kanalı (UL / DL)	DTCH	Kullanıcı bilgisi için kullanım dışında DCCH ye benzer şekildedir.
Sayfalama Kontrol Kanalı (DL)	PCCH	UE ile ilgili sayfa bilgisi için kullanılır.

W-CDMA radyo şebekesinde, fiziksel katmanın yapısı, doğrudan doğruya şebekenin başarımını etkiler. Bu yüzden şebeke boyutunun anlaşılması gerekir. Daha önceden mantıksal kanallardan bahsedilmişti. Burada ise kısaca aktarım kanalları ve fiziksel kanallar incelenecektir.

4.4.1. Aktarım Kanalları

Aktarım kanallarının iki türü, adanmış kanallar ve ortak kanallar şeklindedir. Aşağıdaki tabloda WCDMA-FDD türü işlemleri için listelenmiş kanallar vardır. Burada sadece bir tane adanmış kanal ve altı adet ortak kanal vardır. Bir adanmış kanal (DCH), daha sonra anlatılacak olan yumuşak hücre değişimi olgusunu gerçekleştirir. Birkaç ortak kanalla birlikte adanmış kanallar, hızlı güç kontrolünü desteklerler.

Tablo 4.2: W-CDMA Radyo Şebekelerinde Aktarım Kanalları

KANAL	KISALTMA	FONKSİYON / UYGULAMA
Adanmış Fiziksel Kontrol Kanalı (UL / DL)	DPCCH	Bu tabakada taşınan sinyaller ve kullanıcı verileri gibi yüksek link bilgilerine adanmıştır.
Adanmış Fiziksel Veri Kanalı (UL / DL)	DPDCH	Adanmış fiziksel tabaka kontrol bilgisini aktarır.
Fiziksel Rastgele Erişimli Kanal (UL)	PRACH	Birinci tabaka kontrol bilgisi ve RACH nin veri parçasını aktarır.
Fiziksel Ortak Paket Kanalı (UL)	PCPCH	CPCH aktarım kanalını taşır.
Fiziksel Aşağı Link Paylaşım Kanalı (DL)	PDSCH	DSCH aktarım kanalını taşır.
Birincil Ortak Fiziksel Kontrol Kanalı (DL)	PCCPCH	Yalnızca verileri içerir ve BCH aktarım kanalını taşır.
İkincil Ortak Fiziksel Kontrol Kanalı (DL)	SCCPCH	FACH ve PCH aktarım kanallarını taşır.

4.4.2. Fiziksel Kanallar

Fiziksel kanalların iki türü, adanmış kanallar ve ortak kanallar şeklindedir. Aktarım kanallarının fiziksel kanallar üzerinde haritalandığı düşünülür. Zaman dilimleri fiziksel katmanlarla ilişkili bilgi taşır ve radyo çerçevelerinin yapısı, bu fiziksel kanallar ile tabakalanır. Fiziksel kanallar, özel taşıyıcı frekans, kanallama ve karıştırma kodları, zamanlama, vb. ile tanımlanır.

Aşağıdaki tabloda iki adet adanmış kanal ve beş adet ortak kanal vardır. Bu tabloda yer alan fiziksel kanalların biri üzerinde, aktarım kanalları haritalanmıştır ki, bunlar arasında eşzamanlı kanallar (SCH), ortak pilot kanalı (CPICH), sayfa gösterim kanalı (PICH), vb. vardır.

Tablo 4.3: W-CDMA Radyo Şebekelerinde Fiziksel Kanallar

KANAL	KISALTMA	FONKSİYON / UYGULAMA
Yayın Kanalı (DL)	BCH	Sistem ve hücre özel bilgisini aktarır
Ortak Paket Kanalı (UL)	CPCH	Yukarı link yönünde paket tabanlı kullanıcı verisini aktarır
Adanmış Kanal (UL / DL)	DCH	Her iki yöndeki kullanıcı veya kontrol kanalını aktarır.
Aşağı Link Paylaşım Kanalı (DL)	DSCH	Birçok UE tarafından paylaşılan kullanıcı ve kontrol bilgisini taşır.
İleri Erişim Kanalı (DL)	FACH	UE için kontrol bilgisini aktarır.
Sayfalama Kanalı (DL)	PCH	UE için sayfalama bilgisini kullanır.
Rastgele Erişim Kanalı (UL)	RACH	UE den kontrol bilgisini içerir ve hücrenin bütününden alınır.

4.4.2.1. Yukarı Link Fiziksel Kanallar

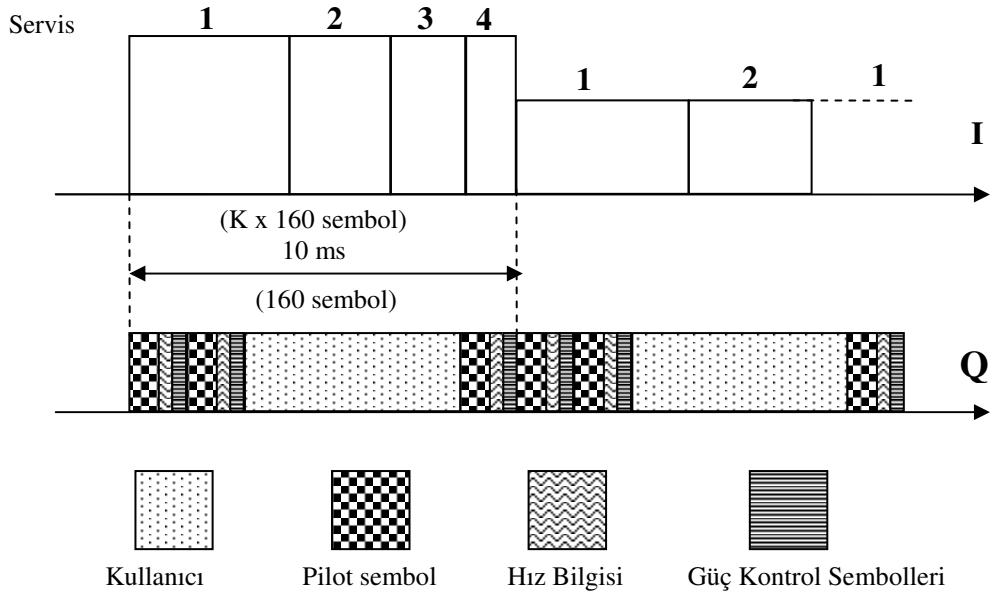
Yukarı linkte iki adet adanmış kanal ve bir tane ortak kanal vardır. Kullanıcı verisi, adanmış fiziksel veri kanalından (DPDCH) aktarılır ve kontrol bilgisi de adanmış fiziksel veri kanalından (DPDCH) aktarılır. Rastgele erişim kanalı, ortak bir erişim kanalıdır.

Şekil 4.2’de, yukarı link DPDCH’nin çerçeve yapısının esasları gösterilmektedir. Her bir koddaki DPDCH çerçevesi 160.2^k bit (16.2^k Kbit/s) taşır. Burada $k=0,1,2,\dots,6$ iken 4.096 Mchip/s chip hızı ile $256/2^k$ genişletme çarpanı ilişkilidir. Çoklu paralel, değişken hızlı servisler (adanmış mantıksal trafik ve kontrol kanalları), her bir DPDCH

çerçevesi içinde zaman çoğullamalı olabilir. Tüm DPDCH bit hızları, bir çerçeveden diğer bir çerçeveye değişkenlik gösterir.

Birçok durumda, bağlantı başına sadece bir DPDCH tahsis edilir ve servisler iç içe geçmiş biçimde ortaklaşa aralıklanmış aynı DPDCH' yi paylaşırlar. Buna rağmen, çoklu DPDCH'ler de tahsis edilmiş olabilir (örneğin, yüksek veri hızlarında çok düşük bir genişletme çarpanı oluşumunu önlemek için).

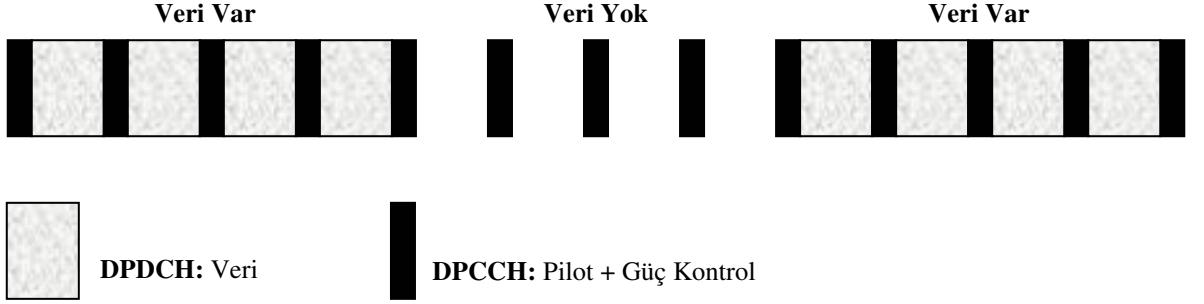
Adanmış fiziksel kontrol kanalı (DPCCH), eş zamanlı algılama, güç kontrol bitleri ve hızın algılanması sırasında, hız bilgisi için, iletim pilot sembollerine gereksinim duyar. Çoklu fiziksel kontrol ve veri kanalları için iki temel çözüm, zaman çoğullaması ve kod çoğullamasıdır. Yukarı link W-CDMA'da melez IQ ve kod çoğullama (çift kanal QPSK) kullanılır ki bu, süreksiz iletim ile elektromagnetik uyumluluk problemlerini önlemek içindir.



Şekil 4.2: WCDMA Yukarı Hat Farklı Veri Hızlı İletim

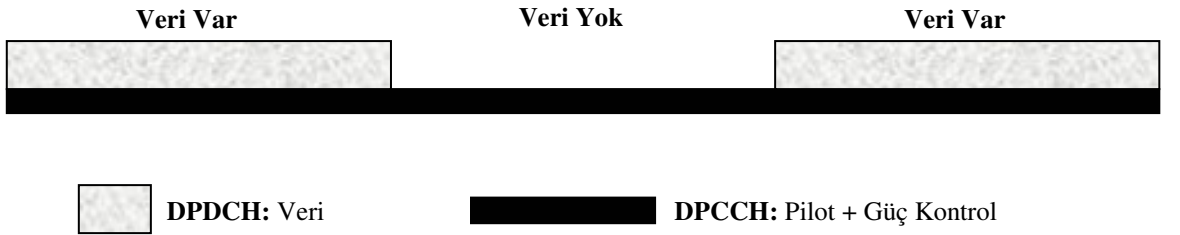
Zaman çoğullamalı kontrol kanalının ana engeli elektromagnetik uyumluluk problemleridir (EMC-electromagnetic compatibility) ki bu, kullanıcı verisi için kullanılan süreksiz iletim nedeniyle ortaya çıkar. Süreksiz iletim (DTX-discontinuous transmission) servisine bir örnek olarak ses iletişimi verilebilir. Sessiz olunan anlarda, göndermek için bilgi bitlerine ihtiyaç yoktur, ama kontrol verisi iletilmelidir ki bunun sonucunda darbeli iletim (var/yok iletimi) ortaya çıkar.

Buna ilişkin gösterim, Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Çünkü pilot ve güç kontrol sinyallerinin iletimlerinin hızı, 1 ile 2 KHz şeklindedir. Bunlar, harici ekipman ve dahili terminaller arasında ciddi EMC problemlerine neden olur. Bu EMC problemi, yukarı link yönünde daha zordur. Çünkü mobil istasyon işitme cihazları gibi diğer elektrikli ekipmanlara yakın olabilir.



Şekil 4.3: Darbe İletimi İle Zaman Çoğullanmış Kontrol Kanalı

IQ/kod çoğullamalı kontrol kanalı Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Burada pilot ve güç kontrol kanalları ayrı bir kanaldır ve darbe benzeri iletim, meydana gelmez. Diğer kullanıcılar ve hücresel kapasite, zaman çoğullamalı çözümle aynı gibidir. Buna ek olarak, eğer her iki planlamada da pilot ve güç kontrol bitlerine aynı enerji tahsis edilirse, link seviye başarımları da aynı olur.

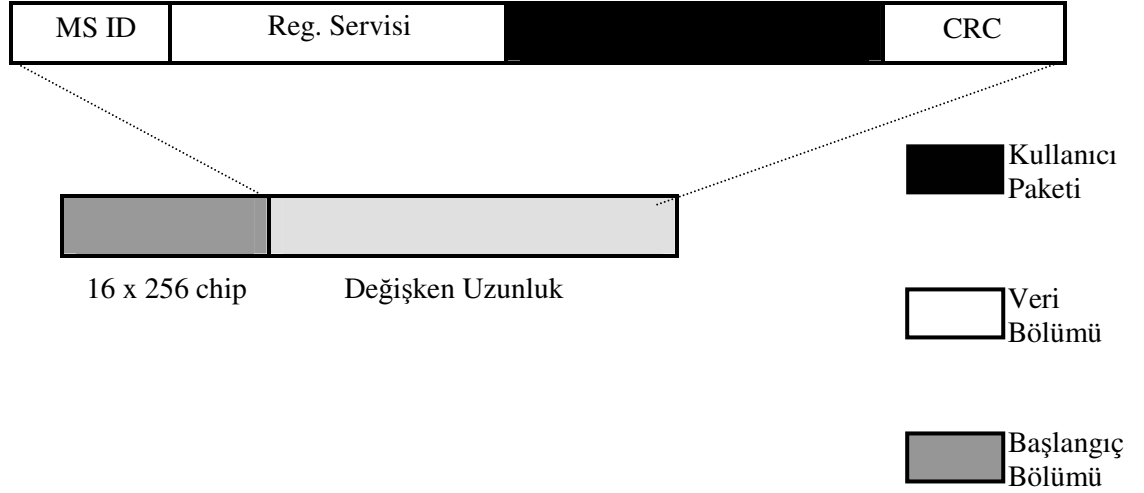


Şekil 4.4: DPDCH ve DPCCH Kanallarının Veri Varken ve Yokken Paralel Aktarımı

Şekil 4.5'de rastgele erişim patlamasının yapısı gösterilmiştir. Rastgele erişim patlaması iki bölümden meydana gelmiştir. Başlangıç bölümünün uzunluğu 16 x 256 chip (1ms)'dir ve veri bölümünün uzunluğu ise değişkendir.

Rastgele erişim isteğinin iletiminden önce gezgin terminal, aşağıdaki sıralı görevleri yerine getirmek zorundadır.

- Eş zamanlı kanal (SCH) dan ve eşzamanlı kanalında aşağı link için olan çarpma kodu bilgisini elde etmek ve hedef baz istasyon ile chip, zaman dilimi ve çerçeve eşzamanlılığını sağlamak.
- Hedef hücre bölgelerinde kullanılan rastgele erişim kodlarıyla ilgili bilgiyi yayın kontrol kanalından almak.
- Aşağı link yol kaybını tahmin etmek ki bu, hedef sinyal gücü ile birlikte rastgele erişim isteği için gereken iletim gücünü hesaplamak için kullanılır.



Şekil 4.5: W-CDMA Rastgele Erişim Patlamasının Yapısı

4.4.2.2. Aşağı Link Fiziksel Kanallar

Aşağı linkte üç tane ortak fiziksel kanal vardır. Birincil ve ikincil ortak kontrol kanalları (CCPCH), aşağı link ortak kontrol kanallarını (BCCH, PCH ve FACH) taşır. SCH bilgi zamanlamasını ve mobil istasyon tarafından alınan ölçümlerin, aktarım için kullanılmasını sağlar.

Adanmış kanallar (DPDCH ve DPCCH) zaman çoğullamalıdır. Aşağı linkte süreksiz iletişim, EMC problemine yol açmaz. Çünkü birkaç kullanıcıya aynı anda sinyal gönderilir ve aynı zamanda baz istasyonları, işitme cihazları gibi diğer elektriksel ekipmanların yakınında değildirler.

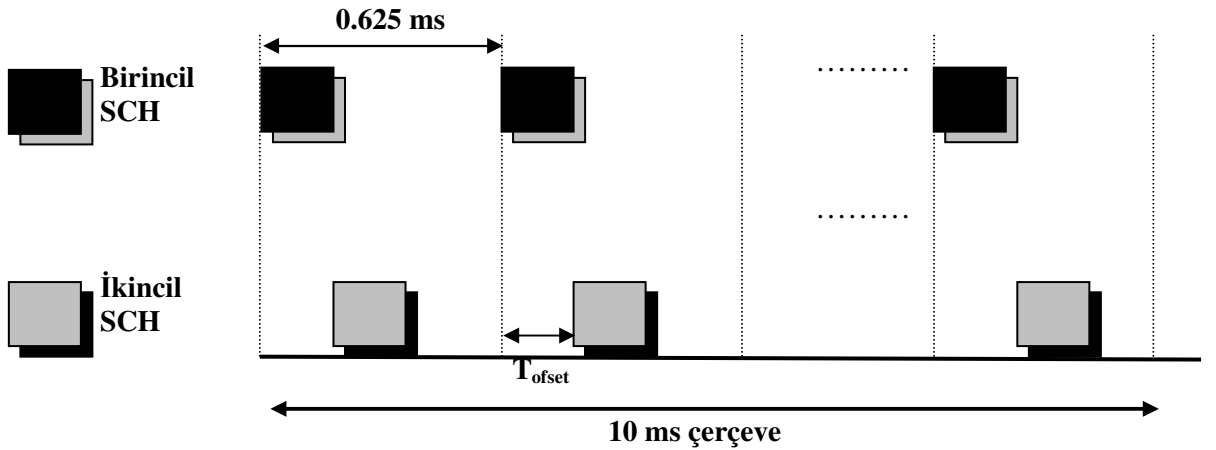
Aşağı linkte eş zamanlı algılama için, zaman çoğullamalı pilot sinyaller kullanılır. Çünkü pilot semboller bağlantıya adanmıştır ve uyarlamalı (adaptif) antenler, kanal tahmini için kullanılabilirler.

Bundan başka, bağlantıya adanmış pilot semboller, aşağı linkte, hızlı güç kontrolünü sağlamak için kullanılabilir. Buna ek olarak yayın kontrol kanalındaki zaman çoğullamalı ortak pilot kanalı, eş zamanlı algılama için kullanılabilir.

Birincil CCPCH, BCCH kanalını ve zaman çoğullamalı ortak pilot kanalı taşır. Bu, adanmış trafik kanallarında olduğu gibi DPDCH ile aynı yoldan aktarılırlar ve hızları sabittir. Tüm hücrelerde birincil CCPCH'ye aynı kanallama kodu tahsis edilmiştir. Böylece hücrenin araştırılma işleminde, baz istasyonunun benzersiz çarpma kodu algılandığında, gezgin terminal daima BCCH'yi bulabilir.

Ortak kontrol taşıyıcısı için ikincil fiziksel kanal PCH ve FACH, süper çerçeve yapısı içinde zamanda çoğullanmıştır. İkincil CCPCH'nin hızı, farklı hücreler için farklı olabilir ve PCH ve FACH için gerekli kapasiteyi sağlayacak biçimde ayarlanabilir. İkincil CCPCH'nin kanallama kodu, birincil CCPCH üzerinden aktarılır.

SCH, birincil ve ikincil SCH olmak üzere iki tane alt kanaldan meydana gelmiştir. Şekil 4.6'da, SCH'nin yapısı gösterilmiştir. SCH'de, uzun kodların elde edilme zamanını en aza indirmek için, kısa kodlarla maskeleyme yöntemi uygulanır. SCH (birincil ve ikincil SCH), iki kısa kodla maskelenir. Modüle edilmemiş birincil SCH, ikincil SCH'de zamanlama bilgisini elde etmek için kullanılır. Modüle edilmiş ikincil SCH kodu, baz istasyonuna ait olan uzun kod gruplarıyla ilgili bilgi taşır. Bu yolla uzun kodlar, tüm kodların bir altkümesinde araştırılacaktır.



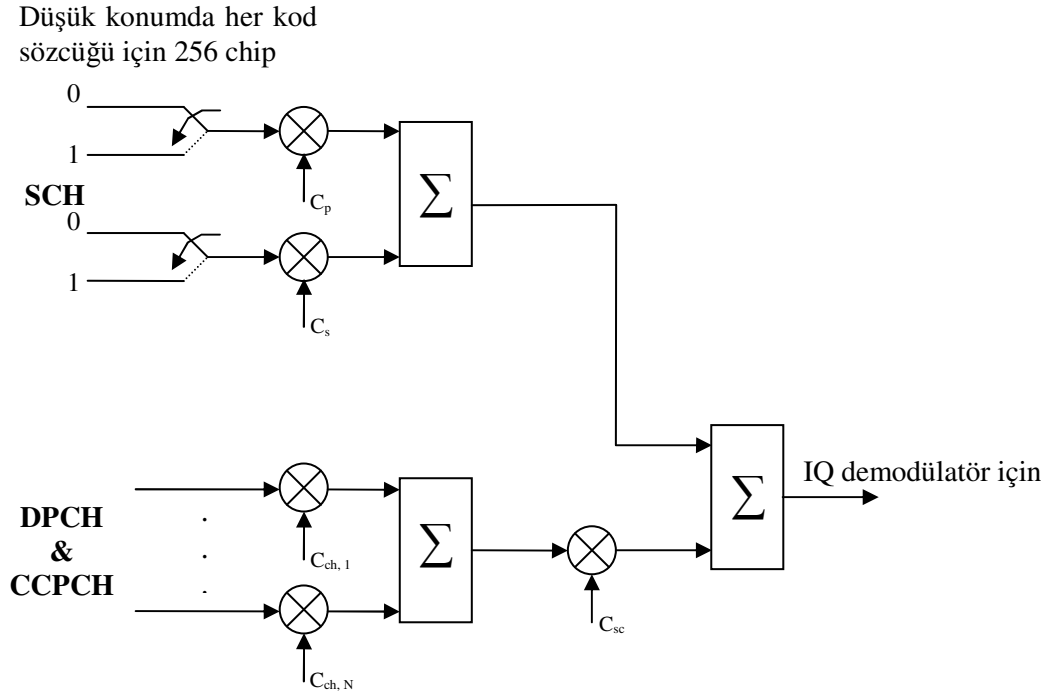
Şekil 4.6: Eş Zamanlama Kanalı (SCH)'nin Yapısı

Modüle edilmemiş 256 chip uzunluğunda koddan meydana gelen birincil SCH, her dilimde bir kez aktarılır. Sistemdeki tüm baz istasyonları için aynı birincil senkronizasyon kodu kullanılır ve Şekil 4.7’de gösterildiği gibi her dilimin başında gönderilir.

256 chip uzunluğundaki bir modülasyon kodundan meydana gelen ikincil SCH, birincil SCH ile aynı dilimde aktarılır. İkincil senkronizasyon kodu, 16 farklı koddan oluşan bir takım içinden seçilir ki bu takım, baz istasyonunun aşağı link çarpma kodlarına ait 32 farklı kod grubuna bağlıdır.

İkincil SCH, 16 bit uzunluğundaki ikili bir dizi ile modüle edilir ve her bir çerçeve için tekrarlanır. Tüm baz istasyonları için aynı olan modülasyon dizisi, iyi bir dögüsel otokorelasyon özelliğine sahiptir.

SCH’nin, diğer aşağı link fiziksel kanalları (DPDCH/DPCCH ve CCPCH) ile çarpılması Şekil 4.7’de gösterilmiştir. SCH sadece aralıklı olarak arttırılır (slot başına 1 kod sözcüğü olacak şekilde) ve DPDCH/DPCCH ve CCPCH üzerinde uzun kod çarpma uygulandıktan sonra, DPDCH/DPCCH ve CCPCH ile çoğullandır. Sonuç olarak, SCH diğer aşağı link fiziksel kanallar gibi ortogonal değildir.



Şekil 4.7: SCH’nin Çoklanması

(s_p = birincil yayma kodu, s_c = ikincil yayma kodu, c_{ch} = ortogonal kod, c_{sc} = uzun çarpma kodu)

4.5. W-CDMA Hava Ara Yüzü ve 3N Sistemler İle İlgili Temel Kavramlar

4.5.1. Genişletme Kavramı

Genişletme kavramı, W-CDMA tekniğinin temelidir. Genişletme sözcüğünün anlamı, bilginin orijinal bant genişliğinden, daha geniş bir bant genişliğine yayılarak aktarılmasıdır. Böylece bu işlemde, modüle edilmiş sinyal, dar bir bantla iletilmiş sinyale göre, gürültüye karşı daha dayanıklı olur. Böylece TDMA ve FDMA sistemlerde karşılaşılan, eşzamanlı kullanıcıların sayı sınırlaması problemi, çözülür. Yayılmış spektrum tekniği ile spektrum verimli kullanılacak ve aynı frekans bandını kullanan çoklu kullanıcılara izin verilecektir.

Doğrudan sıralama olarak bilinen ve çok yaygın bir biçimde kullanılan teknikle bilgi, frekans spektrumunun üzerine yayılabilir. Bu amaçla kullanılan en yaygın teknikler şunlardır;

- a-) DS-WCDMA-FDD
- b-) DS-WCDMA-TDD
- c-) MC-CDMA

DS-WCDMA-FDD ile, yukarı link ve aşağı link için farklı frekans bantları kullanılırken; DS-WCDMA-TDD ile, aynı frekans bandı kullanılır. MC-CDMA ile, frekans bandının tümü için bir yerine birçok taşıyıcı ile kullanılır. FDD ve TDD tekniklerinin her ikisi de gerçekleştirilebilecektir ancak, üçüncü nesil sistemlerin başlangıç aşaması için FDD tercih edilmiştir. DS-WCDMA-FDD için ayrılmış frekanslar şu şekildedir;

Aşağı link: (2110 – 2170) MHz

Yukarı link: (1920 – 1980) MHz

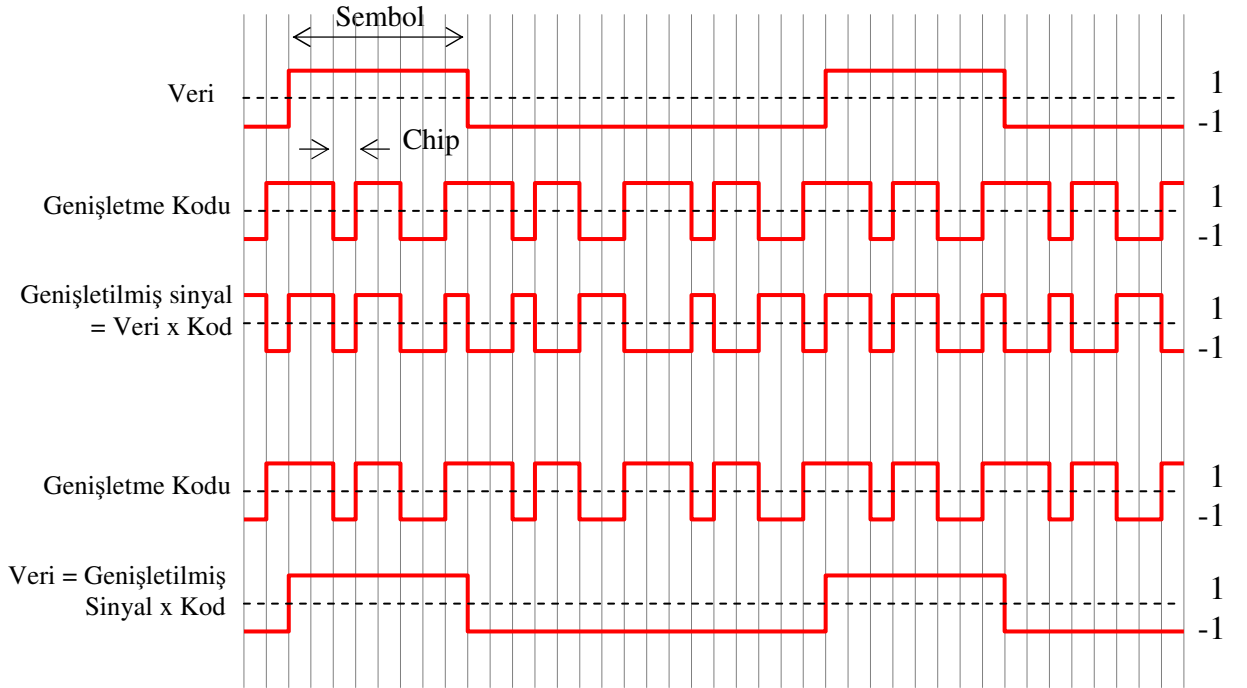
4.5.2. Sembol'ler ve Chip'ler

Genişletme ve ters genişletme (daraltma) kavramı Şekil 4.8'de gösterildiği gibidir. Orijinal sinyal modülasyonla yayılır. Genellikle BPSK (ikili faz kaydırmalı anahtarlama) modülasyonu ile, orijinal sinyal modüle edilir. Bu sinyal modülasyonunun, orijinal sinyal üzerinde bir saniyelik süreçte gerçekleştirileceği anlamına gelir. Bu orijinal veri sinyali (BPSK modülasyonundan sonra elde edilen), bitlerin bir dizisi tarafından çarpılarak modüle edilmiştir. Böylece orijinal dar bantlı

BPSK sinyali, daha geniş bant genişliğine yayılır. Sembol olarak da bilinen orijinal sinyalin her bir biti, “*chip*” olarak adlandırılan bitlerin sıralı bir dizisi tarafından çarpılır. Bu chip’ler orijinal veri bitleri ile çarpılmak için kullanılır.

Genişletilmiş sinyal alıcıya aktarılır. Alıcıda alınan sinyal, orijinal veriyi yeniden elde etmek için, aynı kodlar ile tekrar çarpılır. Sadece kod sinyallerinin özdeş olması durumunda, orijinal veri akışı elde edilebilir.

Radyo şebekesinde, aynı zamanda sinyalleri alan ve aktaran birçok abone vardır. Genişletme kodları, bu sinyallerin arasındaki ayırımı gerçekleştirir. Bir sembol tarafından kullanılan chip’lerin sayısı, “*genişletme çarpanı*” olarak tanımlanır. Ancak bu “*işlem kazancı*” olarak ta bilinmektedir. İşlem kazancı, taşıyıcının chip hızı ile bit hızı arasındaki oran olarak ta tanımlanabilir. İşlem kazançları geniş bant yapısıyla beraber, farklı hücreler ve sektörlerin birbirleri arasında, aynı taşıyıcının yeniden kullanılmasını sağlar. Özetlenecek olursa;



Şekil 4.8: Genişletme ve Ters Genişletme

a-) Bir W-CDMA'da taşıyıcı bant genişliği 5 MHz'dir. Koruyucu bant, bant genişliğinin 1.16 MHz'ini kaplar, geçerli olan bant genişliği ise 3.84 MHz'dir.

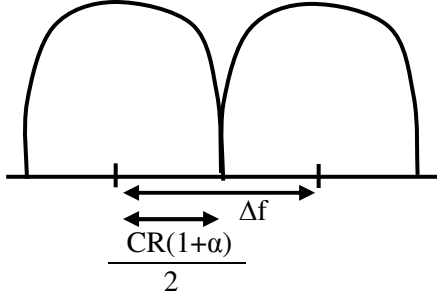
b-) Temel bant sinyalinin her bir biti sembol olarak adlandırılır.

c-) Kod sinyallerinin her bir biti chip olarak adlandırılır. Chip hızı 3.84 Mchip/s (saniyedeki 3.84 milyon adet chip sayısı) olarak belirlenir. Bu ise, bir chip'in 0.26 μ s sürdüğü anlamına gelir. Dolayısıyla her bir bilgi biti, genişletme çarpanı ile verilen çok sayıda chip içerir.

İki tür genişletme kodu kullanılır. Bunlar; çarpma kodları ve kanallama kodlarıdır. Gerçekte; *Genişletme Kodu* = (*Çarpma Kodu***Kanallama Kodu*) şeklindedir.

Bant genişliği belirlendikten sonra chip hızı seçimi şunlara bağlıdır;

- Bant kullanım senaryolarına (bandın çoklu taşıyıcılı veya tek taşıyıcılı olup olmasına),
- Tayf şekillendirmeye,
- İstenilen en yüksek veri hızına,
- İki modda çalışan telefon tasarımına (hem W-CDMA hem de GSM sistemlerinin her ikisinde de çalışabilir olup olmasına).



Yandaki şekilde, CR (chip hızı), Δf ve α (yükseltilmiş cosinüs filtresi kesme çarpanı) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Eğer tayf şekillendirici kullanılıyorsa, $CR(1+\alpha)/2$ Hz sonrasında tayfta kayda değer bir enerji oluşmaz.

Yukarıdaki şekilde Δf öyle seçilmiştir ki, komşu kanal tayflarında örtüşme yoktur. Eğer komşu kanal tayfları arasında örtüşme olsaydı, bir taşıyıcıdaki gücün bir kısmı, diğer bir taşıyıcıya sızardı. Mikro hücrelerde iki taşıyıcının da aynı anten direğini kullanması durumunda, kısmen örtüşen taşıyıcı aralığı kullanılabilir.

İki modda çalışan terminal için önemli olan parametreler şunlardır;

- Verici ve Alıcının örnekleme hızları
- Taşıyıcının taraması (rasteri)

Bunların uygun olarak seçilmesi ile iki modda çalışan terminal başarımlı mümkündür.

Bir terminaldeki saat frekansları ortak bir referans ossilatör çıkışının direkt bölünmesiyle veya faz kilitlemeli döngü kullanan sentezör ile elde edilebilir. PLL (faz kilitlemeli döngü) kullanımı karmaşıklık getirebilir. W-CDMA chip hızı, GSM ile geri uyumluluğun sağlanması için seçilmiştir.

4.5.2.1. Çırpma Kodları

Çırpma kodları, genişletme kodlarından sonra kullanılır. Bu nedenle sinyalin bant genişliğini değiştirmez, ancak amacı gereği onu farklılaştırır. Bu kodlar, sırasıyla yukarı link ve aşağı link yönlerindeki kullanıcıları ve hücreleri (ve/veya baz istasyonunu) birbirinden ayırt etmek için kullanılır.

Aşağı link yönünde, $262143 (2^{18} - 1)$ çırpma kodu üretmek mümkündür. Buna rağmen bu kodların tümü kullanılmayabilir. Çırpma kodları 512 gruba ayrılır ve bu grupların her biri bir tane birincil ve 15 tane ikincil çırpma koduna sahiptir. Bu ilkeler temelinde, $8191 (512 * 16)$ koda sahip olmak mümkündür.

Yukarı link yönünde, $2^{24} (16777216)$ çırpma kodu vardır. Bu yukarı link kodları da kendi içinde uzun ve kısa kodlar şeklinde alt gruplara ayrılırlar.

4.5.2.2. Kanallama Kodları

Kanallama kodları, aynı hücre içinde bulunan, aşağı link yönündeki kullanıcıların ve kanalların ayırımı için kullanılır. Yukarı link yönünde ise, veri ve kontrol kanallarını aynı kullanıcı ekipmanından ayırmak için kullanılır. Bu kodlar OVFSF (ortogonal değişken genişletme çarpanı) olarak bilinen teknik temelindedir. OVFSF tekniği, genişletme çarpanının değişimine izin verirken, farklı genişletme kodları arasında ortogonalleşmeyi (dik kesişme) korur. Bu kodlar iletişimin bant genişliğini artırır.

Genişletme kavramı nedeniyle, çırpma ve kanallama kodlarının atanmış olması gerekir. Sistem tarafından, çırpma ve kanallamanın her ikisi için de, yukarı link kod ataması yapılır. Aşağı link yönünde kullanılan 64 kod grubu vardır. Bunların her biri 8 koda sahiptir (toplam $64 * 8 = 512$ kod). Her bir hücrenin, kullanıcı ekipmanına bağlanabilmek için, farklı bir koda atanmış olması gerekir. Bu oldukça yüksek olan 64 kullanıcı çarpanı getirir. Böylece hücre arama işlemi daha az karmaşık hale gelir. Yüksek yeniden kullanım çarpanı yönteminde, kod planlaması el ile de yapılabilir.

4.5.3. Yukarı Link ve Aşağı Link Modülasyonu

Yukarı link ve aşağı link yönlerindeki modülasyon karakteristikleri farklıdır. Her iki yönde de chip hızı 3.84 Mchip/s'dir ve QPSK modülasyonu kullanılır. Yukarı link yönünde adanmış kanallar, karmaşık kodlama düzenleri kullanılarak çarpılır. Bu durum I/Q kodlama olarak ta bilinir. Aşağı link yönünde ise bunlar zamana göre çarpılmaktadır. Eğer yukarı linkte zaman temelinde çarpım kullanılırsa, kesintili iletişim anında, duyulabilir şekilde girişimler meydana gelecektir. Ancak aşağı linkte bu durum oluşmaz. Çünkü ortak kanallarla iletişim devam etmektedir.

4.5.4. Yukarı Link ve Aşağı Linkte Genişletme

Yukarı link ve aşağı linkin her ikisinde de genişletme, kanallama kodları temelinde gerçekleştirilir. Yukarı linkte, adanmış kanal genişletme çarpanı, çerçeveden çerçeveye değişiyorken; aşağı linkte, çerçeveden çerçeveye değişen genişletme çarpanı kullanılan aşağı link paylaşım kanalı (DSCH) haricinde, durum böyle değildir. Yukarı link karışımında, genişletme kodlarının karmaşık dizileri kullanılır. Yukarı linkte uzun ve kısa olmak üzere iki tane genişletme kodu varken, aşağı linkte sadece uzun genişletme kodları kullanılır. Uzun kodlar 10 ms'lik bir çerçevenin uzunluğuna sahiptir. Bu bir chip hızının 3.84 Mchip/s olacağı anlamına gelir. 3.84 Mchip/s sonucunda 38400 chip oluşurken, kısa kodlar 256 chip'in uzunluğuna sahiptir. Şebeke planlama araçlarında kullanılması gereken birçok genişletme kodu vardır. Genellikle, aşağı link yönündeki bölümde sadece bir genişletme kodu kullanılır. Çünkü kanallar ve kullanıcılar arasındaki ortogonalliğin sürdürülebilir olması gerekir. Kötü bir kod planlaması düşük ortogonalleşmeye sebep olur ve böylece, daha çok girişim nedeniyle, kapsama alanı ve kapasite düşüşü yaşanır.

4.5.5. Hız Eşleştirme

Hız eşleştirme sürecinde, aktarılmış olan bitlerin sayısı ile bir çerçeve üzerinde elde edilebilir olan bitlerin sayısı eşleştirilir. Eğer aktarılmış bitlerin sayısı maksimumdan daha aşağıda ise, kesintili iletim yapılabilir. Böylece tekrarlar ve patlama gibi süreçler kullanılarak, aktarılanların ve maksimum sayıların eşitliği sağlanmaya çalışılır.

Yukarı link yönünde “tekrarlama”, hız eşleştirme de tercih olunan yoldur. Aşağı link yönünde ise “patlama” tercih edilen yöntemdir. Yukarı link (up link-UL) hız eşleştirme dinamik bir süreçtir ki bu süreç, çerçeveden çerçeveye değişir. Bu süreç, üçüncü nesil şebekelerde önemlidir. Çünkü bit hızlarının ince ayarı, istenilen servis kalitesini başarabilmenin tek yoludur.

4.5.6. Güç Kontrolü

W-CDMA radyo şebekelerinin temel bir özelliği hızlı güç kontrolü yapabilmesidir. Frekansın yeniden kullanım çarpanı 1 ise, hızlı ve doğru güç kontrolü çok daha gerekli olur. Bu nedenle güç kontrolü özelliğinin var olmadığı durumda baz istasyonuna en yakın gezgin istasyon, hücre tarafından tanınan diğer gezgin istasyonları kolayca engelleyebilir. Böylece bir bloke etme etkisi oluşur. Bu nedenle bir kapalı döngü güç kontrol özelliği kullanılır.

Yukarı link yönünde, baz istasyonu, SIR (signal-to-interference ratio, sinyalin girişime oranı) içindeki farklı gezgin kullanıcılardan alınan gücün ölçümlerini yapar. Daha sonra bu ölçümleri hedef SIR ile karşılaştırır. Eğer ölçülen SIR (SIR_{measured}), hedef SIR (SIR_{target})’dan daha büyükse, baz istasyonu gezgin istasyonlardan, aktardıkları gücü küçültmelerini isteyecektir. Benzer bir durum, aşağı link de meydana gelir. Ancak bu durumda hedefler, hücre sınırlarındaki bölgelerde bulunan gezgin kullanıcılardır ve sırasıyla bunların, harici hücrelerle olan girişimlerini azaltmaları ve yeterli gücü sağlamaları şart koşulur.

Bu şebekelerde kullanılan başka bir kontrol de yavaş güç kontrolüdür ki bu, dış çevrim güç kontrolü olarak ta bilinir. Bu baz istasyonundaki hedef SIR kontrolü için kullanılır. Bu işlem temel olarak her bir tekil linke ihtiyaç duyar ve, baz istasyonu ile şebekedeki nitelikli hedeflerin korunmasından sorumludur. Açık dış çevrim güç kontrolü, aşağı link yönlerindeki yayını temel alır ve birbirlerinden oldukça farklı olan, yukarı link ve aşağı link frekanslarında kapalı çevrim güç kontrolü kullanılır. Baz istasyonu, kullanıcı ekipmanından sinyal alır, bu sinyalin ölçümleri temelinde, gezgin istasyon direkt olarak güç seviyesini artırır veya azaltır. Bu ölçümler, alınan sinyal seviyesinin her bir biti için, girişim sinyal seviyesi oranı temelindedir.

Yukarı link yönünde, daha yüksek tabakalardan sonra, yukarı link güç ayarlarına sahip, yukarı link kontrol süreci başlar. Yukarı linkte güç kontrolü veya ayarları, şebeke tarafından yapılır. Hızlı güç kontrolünde, yukarı link güç aktarımı kullanıcı ekipmanı tarafından ayarlanır. Bu kontrol, hedef SIR temelinde gerçekleştirilir.

Diğer bir güç kontrol türü de sıkıştırılmış türdür. Bu tür, yukarı link ve aşağı link yönlerinin her ikisinde de kullanılır ve hızlı güç kontrolünü sağlar. Bu türde daha geniş adımlar kullanılır. Öyle ki, hedef SIR'a daha yakın hareket eden SIR için, güç seviyesi yeniden elde edilir. Sıkıştırılmış tür, sistemler arasında veya frekanslar arasında aktarmayı gerektirir. Sıkıştırılmış çerçeveler süresince, gezgin istasyon ile baz istasyonu, güç kontrol komutlarını alamazlar. Bu durum neden daha geniş adımlar kullanıldığını açıklamaktadır. Bu, sistemler arasındaki ölçümlerin yürütülmesi sürecinde kullanılan, özel bir durumdur.

Güç kontrol süreci, şebekelerin kapsama alanı ve kapasitesi üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Aşağı linkte hava ara yüzü kapasitesi oldukça önemlidir ve aktarılan sinyallerin girişimine bağlıdır. Eğer gerekli olan aktarılmış güç minimum düzeye indirilebilirse, kapasite artışı olabilir. Bununla beraber, yukarı linkte, aktarılan ve alınan gücün her ikisi, sırasıyla aynı hücrenin komşu hücreleri ve kullanıcılarıyla olan girişimi arttıracaktır. Hücreler arasındaki daha iyi bir yalıtım, kapasiteyi yükseltir ve bu yalıtımın artması, gerekli minimum güç seviyelerini de azaltacaktır.

4.5.7. Hücreler Arası Aktarım

W-CDMA şebekeleri, radyo şebekelerinde meydana gelen hücreler arası aktarımların sayısında çok ciddi bir artış yaşayacaktır.

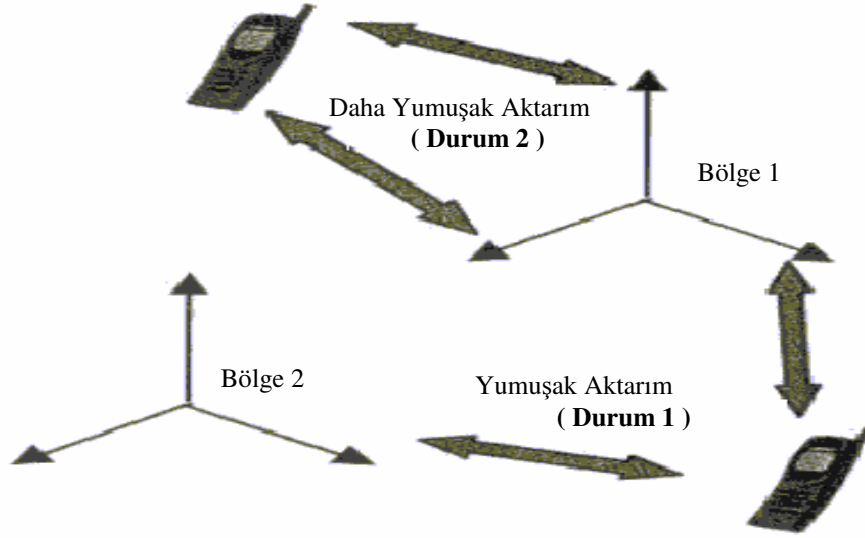
Hücreler arası aktarım, gezgin abonelerin çevredeki hareketleri sırasında meydana gelir. Bu, aboneye kapsama alanı içinde en yüksek kaliteyi sunmak için yapılır. W-CDMA radyo şebekelerinde var olan hücreler arası aktarım türleri şunlardır;

- Hücre içi aktarım
- Hücreler arası aktarım

Bunlardan başka, aktarımın iki türü daha vardır. Bunlar yumuşak aktarımlar ve sert aktarımlardır. Yumuşak aktarımda, iletişimin sürdürüldüğü baz istasyonu ile bağlantı kesilmeden, diğer baz istasyonu ile bağlantı kurulur. Bu ikinci bağlantıdan sonra, ilk baz istasyonuna olan bağlantı kesilir. Sert aktarımda ise, ikinci baz

istasyonuna bağlanmadan önce, birinci baz istasyonu ile olan bağlantı kesilir. Dolayısıyla sert aktarımda, ikinci baz istasyonu ile bağlantı kısa süre içerisinde kurulmaz ise, bağlantı tamamen kopabilir. W-CDMA radyo şebekelerinde, frekansın yeniden kullanım çarpanının 1 olması nedeniyle aktarım, yumuşak aktarım olarak tanımlanır.

Hücre içi aktarım yumuşak, daha yumuşak ve sert aktarımlar meydana getirir. Oysaki hücreler arası aktarım, FDD ve TDD modlarında eşzamanlı var olacak bir senaryo meydana getirecektir.



Şekil 4.9: W-CDMA Şebekelerindeki Aktarım

Hücre içi aktarım yöntemi, ortak pilot kanal üzerinde gerçekleştirilen ölçümler temelindedir. Gezgin istasyonun konumu, iki hücrenin arasında iken (kapsama alanlarının örtüştüğü bölge içerisinde iken), iki baz istasyonunun, iki farklı bölümünden eşzamanlı bağlantı sağlanır. Bu süreç Şekil 4.9'da, *Durum 1* ile gösterilmektedir. Sinyal gezgin istasyona iki yönden gelir, ancak tırmık alıcının kullanılması ile gezgin istasyon anteni, birleştirilmiş sinyali alır. Aktarımın diğer türü daha yumuşak aktarım olarak adlandırılır. Bu aktarım sürecinde, gezgin istasyon, aynı baz istasyonunun farklı iki bölümü ile bağlantı kurar. Bu süreç Şekil 4.9'da, *Durum 2* ile gösterilmektedir. Yine gezgin istasyon, tırmık alıcının bulunması sebebiyle, her iki sinyali de alır.

Her iki durumda da gezgin istasyon, baz istasyonu ile haberleşmek için, farklı iki ara yüz kullanmaktadır. Gezgin istasyonun farklı yolları tanıyabilmesi için, farklı iki kod kullanılır.

Aşağı link yönünde de fazla bir farklılık yoktur. Ancak en önemli farklılık, iki aktarım için yukarı link yönünde olanıdır. Yumuşak aktarım durumunda, her iki baz istasyonundan alınan sinyal, RNC'ye gönderilir. Böylece RNC, verilen sinyallerden hangisinin daha kaliteli olduğuna, en iyi şekilde karar verebilir. Bu karar verme süreci 10 ms ile 80 ms'lik bir sürede yapılmalıdır. Bir çağrı için tek bir gezgin tarafından, çift hava ara yüzü kapasitesi kullanılır. Bundan dolayı, radyo şebekeleri için kapasite planlaması yapılacağı zaman, bu süreç de radyo mühendisleri tarafından hesaplanmak zorundadır. Linklerin %30'unda yumuşak aktarım olmasına karşın, %10'unda daha yumuşak aktarım olur. Ölçümler genellikle alınmış sinyalin kod gücünü içerir.

4.6. Kapsama Alanı Planlaması

Kapsama alanı konusu, alanı çevreleyen arazi tipine ve yayılım koşullarına bağlıdır. Kapsama alanının tüm bölgeleri, örneğin; kent merkezlerini, banliyöleri, kırsal alanları, vb. içermesi gerekir. GSM şebekelerindeki gibi, tüm bu faktörlerin etkisi, verilen bir hücre tarafından kaplanan alan üzerindedir. Ancak GSM'dekin aksine bir hücre içerisindeki kapasite, özellikle şebekenin yoğun olarak kalabalıklaşması durumunda, kapsama alanı üzerinde daha derin bir etkiye sahiptir. Yoğun bir biçimde kalabalıklaşan bir şebekede çok daha fazla girişim olacak ve bu durum, kaliteyi olumsuz bir şekilde etkileyecektir.

Hücresinin kapsama alanının hesaplanması, link güç hesaplamaları kullanılarak yapılabilir. GSM radyo şebekesinde link güç hesaplaması nispeten daha basittir. Buna rağmen, W-CDMA radyo şebekesinde bu durum, çok daha karmaşık olmaktadır. Bu duruma doğrudan etki eden parametrelerin sayısı artmaktadır. Bu parametreleri incelemeden önce, link güç hesabına ilişkin bir örnek vermek yerinde olur. Aşağıdaki tabloda, parametrelerin birkaçı listelenmiştir. Bu parametrelerin birçoğu açıktır, ancak bunların bazıları yenidir ve W-CDMA şebekelerinde çok daha fazla etkilidir.

Tablo 4.4: Ekipman Parametreleri ve Şebeke Parametreleri

Ekipman Parametreleri	Şebeke Parametreleri
BTS alıcı gürültü biçimi	Yumuşak aktarım kazancı
BTS gürültü gücü	E_b / N_0 (alınmış bit enerjisinin, gürültü güç yoğunluğuna oranı)
Kablo kaybı + Konnektör (bağlayıcı) kaybı	Miktar kaybı
TX anten kazancı	İşlem kazancı
RX anten kazancı	Girişim marjini
Isıl gürültü yoğunluğu	Güç kontrol yüksekliği
İzotropik (yön bağımsız) güç	EIRP tepe noktası

E_b / N_0

E_b/N_0 oranı, alınmış bit enerjisinin gürültü güç yoğunluğuna oranıdır. E_b , alınan enerjinin bit hızına bölümüdür. N_0 , bant genişliği tarafından bölünmüş gürültü güç yoğunludur. Link güç hesaplaması aslında, E_b/N_0 oranının ve girişim sinyal yoğunluğunun hesaplanması için yapılır.

Yumuşak Aktarım Kazancı

Yumuşak aktarım olgusu, şebekede meydana gelen hızlı sönümlenmeye rağmen eklenen kazancı verir. Yumuşak aktarımdan dolayı gezgin istasyon, daha iyi bir sinyal kalitesi sağlayacak olan, bir baz istasyonu ile bağlantı kurar. Böylece farklı baz istasyonlarından alınan sinyallerde, sönümlenmenin farklı olması, yumuşak aktarım kazancı olarak bilinir ve baz istasyonu üzerinde pozitif etkiye neden olur.

Güç Kontrol Aralığı

Bu olgu yaygın bir biçimde, hızlı sönümlenme marjini olarak bilinir. Zayıflama marjini, hareket anında sürdürülebilir, kapalı döngü güç kontrolünü gerektirir.

Yükleme Etkisi

Komşu hücrelerle olan girişim, hücrenin başarımı üzerinde etkilidir. Bu etki “*hücre yüklemesi*” olarak ta bilinir ve bu, yükleme çarpanının parametrelerini tanımlar. Bu yükleme nedeniyle, link güç hesabında bozulma meydana gelir ki bu, girişim

bozulması olarak ta bilinir. Eğer yükleme çarpanı β kabul edilirse, girişim bozulması marjini de, şu şekilde hesaplanabilir;

$$L = 10 \log(1 - \beta)$$

Teorik olarak β parametresinin değişimi 0'dan %100'e kadardır. Ancak bu değişim, pratik olarak %(40-50) şeklindeyir.

Yükleme çarpanının ilkeleri, yukarı link ve aşağı link g hesapları için benzerdir, ancak parametreler farklıdır. Aşağı link g hesabında, bir ortogonalleşme çarpanı gerekliliği iyice dikkate alınmalıdır. Buradan da görüldüğü gibi gezgin abonelere kodlar atanır ve bu kodların her biri, diğer her bir kodla ortogondaldır. Girişim sinyalleri, ortogondalliği kötü yönde etkiler. Pratik olarak herhangi bir yerde kusursuz bir ortogondalleşme, 0.4 ve 1.0 arasında değişebilir.

Yayınım Modeli

Yaygın olarak kullanılan yayınım modelleri Okumura-Hata, Walfish-İkegami gibi modellerdir ve W-CDMA radyo şebekeleri için de geçerlidir. GSM şebekelerinde olduğu gibi, düzeltme çarpanı yöntemi de gereklidir.

Link Güç Hesabı

Link güç hesabı, alınan sinyalin kanaldaki kayıplar ve devredeki kayıplar dikkate alınarak, ne kadar yükseltilmesi gerektiği ile ilgilidir. Temel ilkeleri GSM sistemindekine benzerdir. Bununla beraber W-CDMA radyo şebekelerinde link g hesaplamalarının, ses ve çeşitli veri hızları (rneğin; 64 Kbit/s, 144 Kbit/s, 384 Kbit/s gibi) ile farklı uygulamalar için, ayrı ayrı yapılması gerekir.

4.7. Uyarlanabilir oklu-Hız

W-CDMA radyo şebekelerinde uyarlanabilir çoklu-hız, radyo kanalının kalitesine göre, sözcük ve kanal kodlama oranlarının uyumunu, mümkün kılmak için kullanılır. Oysaki GSM'de ses kodlayıcı ve kod çözücüler ile kanal bit hızı sabittir. Uyarlanabilir oklu-hız, hataya karşı korumayı ve kanal kalitesini geliştirir.

Kodlayıcı ve kod çözücü temel olarak, sekiz kaynak hızı ile tek bir tümleşik kodlayıcı ve kod çözücüye sahiptir. Bu radyo erişim şebekesinin, radyo kaynak yönetim fonksiyonları tarafından kontrol edilir. Bu sekiz kaynak hızı şunlardır;

(12.20, 10.20, 7.95, 7.40, 6.70, 5.90, 5.15, 4.75) Kbit/s.

Uyarlanabilir çoklu-hız süreci, kullanıcı ekipmanı ve baz istasyonunun her ikisini de içeren, kanal kalite ölçümlerinin seçimine bağlıdır. Öncelikle kötü bir sinyalin kalitesi onaylanır, sözcük kodlayıcı ve kod çözücünün bitlerinin sayısı azaltılır, böylece hataya karşı koruma ve düzeltme için, bitlerin sayısının artışı kullanılabilir. Uyarlanabilir çoklu-hız kodlayıcıda, çerçevelerin süresi 20 ms'dir. Böylece örnekleme hızı 8000/s olduğundan, 160 örnek işlenir. Bu yüzden, bant içindeki sinyaller veya DCH yüzünden, bu 160 örneğin her birinde bit hızı değişebilir. Bu süreç link uyarlama olarak ta bilinir. Böylece uyarlanabilir çoklu-hız kullanılarak, kapsama alanı ve kalite başarımları artırılabilir.

4.8. Kapasite Planlaması İle Kapsama Alanı İlişkisi

Planlamanın en önemli kısmı, daha hassas kapsama alanı ve kapasite planlamasıdır. Bu işlem radyolinklerin başarımlarının analizi ile başlar. Güç hesapları gerçek sürücü test sonuçlarından bazı verileri alarak analiz edilir. Etkenler ortak bir biçimde, pratik link güç hesaplarının, teorik hesaplamalardan sapmasına neden olur. Aşağıdaki etkenlerin tümü kendi arasında bağımlıdır.

- a-) Yayınım modeli
- b-) Güç hesap değişkenleri
- c-) Yayınım koşulları

Gerçek yayınım koşulları altında, mümkün olduğunca, yayınım modelinin ince ayarı gereklidir. Bir şebekenin kapsama alanı büyük bir bölgeyse, yayınım koşulları (topografiden başka) bir bölgeden diğerine değişecek olduğundan, bölge kısımlarının her bir parçası için, analiz yapılması gerekecektir. Bu yayınım model parametrelerinde, parazit yankılar, veri türü düzeltmeleri, kırım, topografik düzeltmeler gibi değişikliklere yol açar. W-CDMA radyo şebekelerinin link başarımlarının analizinde, verinin türü önemli bir rol oynar. Verilerin türleri ve onların kendi gecikme karakteristikleri, tüm şebeke için tek tip parametrelerin tanımlanmasını olanaksız hale getirir. Her bir veri türü farklı kapsama alanı gerektirir. [1]

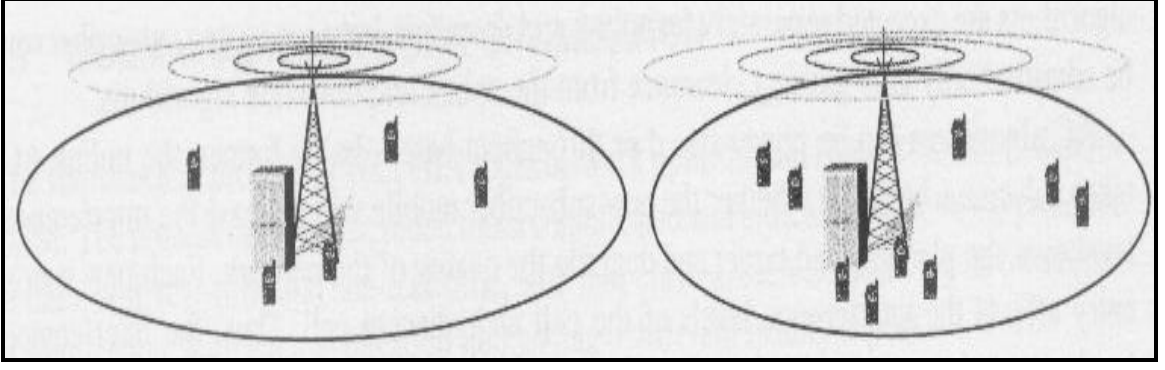
Kapsama alanı, kullanıcı bit hızına da bağlıdır. Kullanıcı bit hızı yükseldikçe, kapsama alanı daralır. Verilen abone sayısı için kullanıcı bit hızının düşmesi demek, kapasitede (şebekeden belirli sürede aktarılan bit miktarı) azalma demektir. Bu ise kapsama alanında büyümeyi gerektirir. 3N sistemlerin amacı, düşük bit hızlarında (<144 Kbit/s) tam kapsama sağlamak; daha yüksek bit hızları için, sınırlı kapsama alanı sağlamak, kabul edilebilir olarak düşünülmüştür. Tablo 4.5’de verilen bir verici gücü ve hedeflenen bir E_b/N_0 değeri (4 dB) için, değişen bit hızlarındaki veriler de kapsama alanlarının durumu sunulmuştur. [2]

Tablo 4.5: Kullanıcı Bit Hızı ile Kapsama Alanı Yarıçapının Değişimi

Kullanıcı Bit Hızı	Bağıl En Geniş Kapsama Alanı Yarıçapı
8 Kbit/s	10 km
64 Kbit/s	5.6 km
144 Kbit/s	4.5 km
384 Kbit/s	3.4 km
2 Mbit/s	2.2 km

Bu analiz, anten yüksekliklerinin, anten eğimlerinin, konum açılarının, alanların yerlerinin, vb. oldukça doğru sonuçlar vermesine yol açar. Yukarı link ve aşağı link de aktarılan gücün doğrulanmış olmasına ihtiyaç duyulur. Daha sonrasında ise, gezgin abonelerin sayısı, daha doğru bir şekilde tahmin edilebilir.

Abonelerin sayısının doğru bir tahmini, girişim analizlerinin ön planlama evresindeki sonuçlarla, daha doğru bir biçimde karşılaştırılmasına yol açacaktır. W-CDMA’da frekansın yeniden kullanılma çarpanı 1 dir. Ancak kod planlamasının daha doğru yapılması gerekir. Çünkü 512 takım kod vardır ki bu, hatalara yol açarak kaliteyi düşürecek olan, elle kod atama yerine, otomatik kod atama tekniğinin kullanılmasını gerektirir.



Şekil 4.10: Kapsama Alanı Esnekliği (abonelerin artışı ile kapsama alanı daralır)

W-CDMA radyo şebekelerinde aşağı link ve yukarı link kapsama alanları oldukça farklıdır. Gezgin abonelerin sayısının ve bu abonelerin iletişim hızının artışı ile, aşağı link kapsama alanı azalır. Bir servisin bit hızının 144 Kbit/s olabilmesi için, çoğu servisin bit hızının 12.2 Kbit/s olması gerekmektedir. Bundan başka kullanıcıların sayısının artışı, hücrenin kapsama alanı bölgesini azaltır. Aşağı yüklemenin, yukarı yüklemeye göre, daha yaygın oluşu nedeniyle, aşağı link kapasitesi, hücre kapsama alanının boyutu için, kritik bir faktör olacaktır. Öncelikle hücre yapılandırmasının, bölümlerinin ve taşıyıcılarının kararlaştırılması ile uğraşılmalıdır.

Bu noktada anlaşılması gereken ve önemli olan bir kavram da, “*kapsama alanı esnekliği*” (hücrenin büyüme ve küçülmesi) dir. Hücrenin kapsama alanının büyüklüğü, aktif abonelerin sayısı ve onların veri hızına bağlıdır. Eğer hücreyi kullanan abonelerin sayısı artarsa, kapsama alanı hücre tarafından azaltılır. Trafik yoğunluğu azalır, kapsama alanı artar. Bu olgu Şekil 4.10’da gösterilmektedir.

Kapasite ve kapsama alanını doğrudan etkileyen diğer bir kavram da “*değişebilen kapasite*”dir. Donanım sınırlamaları temelinde kapasite hesaplamaları için Erlang B tabloları kullanılır. Buna rağmen W-CDMA radyo şebekelerinde, hava arazi yüzü üzerindeki girişim kapasiteyi sınırlandırılır ki bu, değişebilen (esnek) kapasite olarak tanımlanır. Komşu hücrelerden olan girişimin azalması, kapasiteyi artırır. Değişebilen kapasite kavramı, veri iletimi için önemlidir. Daha yüksek kapasite, gerçek zamanlı veri iletimi için daha iyi bir bağlantı sağlar. Komşu hücrelerde veri iletişim trafiği azsa veya onların sadece birkaç abonesi varsa, değişebilen kapasite elde edilebilir. Yukarı linkte değişebilen kapasite, baz istasyonundaki toplam girişime bağlıdır ki bu girişim, hücre içinden ve dışından kaynaklanan girişimleri kapsar.

4.9. Güç Kontrol İyileştirmesi

Hızlı ve etkin güç kontrolü, W-CDMA teknolojinin başarımında, oldukça önemlidir. Güç kontrolü, (Sinyal Gücü / Gürültü Gücü) oranına bağlıdır. Güç kontrolü, kapsama alanı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan güç kontrolü, kapasite sınırlamalarına yol açan girişimlerle de ilişkilidir. Yukarı link ve aşağı link güç kontrolünün, her ikisi de gereklidir. Aşağı link de ortak kanalların güç kontrolü gerekir. Bunların en önemlilerinin başında CPICH, AICH, PICH ve CCPCH gelir. Buna rağmen bu süreç, iyileştirme amaçlı olmaktan çok denetim amaçlıdır.

Güç kontrolünün bir amacı, baz istasyonunda, farklı gezgin kullanıcılardan alınan güç seviyesini, aynı yapmaktır. Güç denetimi ile “uzak-yakın etkisi” olarak bilinen ve baz istasyonu yakınındaki bir gezgin telefonda alınan güçlü sinyalin, baz istasyonuna uzak olan bir gezgin telefonda alınan güçsüz sinyalin algılanamaması problemini, ortadan kaldırır. Ancak gerçekte, güç denetim döngülerinin iyi çalışmamasından dolayı, uzak-yakın etkisi tamamen ortadan kaldırılamaz. Tamamen ortadan kaldırılamayan uzak-yakın etkisi ise şebekenin aynı anda hizmet verebileceği abone sayısı veya belirli sürede aktarılabilecek toplam veri miktarında, azalmaya neden olur.

Kapasitedeki bu azalma şunlara bağlıdır;

- Kanalın tepkesine,
- Şebekenin chip hızına,
- (Sinyal Gücü/Girişim Gürültü Gücü) oranı için olan tahminin doğruluğuna,
- Güç denetim döngüsündeki gecikmeye,
- Komut hızına,
- Güç denetim basamak büyüklüğüne.

Gücün iyi denetlenememesinin istenmeyen etkisi W-CDMA sistemlerde daha az belirgindir. Yine, güç denetim döngüsündeki geri besleme gecikmesinin de, dar bantlı CDMA'lara göre geniş bantlı CDMA'lardaki etkisi, daha azdır. Bunların nedeni, W-CDMA'daki tırmık alıcılar ve eko çeşitliliği ile yumuşak aktarımın katacağı, baz istasyonu çeşitliliğinin getirdiği kazanımlardan dolayı, uzak-yakın etkisinin daha da azalmış olmasıdır.

Güç denetim komutlarının hangi sıklıkta gönderileceği ise, gezgin abonenin hareket hızına ve çalışma frekansına bağlıdır. Başka deyimle, Doppler kaymasının büyüklüğüne bağlı yüksek hızlar, daha sık güç denetim komutu gerektirir. 50 km/saat'lik bir hız ve 2GHz'lik çalışma frekansı için Doppler kayması yaklaşık olarak 55 Hz'dir ve radyo kanalının istatistiksel olarak, değişmeden kaldığı “*tutarlı zaman aralığı*” 1.8 ms'dir. Bu nedenle güç denetim komutları, yaklaşık 1ms'de bir defa olmalıdır. UMTS için güç denetim komut sıklığı, 1600 Hz (≈ 0.6 ms)'dir.

Güç denetim komutlarının gecikmesi istenmediği için, kodlanmadan iletilir. Bu nedenle bunlardaki hatalı bit oranı yüksektir. Ancak güç denetim komutlarının sıklığı ve de güç basamağının küçüklüğü nedeniyle, güç denetim döngüsünün çıkışı istenilen değere yakınsar.

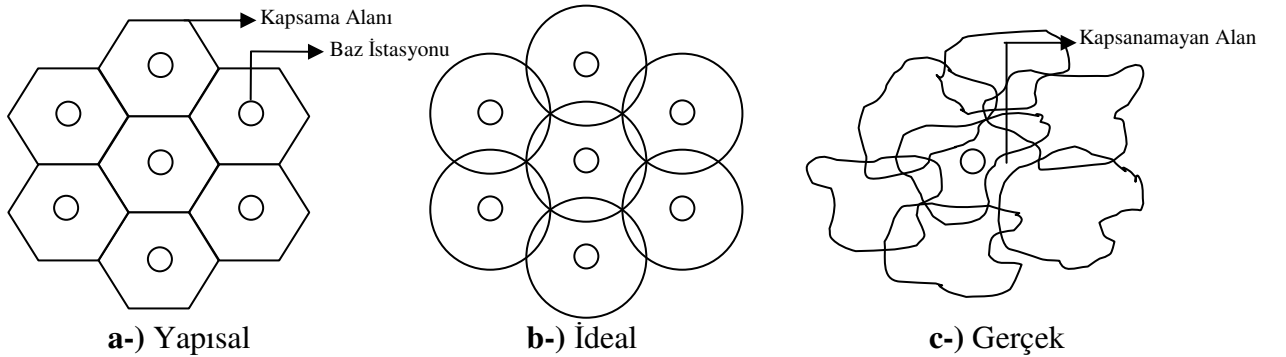
5. GEZGİN RADYO KANALININ ÖZELLİKLERİ

5.1. Gezgin Radyo Kanalının Tanımı

Radyo kanalı, baz istasyonu ve gezgin istasyon ile bunların arasındaki ara yüzü içeren ağın bir parçasıdır. Çünkü şebekenin bu parçası, doğrudan doğruya gezgin durumdaki kullanıcı ile bağlantıyı sağlar ve çok önemlidir. Baz istasyonu gezgin istasyon ile radyo bağlantısı sağlar. Bu baz istasyonunun, belirli bir kapsama alanı içerisinde, gezgin istasyon ile haberleşir olması ve ayrıca, çağrı kalitesi standartlarının korunması gerekir. Bundan başka, radyo kanalının yeterli kapasite imkanı ve geniş bir kapsama alanı sağlayabilir olması gerekir.

5.2. Hücre (Cell) Yapısı

Gezgin iletişim sistemlerindeki terimlerde, hücreler olduğundan söz ederiz. Genellikle bir hücre, bir anten sistemi etrafındaki, bir daire tarafından çevrelenmiş alanlar olarak tanımlanabilir. Şekil 5.1-a'da gösterilen altıgensel yapı, hücrenin yapay şekilde oluşturulmuş bir biçimidir. Bu biçim, daireye en yakın biçim olup, baz istasyonu anteni tarafından aktarılan gücün ideal kapsama alanını gösterir. Şekil 5.1-b'de gösterilen dairesel biçimde ise, birbirleriyle düzensiz biçimde örtüşen kapsama alanları oluşur. Ancak gerçekte bu alanların biçimi, Şekil 5.1-c'deki gibidir. Gerçek biçim olarak gösterilene benzer bir şebeke, şekilleri geometrik olmayan hücrelere sahip olacaktır. Böylece bazı alanlar, çeşitli nedenlerden dolayı, yeterli güce sahip olan sinyalleri alamayacaktır. Dolayısıyla bu bölgeler kapsamamış olurlar.



Şekil 5.1: Hücre Yapısı (a-Yapısal Biçim, b-İdeal Biçim, c-Gerçek Biçim)

5.3. Radyo Kanalının Temel Kavramları

5.3.1. Radyo Hücresi ve Dalga Yayınımı

Hücre içindeki kapsama alanı, sinyal tarafından kaplanan alana bağlıdır. Sinyal tarafından kat edilen mesafe, verilen alan içindeki radyo yayınının özelliklerine bağlıdır. Kapsama alanı ve kapasitenin her ikisinin tahmininden önce, radyo yayınının bölgeden bölgeye değişiminin, çok dikkatli bir biçimde tespit edilmesi gerekir. Genellikle radyo plancılarında, alanın %100' ünü kaplayacak bir şebeke tasarımı istenir. Tatmin edici olan bu tasarım, genellikle imkansızdır. Bu nedenle, konuşma trafiği olan tüm bölgeleri kapsayacak ve yalnızca trafik olmayan bölgelerde boşluklar oluşturacak şekilde bir şebeke tasarımı yapılmaya çalışılmalıdır.

Tüm karasal alanlar kent, banliyö ve kırsal alanlar olmak üzere, üç temel sınıfa ayrılırlar. Bu alanlar içinde, insan yapımı binalar ve doğal araziler vardır. Bu bölgelerde oluşturulmuş hücreler, iç hücreler ve dış hücreler biçiminde sınıflandırılmış olabilir. Dış hücreler, makro hücreler, mikro hücreler ve piko hücreler biçiminde, daha çok sayıda alt sınıflara ayrılabilir.

Makro Hücreler

Baz istasyon antenlerinin, ortalama çatı tepesi seviyesi üzerinde yerleştirildiği bir hücre, makro hücre olarak bilinir. Bu tür hücrelerde anten yüksekliği, ortalama bir çatının tepe seviyesinin üzerindedir. Böylece anten, geniş bir alanı kapsar. Bir makro hücre kapsama alanı yarıçapı, birkaç kilometre ile 35 kilometre arasında değişmektedir. Bu kapsama alanı yarıçapı, yayınının durumuna ve arazinin tipine bağlı olarak değişir. Bundan dolayı makro hücre kavramı, genellikle banliyö ve kırsal çevreler için kullanılır.

Mikro Hücreler

Baz istasyon antenlerinin, ortalama çatı tepesi seviyesinin altında olması durumunda hücre, mikro hücre olarak tanımlanır. Mikro hücre küçük bir alanı kapsar. Böylece mikro hücre kavramı, kent ve banliyö alanlarına uygulanır. Mikro hücre kapsama alanı yarıçapı, birkaç yüz metre ile birkaç kilometre arasında değişir.

Piko Hücreler

Piko hücreler, aynı katmandaki mikro hücreler gibi tanımlanır ve genellikle bina içi kapsama alanlarında kullanılır.

5.3.2. Dalga Yayınımının Etkileri ve Değişkenleri

Verici anten (Bas İstasyonu/Gezgin İstasyon) tarafından aktarılan ve alıcı anten (Gezgin İstasyon/Baz İstasyonu) tarafından alınan sinyal, karmaşık ve de birkaç yol üzerinden (ekolar biçiminde) gelir. Bu sinyal, insan yapımı binaların değiştirme etkisine maruz kalır, farklı türdeki araziler boyunca ilerler ve yayılım çevrelerinin kombinasyonu tarafından değiştirilir. Tüm bu etkenler sinyal seviyesinin değişimine katkıda bulunur. Böylece şebekedeki sinyalin kapsama alanı ve niteliği değişir. Kentsel ve kırsal alanlardaki radyo sinyallerinin yayılımını incelemeden önce, radyo dalga yayılımını ile ilgili bazı olguları ele alalım.

5.3.3. Serbest Uzay Kaybı

Her sinyal, anten tarafından aktarıldığında, havadaki yolculuğu esnasında zayıflayacaktır. Uzayda, verilen herhangi bir noktada alınmış gücün toplamı, sinyal tarafından kaplanan alanın yarıçapı ile ters orantılı olacaktır. Bu durum, eş-yönel antenlerin kullanılması durumunda daha net anlaşılacaktır. Bir eş-yönel antenin, tüm yönlerde eşit güçte ışın yayan bir anten olduğu düşünülebilir. Gücün yoğunluğunun küresel yüzeye eşit biçimde dağıldığı varsayılabilir.

Bu güç küresinin yüzey alanı şöyle ifade edilir;

$$A = 4\pi R^2 \quad (5.1)$$

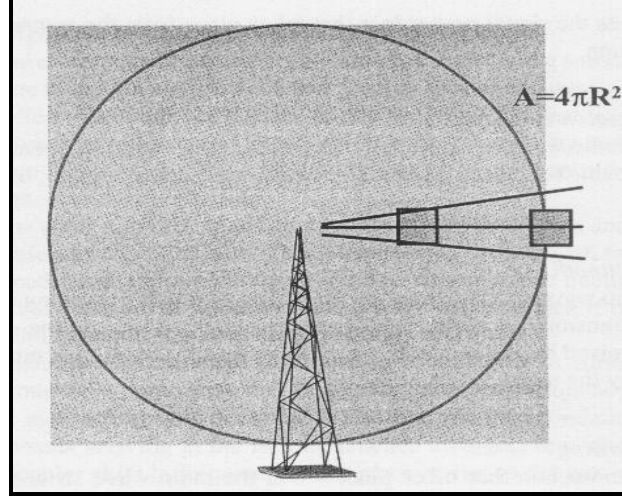
Burada güç yoğunluğu S, antenden herhangi bir R mesafesindeki noktada, şu şekilde ifade edilebilir;

$$S = \frac{P * G}{A} \quad (5.2)$$

Burada P, anten tarafından aktarılan güç ve G ise, antenin kazancı olarak tanımlanabilir. Böylece R mesafesindeki alınmış güç, aşağıdaki gibi olacaktır;

$$P_r = P * G_t * G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 \quad (5.3)$$

Burada G_t , verici antenin kazancı ve G_r , alıcı antenin kazancı olarak tanımlanır. Bu ifade dB cinsinden ifade edilirse, aşağıdaki eşitlik elde edilir;



Şekil 5.2: Eş-Yönel (İzotropik) Anten

$$P_r (dB) = P(dB) + G_t (dB) + G_r (dB) + 20\log\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right) - 20\log(d) \quad (5.4)$$

Bu ifadede adı geçen son iki terim beraberce, serbest uzay içindeki yol kaybı veya serbest uzay kaybı olarak adlandırılırlar. İlk iki terim (P ve G_t) beraberce, eş-yönel etkin ışınma gücü (EIRP) olarak adlandırılırlar. Böylece, serbest uzay kaybı şu şekilde olacaktır;

$$(dB) = EIRP + G_r (dB) - P_r (dB) \quad (5.5)$$

Serbest uzay kaybı şu şekilde de ifade edilebilir;

$$L_{dB} = 92.5 + 20\log(f) + 20\log(d) \quad (5.6)$$

Burada f, frekans olup birimi GHz ve d, uzaklık olup birimi km'dir.

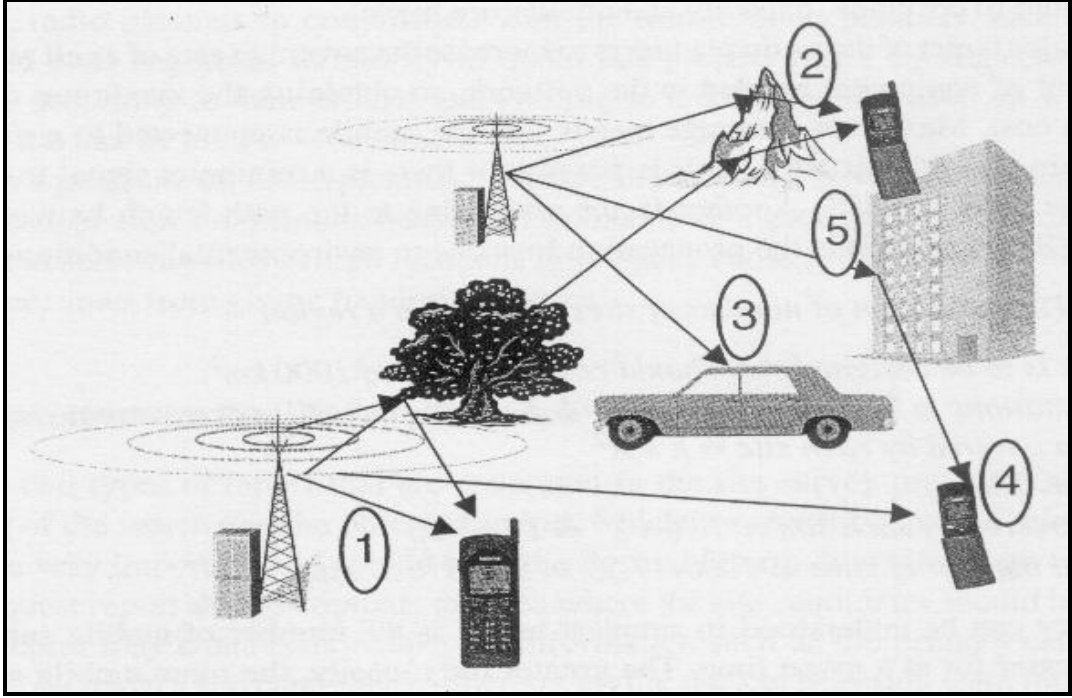
Son eşitlikte verilen ifade, verici antenden alıcı antene kadar olan bölgedeki sinyal güç kaybını verir.

5.3.4. Radyo Dalga Yayınım Kavramları

Serbest uzaydaki radyo dalgalarının yayılımı, ağırlıklı olarak sinyalin frekansına ve onun takip ettiği yoldaki engellere bağlıdır. Sinyal davranışının üzerindeki ana etkilerin birkaçını kısaca tanımlayalım.

Yansımalar ve Ekolar

Verici antenden çıkan radyo dalgaları, alıcı antene hiçbir zaman bir yol üzerinden gelmezler. Antenler arasında her zaman direkt görüş hattı (LOS) olmayabilir. Böylece alıcı anten tarafından alınan sinyal, verici anten tarafından gönderilen sinyallerin tüm eko bileşenlerinin vektörel toplamı şeklindedir. Bu durum Şekil 5.3’de açıkça görülmektedir.



Şekil 5.3: Dalga Yayınımını Etkileyen Faktörler: 1-) Direkt sinyal, 2-) Kırınım, 3-) Araç İçine Nüfuz Etme, 4-) Girişim, 5-) Bina İçine Nüfuz Etme

Kırınım ve Gölgeleme

Kırınım olayında, radyo dalgaları bir yüzeye çarpar ve yayılımın yönü değişir. Yol üzerindeki engellerin çeşitlerine bağlı olarak, kırınımdan dolayı kayıplar oluşur. Pratikte gezgin istasyonun anteni, baz istasyonunun anteninden çok alçakta bir noktada yer alır ve bu haberleşme alanı içerisinde, yüksek binalar ve tepeler var olabilir. Bu nedenle sinyal, gezgin istasyonun antenine ulaşırken kırınıma uğrar. Bu olgu “gölgeleme” olarak ta bilinir. Çünkü gezgin istasyon alıcısı, bu tür yapıların gölgelemesi altındadır.

Bina ve Araçların İçine Nüfuz Etme

Sinyal binaların yüzeyine çarptığında, ya kırınımına uğrar ya da soğurulur. Eğer sinyalin birkaç uzantısı soğurulursa, sinyal gücü düşer. Soğurulmanın miktarı, binaların tipine ve çevresine bağlıdır. Bina yanındaki yayılım karakteristiklerine bakılarak, dış yüzeyi cam kaplı ve metal yapıların miktarına göre, antenin yönelimleri ile binaların yönelimleri uyumlandırılmalıdır. Bu işlem, radyo şebekelerinin kapsama alanı planlamasında, önemli bir husustur.

Sinyalin araçların içerisine nüfuz ederek oluşturduğu kayıp da, olaydaki nesnelere haricinde, benzer şekilde açıklanabilir.

Sinyalin Su Üzerindeki Yayılımı

Su üzerindeki yayılım, radyo planlama mühendisleri için büyük bir endişe kaynağıdır. Su yüzeyi, radyo dalgaları için çok iyi bir yansıtıcıdır ve bu durum, radyo sinyalinin diğer hücrelerin frekansları ile girişimine neden olabilir. Böylece sinyalin, diğer hücrelerin anten ışıma diyagramları ile girişime uğraması olasılığı vardır.

Sinyalin Yeşil Alanlar Üzerindeki Yayılımı (Ağaç Yapraklarındaki Kayıp)

Yeşil alanlar, özellikle ormanlar üzerindeki radyo sinyallerinin yayılımı, kayıplara neden olur. Sinyal gücündeki değişiklik, ağaçların türü, gövdeleri, yaprakları, dalları, bunların yoğunluğu ve anten yüksekliklerine göre olan yükseklikleri gibi pek çok etkene bağlıdır. Ayrıca mevsim değişimlerine ve sinyal frekanslarına bağlı olarak bu kayıplar değişir. Bu kayıp GSM 800 sistemlerinde 20 dB yüksekliğine kadar olabilir.

Sinyalin Sönümlenmesi

Sinyal, verici antenden alıcı antene giderken, gücünde zayıflama olur. Bu durum, daha önce açıklandığı üzere, yoldaki kayıplardan olabileceği gibi, Rayleigh etkisinden dolayı da olabilir. Rayleigh sönümlenmesi, verici antenler ve alıcı antenler arasında görüş hattı yokken, ekoların gecikme, faz ve genliğindeki hızlı değişimden dolayı meydana gelir. Rayleigh sönümlenmesi iki türe ayrılabilir. Bunlar, ekolu kanal sönümlenmesi ve frekans seçici sönümlenme, şeklindedir.

Aynı sinyalin, farklı zamanlarda, farklı yollardan gelen birleşimleri, alıcıda sinyal sönümlenmesine neden olur. Bu olay ekolu kanal sönümlenmesidir ve ekolu kanal yayınının doğrudan bir sonucudur. Ekolu kanal sönümlenmesi, sinyal seviyesinde sert dalgalanmalara neden olabilir. Bu tür sönümlenmeler, her iki yönde birbirlerinden farklı bantların kullanılmasından dolayı, aşağı link ve yukarı linkte, birbirinden farklı olabilmektedir.

Frekans seçici sönümlenme, bölgedeki atmosferik koşulların değişimi ile de meydana gelebilir. Atmosferik koşullar, sinyalin belirli frekanslarının sönümlenmesine sebep olabilir. Gezgin istasyonun bir bölgeden başka bir bölgeye hareketi sırasında, gezgin antene ulaşan çeşitli bileşenler arasındaki faz ilişkisi değişir. Bundan dolayı sinyal seviyesinde değişiklik meydana gelir.

Birbirinden farklı gecikmeler ile alıcıya gelen eko bileşenlerinin aralarındaki gecikmenin büyüklüğüne ve bağlı genliklerine bağlı olarak, frekans düzleminde kimi frekanslar için güçlü, kimi frekanslar için ise zayıf sinyal alımı söz konusudur. Eko genlikleri birbirine yaklaştıkça, frekans düzleminde daha derin sönümlenmeler görülürken; ekoların gecikmeleri arasındaki fark azaldıkça, birbirine daha yakın frekanslarda sönümlenme gerçekleşir. Frekanstaki doppler kayması, hareket eden gezgin istasyon ile alınan frekanslardan dolayı oluşur.

Girişim

Alıcı antende sinyal, diğer sinyallerle girişim nedeniyle, zayıflamış olabilir. Bu sinyaller aynı şebekeden veya insan yapımı nesnelere yansıtılarak gelebilir. Buna rağmen, girişimin temel nedeni, şebeke içerisindeki radyo kaynaklarının hücresel yapısıdır. Şebekede ortak paylaşılan bant genişliğini kullanan, birçok radyo kanalı vardır. Sorunun çözümü için hassas bir frekans planlaması yapılmalıdır. Radyo şebekesinde sinyal seviyesindeki hızlı veya yavaş dalgalanma, gezgin istasyonla tespit edilmelidir.

W-CDMA'da aynı hücredeki kullanıcılar, aynı frekans bandını kullandıkları için GSM'deki komşu hücre girişiminin yanında, aynı hücre girişiminden de söz edilir. Aynı hücre girişimi, güç denetimi ile azaltılmaya çalışılır. Aksi halde kapasitede büyük bir azalma olacaktır.

5.3.5. Makro Hücre Yayınım Modeli

Okumura-Hata Modeli, makro hücre kapsama alanı planlaması için, en yaygın şekilde kullanılan modeldir. Bu model (150-1000)MHz ve (1500-2000)MHz aralığındaki frekanslar için kullanılır. Bu aralık 1 km'den 20 km'ye kadar hesaplama içindir. Alıcı istasyon ve verici istasyon arasındaki kayıp şöyle ifade edilebilir;

$$L = A + B \log(f) - 13.82 \log_{b_{is}} - a(h_m)(44.9 - 6.55 \log(h_b)) + \log(d) + L_{other} \quad (5.7)$$

Burada f: frekans(MHz), h: baz istasyonu anten yüksekliği(m), a(h): gezgin istasyonun anten yüksekliğinin bir fonksiyonu, d: baz istasyonu ile gezgin istasyon arasındaki uzaklık(km), L_{other}: kullanılan yüzeyin (kara parçasının) çeşidine bağlı olan zayıflamadır. Yine a(h_m) şöyle ifade edilebilir;

$$a(h_m) = (1.1 \log f_c - 0.7)h_m - (1.56 \log f_c - 0.8) \quad (5.8)$$

Küçük ve orta boyutlu şehirler için;

$$a(h_m) = 8.25(\log 1.54h_m)^2 - 1.1 \quad , \quad f_c \leq 200MHz \quad \text{için,} \quad (5.9)$$

Büyük şehirler için;

$$a(h_m) = 3.2(\log 11.75h_m)^2 - 4.97 \quad , \quad f_c \geq 400MHz \quad \text{için.} \quad (5.10)$$

A ve B sabitlerinin değerlerinin frekansla değişimi ise aşağıda gösterildiği gibidir;

$$A = 69.55 \quad \text{ve} \quad B = 26.16 \quad , \quad (150-1000) MHz \quad \text{için}$$

$$A = 46.3 \quad \text{ve} \quad B = 33.9 \quad , \quad (1000-2000) MHz \quad \text{için}$$

Zayıflama miktarı arazinin şekline bağlı olarak değişecektir. Kentsel bölgelerde küçük hücreler baskındır. Bundan başka, yeşil alanlarda meydana gelen kayıplar vardır ki, ormanlık alanlar ve çevresinde oluşur. Benzer biçimde, diğer doğa ile ilgili nedenlerin etkileri (örneğin su yüzeyi, tepeler, dağlar, buzullar, vb.) ve bu etkilerin mevsimlere göre değişimi de hesaba katılmak zorundadır.

5.3.6. Mikro Hücre Yayınım Modeli

Walfish-Ikegami Modeli, en yaygın kullanılan mikro hücre yayınım modelidir. Bu aslında, kentsel çevrelerdeki mikro hücreler için kullanılır. (800-2000) MHz aralığındaki frekanslar kullanılabilir. Anten yüksekliği (en yüksek bina + baz istasyon anteninin yüksekliği) 50 m'dir ve 5 km'lik bir alan için kullanım imkanı vardır.

Bu model, görüş hattı olan (line-of-sight, LOS) ve görüş hattı olmayan (no-line-of-sight, NLOS) iki durumla ilgili olarak ifade edilir.

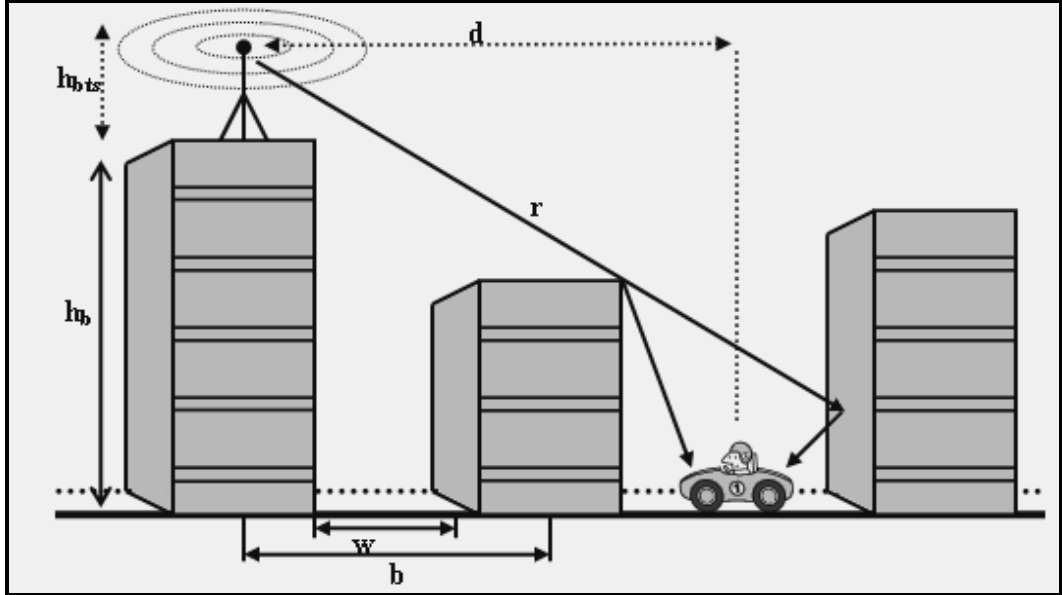
Görüş hattı bulunan (LOS) durum için yol kaybı formülü;

$$P = 42.6 + 26\log(d) + 20\log(f) \quad (5.11)$$

Görüş hattında olmayan (NLOS) durum için yol kaybı formülü;

$$P = 32.4 + 20\log(f) + 20\log(d) + L_{rds} + L_{ms} \quad (5.12)$$

Şekil 5.4'den, model için eşitliklerde kullanılan parametreler anlaşılabilir. Çatı tepesinden yola kırınım nedeniyle oluşan kaybın değeri, yolun yönelimine, yolun genişliğine ve frekans işlemlerine bağlıdır. Çoklu görüntü kırınım kayıpları, uzaklığa ve frekansa bağlıdır.



Şekil 5.4: Walfish-Ikegami Modeli

- d** :Uzaklık - km
- f** :Frekans - MHz
- L_{rds}** :Çatı tepesinden caddeye kırınım ve saçılma kaybı
- L_{ms}** :Çoklu görüntü kırınım kaybı
- w** :Yolun genişliği
- b** :İki binanın merkezi arasındaki uzaklık
- h_b** :Binanın yüksekliği
- h_{bts}** :Baz istasyon anteninin yüksekliği

6. TIRMIK ALICILAR (Rake Receivers)

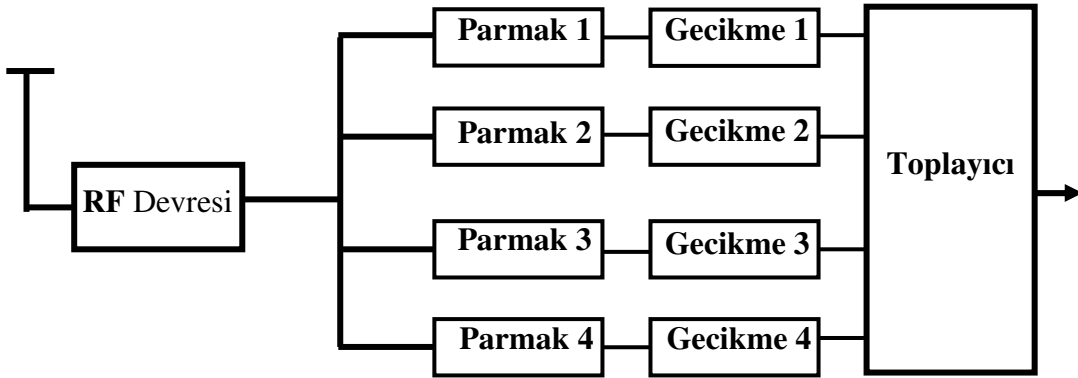
6.1. Tırmık Alıcının Yapısı

W-CDMA sistemlerinde 5 MHz'lik geniş bir bant kullanıldığı için chip süresi 0.26 μ s gibi küçük bir değerdir. Böylece bu sistemlerde, sinyalin birden fazla yansıma bileşenlerini ayrı ayrı değerlendirmek mümkün olmaktadır. Bunu yapmak içinse “*tırmık alıcı (rake receiver)*” denilen alıcılar kullanılmaktadır.

Kod Bölmeli Çoklu Erişimin tasarımı, bize çoklu erişimi sağladığı gibi, ekolu kanalda birden fazla ekonun, algılamada kullanılmasını da mümkün kılar. Diğer çoklu erişim teknolojiler olan FDMA (Frekans Bölmeli Çoklu Erişim) ve TDMA (Zaman Bölmeli Çoklu Erişim); direkt dalgaları ekolu kanala özgü gecikmiş dalgalardan ayıramamaktadır. Bu gecikmiş dalga biçimleri girişime neden olmaktadır. Bundan dolayı ekolu radyo kanalı, sinyal alımı için istenmeyen bir durumdur, fakat aynı zamanda kaçınılmazdır.

Bir kod bölmeli çoklu erişim (CDMA) sistemi, adından da anlaşılacağı gibi, her kullanıcı verisini farklı kod ile çarpıp kanala aktararak, iletim kanalına çoklu erişim imkanı sağlar. Alıcıda tüm kullanıcılara ait sinyaller alınır, fakat alıcı sadece kendisine gönderileni bulmak için, kendine ayrılan kod kanalına ait kodu kullanarak, kendisine gönderileni diğerleri arasından seçip alır. Ayrıca bu sistem, direkt dalgadan olduğu kadar, gecikmiş dalgalar arasından da kendine uygun olanı bulabilir.

Ekolu kanalda direkt ışının en iyi sinyal olması gerekmez, böylece de gecikmiş sinyal enerjisi de kullanılarak alıcı başarımı iyileştirilebilir.



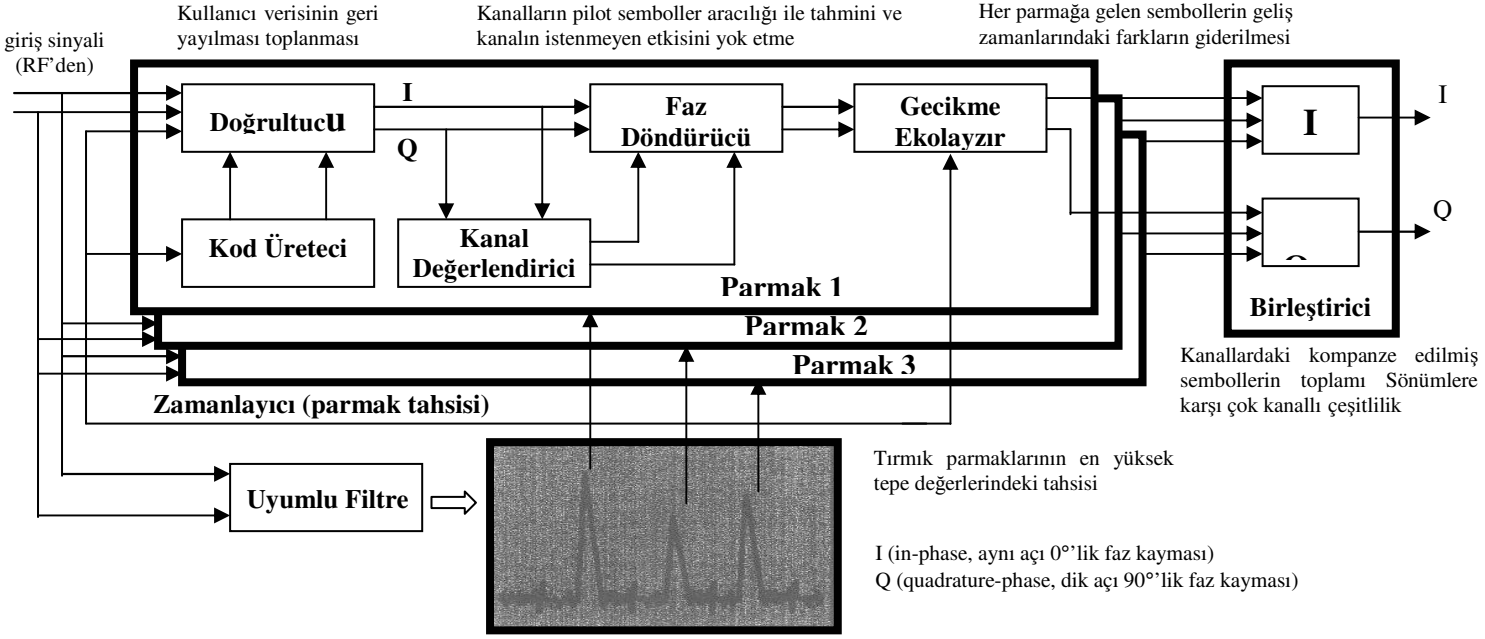
Şekil 6.1: Tırmık Alıcının Blok Diyagramı

Gecikmeli olarak alıcıya ulaşan sinyal ekoları vericiden yayılan sinyalin farklı yollar izleyerek alıcıya ulaşmasının bir sonucudur. Bu yollardan birinde sinyal direkt olarak alıcıya ulaşırken, diğerinde bir binaya veya doğadaki başka bir engele çarpıp yansyarak alıcıya ulaşabilir. Bunlardan ilki, alıcı ve verici arasındaki en kısa yolu izlediği için alıcıya ilk olarak ulaşır. Diğerleri ise, sinyali yansıtan nesnenin alıcı ve vericiye göre konumuna ve de sadece bir yansıma ile mi, yoksa birden çok yansıma ile mi alıcıya ulaştığına bağlı olarak değişir. Sinyalin izlediği yolların uzunluğunun farklı olmasından dolayı aynı sinyal, alıcıya farklı zamanlarda ulaşır. Bunlar sinyalin zaman gecikmeli kopyaları gibi düşünülebilir. Tırmık alıcı, farklı yolları izleyen aynı sinyalin, alıcıya farklı zamanlarda ulaşan bileşenlerini “*parmak*” adı verilen kollarında (parmak sayısı kadar bileşeni) ayrı ayrı çözebilir ve bunları toplayarak anlık zayıflamalardan fazla etkilenmeyen, gezgin iletişim ortamına özgü istenmeyen etkilere karşı daha dayanıklı bir sinyal elde edebilir.

Alıcıya gecikmeli ulaşan sinyal ekolarına ait kodların çözümünde bu ekolar aynı miktarda geciktirilmiş kodla çarpılırlar. Daha sonra ekolardan elde edilen enerji toplayıcıda toplanır. Parmaklardan birinde çözümlenen eko çok zayıflamış olsa dahi, diğer parmaklardan birinden güçlü bir eko alma olasılığı yüksektir.

Alıcı karakterlerinin çok kısımlı yolların sentezlenmesiyle geliştirildiği bu teknoloji, çok ekolu tür diye adlandırılır.

Şekil 6.2’de bu prensiplere göre çalışan üç parmaklı tırmık alıcısının blok diyagramı gösterilmiştir. Sayısal giriş örnekleri alıcıda antenden sonraki RF devresi ile I (in-phase, aynı açı 0° lik faz kayması) ve Q (quadrature-phase, dik açı 90° lik faz kayması) biçiminde alınır. Abone verisinin daraltma ve toplama işlemleri kod üreteçleri ve korelatörler aracılığıyla gerçekleştirilir. Kanal tahmincisi, kanal karakteristiğinin tahmini için pilot sembolleri kullanır. Her parmak için alıcıya ulaşma zamanındaki farklılıklar kompanze edilir. Kanal karakteristiği kullanılarak kompanze edilen semboller toplanır. Böylece sinyalde oluşan geliş güzel zayıflamalara karşı, çeşitlilik elde edilmiş olur. Uyarlanmış filtreler ise, kanalın çok yollu gecikme profilini güncelleştirmek ve belirlemek için kullanılır. Bu ölçülmüş ve zaman düzleminde mümkün olan ortalaması alınmış çok yollu gecikme profili, en güçlü ekoları tırmık alıcının parmaklarına tahsis etmekte kullanılır.



Şekil 6.2: CDMA Tırmık Alıcısının Genel Yapısı

Tırmık alıcının tipik uygulamalarında, chip hızında (ilişkilendirici, kod jeneratörü, uyarlanmış filtre) işaret işleme ASIC'da yapılır. Sembol hızında işaret işleme ise (faz dönüştürücü, birleştirici, kanal tahmincisi) bir DSP ile gerçekleştirilir. Gezgin alıcıdaki ve baz istasyonundaki W-CDMA Tırmık alıcısı arasındaki birçok farklılıklara rağmen burada verilen tüm temel prensipler aynıdır.

Çoklu alıcı antenlerin kullanıldığı alıcılar için de durum buna benzerdir. Böyle durumlarda her bir anten için fazladan tırmık parmakları kullanılmalıdır ki, hem birden fazla antenden gelen enerji, hem de birden fazla yoldan gelen enerji elde edilmiş olsun.

Tırmık alıcılarda ne kadar SNR (Sinyal/Gürültü gücü oranı) iyileşmesi elde edileceği, parmaklardan alınacak olan ekoların birbirlerine ne kadar benzeyip benzemediğine bağlıdır. Benzerlik ne kadar az ise, ilgili parmağın gerekliliği ya da kazandıracağı SNR iyileşmesi de o derece fazla olur. Aksi halde benzer sinyallerin alındığı parmak için şu durum söz konusudur.

Bu benzerlikten dolayı parmakların birine gelen sinyal zayıfladığında diğerinin de zayıflama ihtimali yüksek olacaktır. Dolayısıyla bir parmak yerine iki parmak kullanarak fazla bir kazanım elde etmiş olmayacağız. Tırmık alıcının parmaklarından alınan sinyaller arasında benzerlik olmaması durumunda, SNR'deki artış şu bağıntı ile

$$\text{verilir. } SNR_{artır}(dB) = 10 \log \sum_k \left| \frac{a_k}{a_0} \right|^2$$

6.2. Ekolu Radyo Kanalları ve Tırmık Alıcı İle Algılama

Karasal gezgin radyo kanalında radyo yayını, çoklu yansıma, kırılma ve sinyal zayıflaması ile karakterize olunur. Bu yansıma, kırılma ve sinyal zayıflamalarına, iletim ortamındaki binalar, tepeler vb. doğal engeller sebep olur. Bundan yola çıkarak ekolu yayınından dolayı oluşan iki etkiyi açıklayalım:

1.) Ekolar arasında bölünmüş sinyal enerjisi, iletim bant genişliğine bağlı olarak, ayırt edilebilen zaman anlarında alıcıya ulaşır. Alıcıya ulaşan enerji, zamanda yayılmış biçimdedir. Gecikme profili tipik olarak şehir merkezi ve şehir oturma alanında 1 μ s ile 2 μ s arasında değişirken, tepelik bölgelerde gecikmeler 20 μ s'ye kadar ulaşmaktadır. 3,84 chip hızının kullanılması durumunda, eğer eko bileşenleri arasındaki zaman gecikmesi farkı 0,26 μ s'den fazla ise W-CDMA alıcısı, o eko bileşenlerini ayırabilir ve onları, eş zamanlı bir biçimde bir araya getirebilir. $\frac{1}{(3,84)MHz} = 2,6 \times 10^{-7} s = 0,26 \mu s$

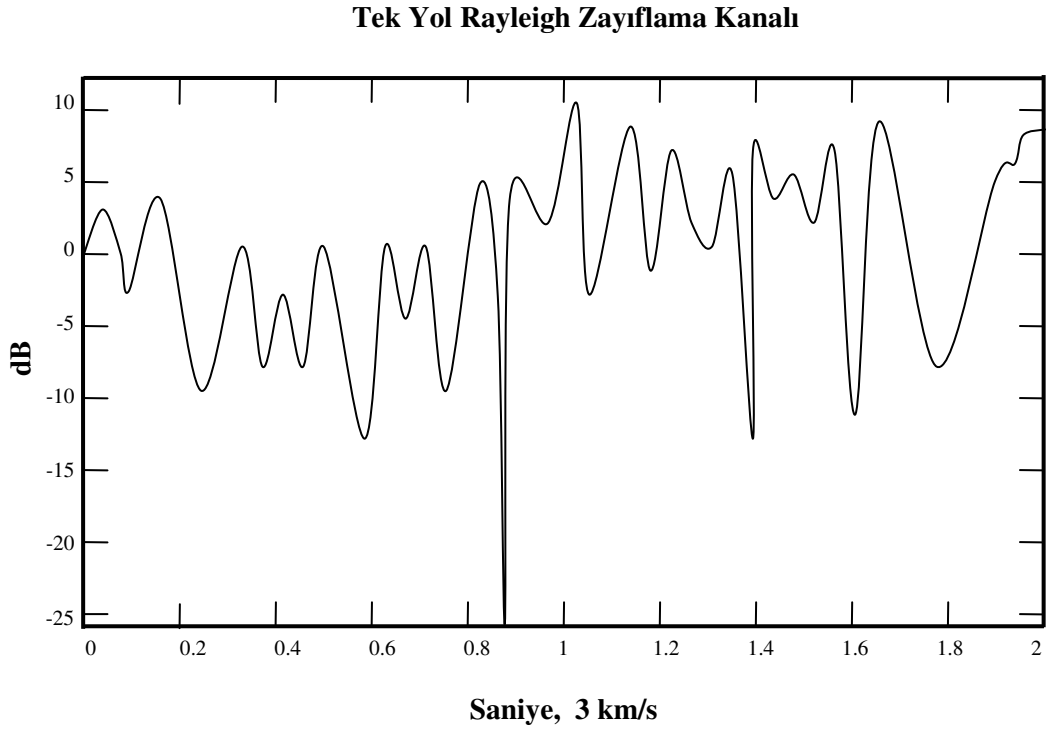
0,26 μ s'lik gecikme, eğer sinyalin izlediği yolların uzunluğu arasındaki fark, 78m olursa tespit edilebilir ($78m = \frac{\text{ışık hızı}}{\text{chiporanı}} = \frac{3,0 \cdot 10^8 m/s}{3,84 Mchip/s}$). Yaklaşık 1 Mchip/s'lik chip hızı

ile eko değişimlerinin yol uzunlukları arasındaki farklılık, yaklaşık 300 m olarak bulunur. Yani ekoların izlediği yollar arası uzaklık 300 m olmalıdır ki bunlar, alıcıda birbirinden ayırt edilebilsinler. Bu nedenle 5 MHz W-CDMA, küçük hücrelerde ekolu yayınından dolayı çeşitlilik sağlayabilir.

2.) Aynı zamanda, kesin bir gecikme verebilecek birçok radyo sinyal yolu vardır. Örnek olarak, yarım dalga boyu kadar uzunluk farkına sahip olan yollar (2 GHz'de bu, yaklaşık olarak 7 cm'dir), 3,84 Mchip/s'de 78 cm olan bir chip süresiyle karşılaştırıldığında, hemen hemen aynı sürede ulaşır. Bir sonuç olarak alıcının kısa mesafe içinde hareketi ile (bu durum hızlı gerilim değişimine neden olur ve hızlı sönmelenme olarak da adlandırılır) farklı yollardan gelen sinyallerin birbirini götürmesi durumu ortaya çıkar.

6.3. Çoklu Yayınım Sonucu Oluşan Hızlı Gerilim Düşüşü

Şekil 6.3’de alıcı hareketinin sonucu olarak, alıcıya ulaşan sinyal enerjisindeki hızlı gerilim değişimi gösterilmektedir. Çok yönlü yansımalar ile oluşacak faz götürmesinin sonucunda, alınan sinyal gücünde (20-30) dB’lik değişimler gözlenir. Alınan sinyal enerjisinin kısa bir dönem ortalama istatistiği genellikle Rayleigh Dağılımı ile tanımlanır. Sinyal gücündeki düşüşler alıcıda hatalı algılamaya neden olur ve W-CDMA’da bunu önleyici bir yol izlenmelidir.



Şekil 6.3: Çok Yönlü Yayınım Sonucu Oluşan Hızlı Gerilim Sönümlenmesi

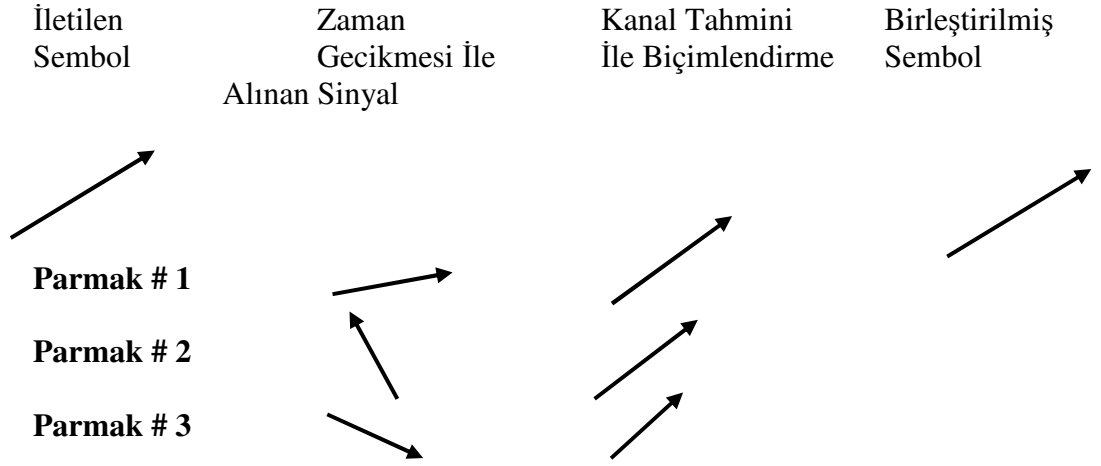
6.4. Tırmık Alıcısındaki En Yüksek Oran Birleşimi İlkesi

Her güçlü ekoya bir tırmık alıcı parmağı ayrılarak, bu ekolar birbirinden bağımsız bir şekilde demodüle edilip birleştirilerek, daha güçlü sinyal elde edilebilir.

Hızlı güç kontrolü ve tırmık alıcıların doğasında olan eko çeşitliliği ile sinyal gücündeki değişimler azaltılabilir. Ayrıca güçlü kodlama, harmanlama ve tekrar iletim protokolleri ile sinyale gereğinden fazla ve zamanda çeşitlilik sağlanır. Böylece alıcıya ulaşan sinyaldeki zayıflamalara rağmen, vericiden iletilen bitler alıcıda doğru bir biçimde tespit edilebilir.

Şekil 6.4’de modülasyon sembolleri ve bunların kanal tahminine göre biçimlendirilmiş halleri ve parmaklardan alınan sembollerin birleştirilmiş hali gösterilmiştir. Hızlı gelişen kanal karakteristiğini elde etmek için, pilot semboller kullanılır ve kanalın neden olduğu faz dönüşümünü geri alarak, alınmış semboller arasındaki faz farkı ortadan kaldırılır. Elde edilen bu semboller basitçe toplanıp birleştirilir. Bu işlem aynı zamanda “*en yüksek oran birleşimi*” olarak da adlandırılır. Buna göre;

- Kanal, sinyali herhangi bir faz ve genliğe döndürebilir.
- QPSK sembolleri aynı fazda bilgi taşır.
- Sinyalin enerjisi birçok eko arasında bölünmüştür.
- En yüksek oran birleşmesi ile kanal, faz dönüşümünü ve kanal genlik değişimlerini, kanal tahmini kullanarak doğrultur.
- Aynı yöntem, anten birleşmeleri (baz istasyonu, kullanıcı ekipmanı) ile daha yumuşak ve yumuşak/daha yumuşak aktarmalar için kullanılır.



Şekil 6.4: CDMA Tırmık Alıcısındaki En Yüksek Oran Birleşimi İlkesi

6.5. Tırmık Alıcı Algoritması

Tırmık alıcının alması gereken bilgiler şunlardır:

- Çok yollu gecikmelerin eş zamanlaması zaman-gecikme
- Çok yollu bileşenlerinin fazları taşıyıcı faz
- Çok yollu bileşenlerinin genlikleri genlik izlemesi
- Çok yollu bileşenlerinin sayıları parmak tahsisi

Zaman gecikme eş zamanlaması, korelasyon ölçümleri temeli üzerine yapılır.

- Gecikmenin elde edilmesi
- Geri besleme döngüleri ile gecikmenin takibi (gecikme-kilitli döngüler)

Sönümlü kanallardan dolayı, sıradan faz kilitlemeli döngü (PLL), taşıyıcının faz ve genlik takibinde kullanılamayabilir.

Sönümlü kanallardaki tırmık alıcıların işlemleri için çözüm gerektiren belli başlı problem, alıcının eş zamanlamasıdır. Pratikte tırmık alıcılarının eş zamanlamasında aşağıdaki fonksiyonlara gereksinim duyulur:

- Alıcıyı Analog/Sayısal (A/D) çeviricinin dinamik aralığında tutmak için otomatik kazanç kontrol döngüsü.
- Yerel ossilatör frekansındaki kayma ve yüksek Doppler kaymalarının kompanzasyonu için otomatik frekans kontrol döngüsü.
- Tırmık alıcının parmaklarını tahsis etmek için kanal impuls tepkesinin ölçümü.
- Çok yollu bileşenlerinin takibi için kanal gecikmesinin takibi.
- Eş zamanlı algılama için kompleks kanal katsayılarının izlenmesi.

Yüksek bant genişliği (5 MHz) ve CDMA içinde olan girişimden dolayı RF ve IF bölümlerinin, geniş dinamik aralığıyla işlenmesi zorunludur.

Otomatik kazanç kontrol döngüsü, alıcıyı doğrusal bölgede tutacak kadar hızlı ve doğru olmalıdır. Üçüncü nesil W-CDMA sistemlerin veri hızları çerçeveden çerçeveye değişebilmektedir. Bu nedenle otomatik kazanç kontrol döngüsü ve Ananog/Sayısal çeviricinin, fazlardan özelliklerinin olması gerekir.

Yüksek örnekleme hızı (20-40) MHz ve yüksek dinamiklerdeki giriş sinyali (80 dB'e kadar), hızlı ve yüksek çözünürlüklü Analog/Sayısal çevirici gerektirir. Ayrıca alıcıda tayfin daraltılması için korelatörler gereklidir.

6.6. W-CDMA Sistemlerinde Kullanılan Tırmık Alıcılar

W-CDMA sistemlerin, değişken veri hızı ve Tırmık alıcılarda neden olduğu olası problemlerin, belirlenmesinde kullanılan teknikler şu şekilde sıralanabilir:

1.) Değişken Genişletme arpanı

- Genişletmede veri hızını yükseltmek için, sadece bir parça genişletme kodu kullanılır.

- İşleme kazancı daha küçük olur.

İşleme Kazancı = (İletilen bant genişliği / Bildiri bit hızı) = (chip hızı / bilgi bit hızı)

- Düşük işleme kazancı, TDMA sistemlerinde semboller arası girişime neden olur.

- Semboller arası girişim ile bir sembol aralığından daha uzun genişletme kodu kullanarak, bir dereceye kadar mücadele edilebilir.

2.) Çok Kodlu İşleme

- Veri hızını arttırmak için birçok genişletme kodu beraber kullanılır.

- Çeşitli paralel veri kanalları, genişletme kodları sonucunda, girişim meydana getirir. Buna çoklu erişim girişimi adı verilir.

7. MATERYAL VE METOT

7.1. Giriş

Bu bölümde tırmık alıcı için en uygun parmak sayısını belirlemede, gerçek radyo kanalı yayını verileri kullanıldı. Bu tür bir çalışmanın asıl amacı, bir sonraki bölümde verilen çalışma için gereken, benzetim sayısını azaltmaktır. Çünkü Bölüm 8’de sunulan bit-hata oranı (E_b/N_0) eğrilerindeki her bir nokta için, gereken benzetim süresi birkaç saat sürmektedir.

W-CDMA kapasite artırımı ve değişen veri hızı sağladığı için üçüncü nesil gezgin iletişim sistemlerinde hava ara yüzünde kullanılacaktır. (1920-1980) MHz ve (2110-2170) MHz arasındaki bantlar sırasıyla, yukarı-link (mobil telefondan baz istasyonuna) ve aşağı-link (baz istasyonundan mobil telefona) UMTS FDD bantları olarak ayrılmıştır. Öngörülen chip hızı 3.84 Mchip/s’dir. Birbirleri arasında en az bir chip süresi zaman gecikmesi olan sinyal ekoları, Tırmık alıcılar ile ayrıştırılabilmektedir. Ekolar iletilen sinyalin gecikmiş ve genlik ölçeklenmiş bir kopyasıdır. Farklı zamanlarda alıcıya ulaşan ekoların genlik sönümlenmeleri de farklı olabilmektedir. Alıcı antende vektörel biçimde toplanan ekolar kimi yerlerde birbirini güçlendirirken kimi yerlerde birbirlerini söndürebilmektedirler (hızlı sönümlenme). Tırmık alıcılar, hızlı sönümlenmenin etkilerini azaltmak ve farklı ekolarla gelen sinyal enerjisini birleştirerek alıcı çıkışında daha yüksek sinyal/gürültü gücü (S/G) oranı elde etmek için kullanılırlar. Tırmık alıcıda enerjileri birleştirilecek her eko için ayrı korelatör (parmak) kullanılmalıdır. Parmaklar ile toplanamayan eko enerjisi kayıp enerji demektir ve bu enerji W-CDMA sistemlerinde gürültü tabanının yükselmesine ve de sitem kapasitesinde azalmaya neden olur. Ancak artan parmak sayısı alıcıdaki işlem yükünü artıracığından Tırmık alıcı için en uygun parmak sayısı belirlenmelidir. Hızlı sönümlenme etkisinin ne ölçüde azaltıldığı ise alıcıda işlenen ekoların göreceli güçlerine, birbirlerine göre olan sönümlenmelerine, uygun ekoların belirlenme ve bunlar için korelatör (parmak) atanma hızına ve kanal geçiş işlevinin değişim hızına bağlıdır. Benzer sönümlenen ekoların birleştirilmesi hızlı sönümlenmeye karşı bir kazanım sağlamaz.

7.2. Üçüncü Nesil (3N) Sistemler İçin Eko İstatistikleri

Üçüncü nesil W-CDMA gezgin iletişim sistemlerinde kullanılacak Tırmık alıcıların başarımı, Manchester şehir merkezinde yapılan radyo kanalı ölçüm sonuçları kullanılarak değerlendirilmiştir. (1915-1975) MHz ve (2105-2165) MHz bantlarında sürekli dalga frekans modülasyonu ve heterodin algılayıcı kullanan bir sistem ile, radyo kanalı ölçümü gerçekleştirilmiştir. İletim bandı saniyede 100 veya 250 kez taranmıştır (kanal örnekleme frekansı). UMTS FDD için ayrılan her iki FDD bandında aynı anda gerçekleştirilen ölçümlerde verici anten, 8 katlı bir binanın çatısında yerden 46 m yükseklikte; alıcı anten ise el arabasına 1.8 m yükseklikte veya bir minibüsün üzerine 2 m yükseklikte kurulmuştur. Alıcı ve vericide eş-yönel antenler kullanılmıştır. El arabası ile 1.8 km, minibüs ile 5 km'ye varan alıcı-verici uzaklıklarında toplam 581 yerde ölçüm yapılmıştır. Her ölçüm yerinde kanal 0.5 veya 1 saniye süresince örneklenmiştir.

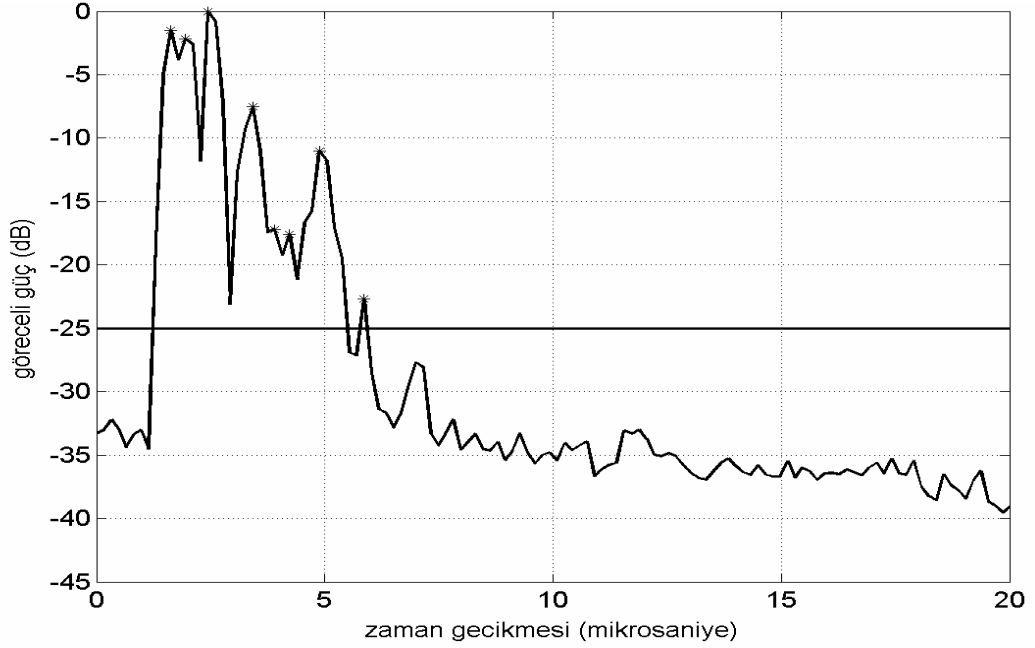
60 MHz'lik bantlarda toplanan kanal verilerinden, radyo kanalı ölçüm verileri [6] kullanılarak 5 MHz genişliğindeki alt bantlar için eko profilleri elde edilmiştir. 524 adet ölçüm yerinde toplanan eko profillerindeki, zaman gecikmeleri ve enerji farkları, Matlab ortamında incelenmiştir.

7.3. Verinin İncelenmesi

Radyo kanalı ölçme sisteminde kullanılan, sürekli dalga frekans modülasyon yöntemi ile iletim bandı, zamanda doğrusal olarak taranmaktadır. Heterodin algılama ile algılandığında ise iletim bandının belli bir frekans aralığı, bant taranma süresi içinde belli bir zaman dilimine karşılık gelir. Bu nedenle 60 MHz için elde edilen verilerden, iletim bandı içinde 5 MHz genişliğinde herhangi bir frekans aralığı için, radyo kanalı eko profilleri elde edilebilir. Her ölçüm yerinde toplanan 100 veya 250 eko profilinin ortalaması alınarak ortalama eko profilleri elde edilir. 100 Hz ve 250 Hz kanal örnekleme frekansları için eko profilindeki zaman gecikmesi çözünürlükleri sırasıyla 163 ns ve 130 ns'dir. Gürültü seviyesinden en az 5-dB yukarısı gürültü eşik seviyesi olarak belirlenmiştir (Şekil 7.1). Eşik seviyesinin üstündeki ekoların sayısı, gücü ve zaman gecikmesi elde edilir. İletim yapılan bant içinde girişim olması durumunda girişimin bulunduğu 5 MHz'lik dilimin gürültü seviyesi yükselir. Bu yükselme girişim gücü ve girişen sinyalin bant genişliği arttıkça artmaktadır. Bir alt bant yüksek gürültü

seviyesi nedeni ile incelenmediğinde, o ölçüm yeri için elde edilen diğer 23 alt bant verisi de, istatistiksel incelemelerin dışında tutulmuş olur. Bant içi girişim nedeni ile 30 ölçüm yerinde toplanan veriler kullanılmamıştır.

Ortalama eko profillerindeki her eko ile, alıcıya gelen sinyal gücü hesaplanmıştır. Hesaplamalarda vericiden çıkan sinyalin, doğrudan alıcıya beslendiği (geciken ekoların olmadığı durum) testlerde, elde edilen eko profilindeki tepenin zaman eksenini boyunca olan genişliği göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 7.1: EP ve Eşik Seviyesinin Üstündeki Ekolar: 1957.5 MHz'de 5 MHz Genişliğinde Bant.

Çalışmanın ilk kısmında 524 adet ölçüm yerinde toplanan eko profillerindeki tepe sayılarını bulduk. Bu 524 ölçüm noktasından alınmış ve her ölçüm noktasında 256 farklı yerden gelen ekoları içeren $[524 \times 256]$ boyutlu matris, eşik seviyesinin üzerindeki eko enerjilerini taşımaktadır. Her bir ölçüm yerindeki 256 noktadan gelen ekoların, tepe sayısını bulmadan önce, bu matrisi $[1 \times 256]$ boyutlu 524 tane vektör haline getirdik. Böylece her bir ölçüm noktasındaki eşik seviyesinin üzerindeki eko sayısını bulmak daha kolay hale gelecektir.

Bu vektörlerdeki ekoların tepe değerlerini bulurken; (a_0 'dan a_{255} 'e) kadar bir vektöre ve (a_1 'den a_{256} 'ya) kadar ikinci bir vektöre atanmıştır. Böylece elde edilen iki vektörün farkı alınarak, elemanları, pozitif, negatif ve sıfır olan yeni bir vektör elde

edilmiştir. Bu yeni vektörün boyutu $[1 \times 255]$ olacaktır. Bu $[1 \times 255]$ boyutlu vektör, işaret fonksiyonuna atanarak elemanları $(-1, 0, +1)$ olan yine $[1 \times 255]$ boyutlu, başka bir vektör elde edilmiştir. Bu yeni vektöre de, yine ilk aşamadaki işlemler uygulanmış ve elde edilen iki vektörün tekrar farkı alınmıştır. Böylece $[1 \times 254]$ boyutlu 524 adet vektör elde edilmiştir. Bu son vektörlerin eleman değerleri $(-2, 0, +1)$ şeklindedir. Buna göre değeri (-2) olan noktalar eko profillerine ilişkin tepe noktalarının konumunu (matris içerisindeki yerlerini) göstermektedir. Böylece 524 adet eko profiline ait tepe noktaları, farklı boyutlu vektörler biçiminde elde edilmiştir.

Bu incelemede bazı vektörlerin sıfır boyutlu elde edildiği gözlenmiştir. Bu durum, söz konusu noktada alınan eko güçlerinin, eşik seviyesinin altında veya eşik seviyesine yakın değerde olduğunu göstermektedir. Eşik seviyesi civarlarındaki ekoların gürültülerden ayırt edilmesi oldukça güçtür. Ayrıca bu kadar küçük değerlerde enerjiye sahip olan ekoların katkısı da, göz ardı edilebilir düzeydedir.

Farklı boyutlu vektörler biçimdeki eko tepe konum vektörlerinin tekrar bir matrise toplanması, istatistiksel incelemelerde yararlı olabilecek bir durumdur. Bu matrise toplama işlemi, elde edilen vektörlerden en uzun olanının 23 boyutlu olduğu gözlenmiştir. Bu gözlemler ışığında, en güçlü ilk 10 eko değerinin alınması uygundur. Böylece farklı boyutlu vektörlerin matrise toplanması işlemi en yüksek enerjili eko değerinden, en düşük enerjili eko değerinin konumuna göre sıralanacak şekilde, en güçlü ilk 10 eko alınmış ve tekrar $[524 \times 10]$ boyutlu bir matris elde edilmiştir. Bu matris içerisinde, ilk sütun her bir ölçüm noktasındaki en yüksek enerjili ekoların konum numarasıdır. Kayda değer eko değeri, 10'dan az olan vektörlerin matris içerisindeki boyutlarının uyumlaştırılması açısından, eksik terimlerin yerine, değeri bizce bilinen ve konum bilgisi taşımayacak olan bir değer (-999) atanmıştır.

Çalışmanın bir başka kısmında ise, bu $[524 \times 10]$ boyutlu matris kullanılarak normalize olunmuş güç ve konum değerleri elde edilmiştir. Yani en güçlü eko değerine göre, 2. derecede güçlü ekonun, 3. derecede güçlü ekonun, vb., şeklinde güç fark değerleri elde edilmiştir. Böylece elde edilen ve her bir ölçüm yeri için eko güç farklarını gösteren yeni matriste, ilk sütun 0 değerini alacak ve diğer sütunlar ise görece negatif değerli olacaktır. Çünkü ilk sütun içerisinde, en güçlü ekoların güç değerleri, ikinci sütun içerisinde ise, ikinci en güçlü ekoların güç değeri bulunmaktadır. Böylece sıralanmış sütunların farkı alındığında, ilk sütundaki değerlerin kendilerinden olan farkı

sıfır, diğerlerinin ise negatif olacaktır. Güç fark değerlerinden oluşan bu matris **“pfark matrisi”** olarak program içerisinde tanımlanmıştır.

Ayrıca zaman verisini taşıyan dosyanın da yardımıyla ekoların konum farkları elde edilip, bu zaman dosyasındaki değerlerle çarpılarak, 2.,3.,4., vb. güçlü ekoların en güçlü ekoya göre, ne kadar bir zaman gecikmesi ile geldikleri tespit edilmiştir. Buna ilişkin matris ise program içerisinde **“sfark matrisi”** olarak tanımlanmıştır. Zaman dosyası içerisindeki zaman değişkeni, ardışıl zaman dilimleri arasındaki zaman farkı olup birimi mikro saniyedir. Bu gecikmelerin mikro saniyeli değerleri bulunurken konum farklarının bazı durumlarda negatif olabileceği göz önünde tutularak konum farklarının mutlak değerleri ile zaman bileşenin ölçüm noktasındaki değeri çarpılmalıdır.

Çalışmanın son aşamasında ise **“pfark”** ve **“sfark”** matrisleri kullanılarak, istatistiksel incelemelerde kullanılan kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF: Cumulative Distribution Function) ile hangi ekoların, en güçlü ekoya göre güç farkına sahip olduğu ve ölçüm yerlerinin % kaçında, gücün kaç dB oranında düştüğü bulunmuştur. Burada **“pfark”** ve **“sfark”** matrislerinin sütunları kullanılarak CDF fonksiyonlarının eğrileri elde edilmiştir. Öyleyse [524 x 10] boyutlu matris için 9 tane sütun elde edilecektir. Burada ilk sütun kendi ile fark işlemine tabi tutulduğundan sütun üzerindeki tüm değerler sıfır olacaktır. Böylece geriye kalan 9 sütun için CDF fonksiyon eğrileri çizilmiştir.

Burada sütun üzerinde yer alacak ve matris boyutunu uyumlaştırmak için kullandığımız (-999) değerleri bulunarak, bu değerler boş matrise atanmalıdır. CDF eğrisi incelendiğinde, ilk dört ekodan sonraki güçlü ekoların CDF eğrilerinin, birbirlerinden ayırt edilemeyecek derecede benzer olduğu görülmüştür. Öyleyse en güçlü dört ekoyu alacak bir Tırmık alıcı tasarımı yapmak yerinde olacaktır.

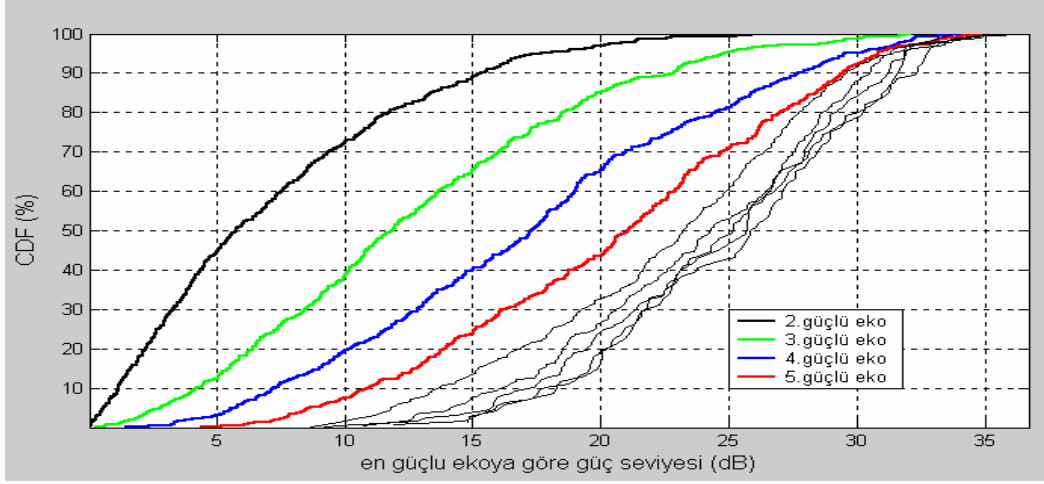
Şekil 7.2'deki grafiklerde, en güçlü 10 adet ekonun, birinci en güçlü ekoya göre olan güç değişimlerinin, kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF) eğrileri gösterilmektedir. Bu eğrilerde 524 ölçüm yerine ait veriler kullanılmıştır. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi, 5. güçlü ekodan sonraki ekolar için, eğrilerin birbirinden ayırt edilmesi oldukça güçtür. Şekil 7.2-a, en güçlü 10 eko değerine ait olan CDF eğrilerini içerirken; Şekil 7.2-b'de, ek bir kazanım sağlamadığı açıkça gözükmekte olan eko değerlerine ait CDF eğrileri silinmiştir. Böylece Şekil 7.2-a'da, en güçlü 10 eko değerine ait CDF

eğrisi, Ek-1’de sunulan Matlab programları kullanılarak çizdirilmiştir. Şekil 7.2-a’daki grafik incelendiğinde, 5. güçlü ekodan sonraki ekolara ilişkin eğrilerin, birbirine çok yakın ve girişmiş bir durumda bulunduğu görülmektedir. Buna göre, 5. güçlü ekodan sonraki eko değerlerinin, ek bir kazanım sağlamayacak olduğu söylenebilir. Bu şekilde, kazanım sağlayacak olduğu düşünülen, en güçlü 5 eko değeri dışındaki ekolara ait CDF eğrileri silinerek, Şekil 7.2-b elde edilmiştir. Şekil 7.2-b’de, en güçlü ekoya göre daha az güçlü olan ve güç değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmış bulunan, 5 eko değeri gösterilmektedir. 1. en güçlü eko değerinin, kendine göre olan bağıl kazanımı 0 dB olacağından, buna ilişkin CDF eğrisi gösterilmemiştir. Geriye kalan eko değerleri ile (en güçlü 5 eko değeri için) 4 CDF eğrisi yine Ek-1’de sunulan Matlab programları kullanılarak çizdirilmiştir.

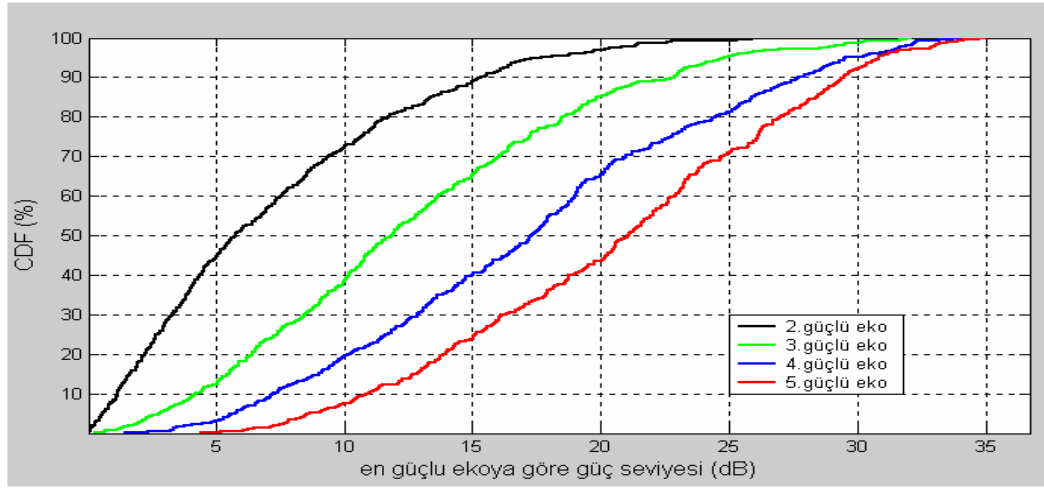
Şekil 7.2’de gösterilen eğriler incelendiğinde, ölçüm yerlerinin %90’unda 2. güçlü eko ile, en güçlü eko arasındaki güç farkı 15 dB’den daha azdır. Yine ölçüm yerlerinin %50’sinde bu fark 6 dB’den daha azdır. Diğer taraftan, ölçüm yerlerinin %65’inde 3. güçlü eko ile en güçlü eko arasındaki güç farkı 15 dB’den daha az iken, ölçüm yerlerinin %20’sinde bu fark 6 dB’den daha azdır. Buna karşın, ölçüm yerlerinin %25’inde 5. güçlü eko ile en güçlü eko arasındaki güç farkı 15 dB’den daha az ve yine ölçüm yerlerinin %5’inde bu fark 6 dB’den daha az olacaktır. Görüldüğü gibi güçlü eko sayısının dörtten fazla olması durumunda, önemli bir kazanım sağlanılamamaktadır.

Bu durum, en güçlü dört ekonun dikkate alınarak, tırmık alıcı parmaklarının seçiminin yapılmasını, uygun kılmaktadır. Böylece tırmık alıcıda, dört parmak olması uygun görülebilir. Ancak dörtten fazla parmağın, dört parmaklı Tırmık alıcıya göre ek bir kazanım sağlamadığı görülür. Eğer alıcıya gelen toplam eko enerjisinin %80’ninin parmaklar ile toplanıyor olması yeterli varsayılırsa, yukarı link için bu koşul 1-, 2-, 3- ve 4-parmaklı alıcılar ile ölçüm yapılan yerlerin sırasıyla %23, %55, %75 ve %83’ünde sağlanacaktır. Aşağı link için bu koşul, ölçüm yerlerinin sırasıyla %18, %52, %71 ve %81’inde sağlanmıştır. Kayıp eko gücü istatistiklerine göre, 2. parmağın kullanımı 1-parmaklı alıcıya göre toplanan eko gücü yönünden, kayda değer iyileşme sağlamıştır. Ancak dördüncü parmağın kullanımı, artıracığı işlem karmaşıklığı da düşünülürse, toplanabilen eko gücü için ek kazanım sağlamamaktadır.

Bu nedenle “*tırmık alıcı için en uygun parmak sayısı 3*” olarak belirlenebilir.



(a)



(b)

Şekil 7.2: 1-4 Parmaklı Tırmık Alıcı İçin, En Güçlü Ekoya Göre Olan Güç Farkları İçin, Kümülatif Dağılım Fonksiyonu Eğrileri

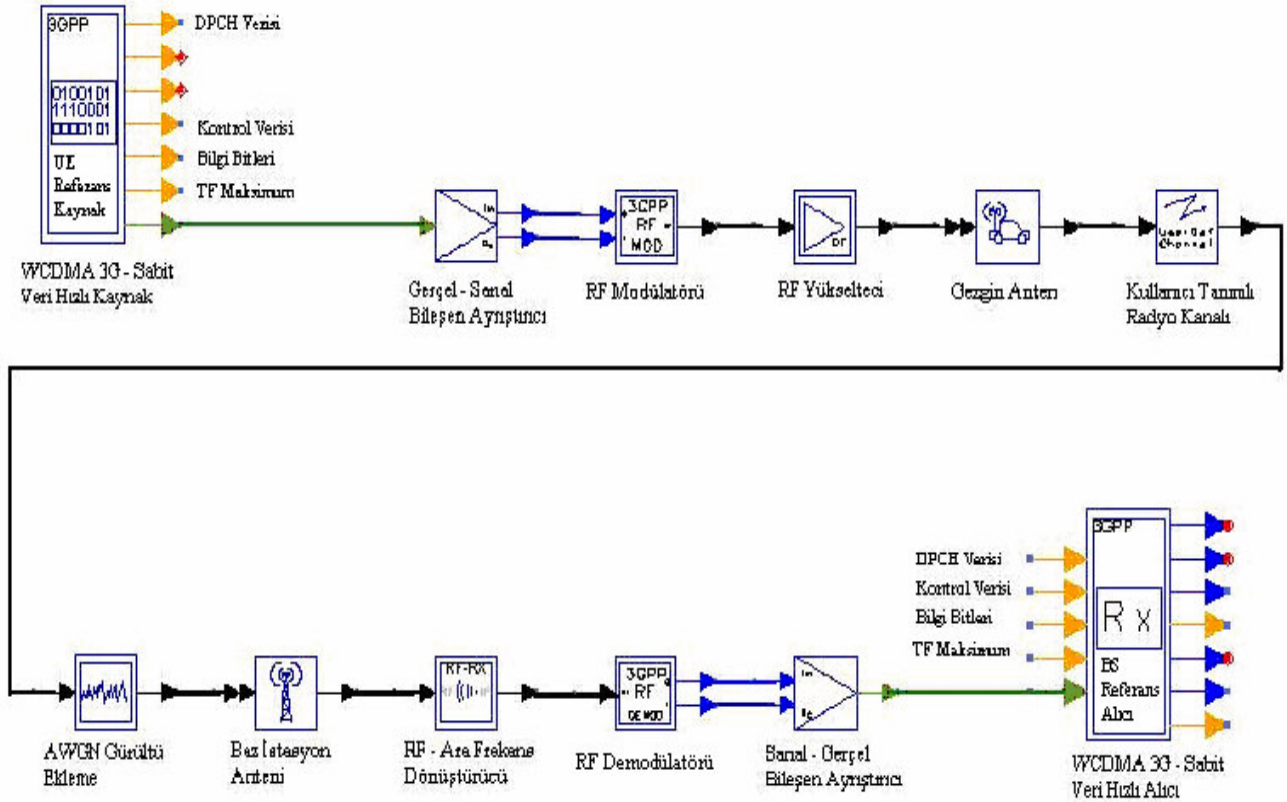
7.4. W-CDMA Sistem Benzetimi

Ele alınan çalışmanın bu kısmında tek hücreli, tek kullanıcı bir W-CDMA sistem benzetimi, yukarı link (gezgin telefondan baz istasyonuna doğru olan yön) için gerçekleştirilmiştir. Benzetimin amacı, farklı ekolar ile gelen enerjileri birleştirerek, hızlı sönmelenmenin etkilerini azaltan Tırmık alıcının başarımını, farklı radyo kanalı koşulları, veri hızları ve kullanıcı hızlarında incelemektir.

Sistem benzetimi, Agilent Teknolojileri'nin bir yazılımı olan ADS (Advanced Design System) ile gerçekleştirilmiştir. [3]

Bu yazılım oldukça karmaşık olan 3N sistem tasarımını biraz kolaylaştırmıştır. Çünkü yazılımın kütüphanesinde, bir bağlantıda değişken hızda W-CDMA verisi üreten kaynak, farklı veri hızlarında sabit hızda W-CDMA 3N verisi üreten kaynak ve bu kaynaklara karşılık gelen W-CDMA 3N alıcı blokları vardır.

Benzetim yapılan yukarı link sisteminin blok şeması Şekil 7.3’de verilmiştir.



Şekil 7.3: Benzetimlerde Kullanılan Yukarı Link W-CDMA 3N Sisteminin Blok Diyagramı

W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Kaynak: Şekil 7.3’deki W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Kaynağın çıkış sinyalleri kabaca şöyle açıklanabilir. Temel bantta W-CDMA 3N sinyali ve alıcı uçla bit-hata oranı (BHO) hesabı için referans çıkışları (bilgi bitleri, kontrol bitleri, çoğullanmış bilgi ve kontrol bit dizisi) şeklindedir.

Gerçel-Sanal Bileşen Ayrıştırıcı: W-CDMA 3N sinyalindeki gerçel değerli veri (I) ve denetim kanalları (Q), gerçel-sanal bileşen ayrıştırıcı bloğunda ayrıştırılır.

RF Modülatörü: Gerçel-sanal bileşen ayrıştırıcı çıkışında elde edilen kodlar, RF Modülatör (QAM) bloğunda, 8 kez fazladan örneklenir. Yavaş kesme çarpanı 0.22 olan yükseltilmiş kosinüs filtresinden geçirilerek, QAM modülatörüne beslenir. Modülatör çıkışındaki sinyalin gücü 10 dBm (10mW) ve gürültü güç yoğunluğu ise -173.97 dBm/Hz'dir. Bu blok için kullanılan RF taşıyıcı frekansı ise 1950 MHz olarak seçilmiştir.

$$dBm = 10 \log \frac{P}{1mW}$$

RF Yükselteci: RF modülatör çıkışındaki sinyal, RF yükselteciye beslenmiştir. Bu yükselteç sinyalin, alıcı ve verici arasındaki mesafeye ve engelleyici nesne (bina, ağaç, vb.) yoğunluğuna bağlı olarak, uğrayacağı hat kaybına karşı sinyali önceden kuvvetlendirmektedir. Benzer bir kuvvetlendirme, alıcıdaki RF ara frekans dönüştürücü bloğundaki kazanç değeri ile de yapılmaktadır. Ancak bu kez, hat kaybına uğramış sinyal, demodülasyondan önce kuvvetlendirilmiş olur.

Gezgin Anten: RF yükselteci çıkışındaki sinyal, gezgin antene beslenir. Gezgin anten bloğu ise şunları modeller;

- Anten kazancı
- Anten yüksekliğinin etkisi
- Verici antene göre olan konum, dolayısıyla alıcı-verici antenler arası uzaklık
- Kullanıcının hareket hızı

Kullanıcı Tanımlı Radyo Kanalı: Gezgin anten çıkışındaki sinyal, radyo kanalına aktarılır. Radyo kanalı bloğu ise şunları modeller;

- Eko sayısını
- Her bir ekonun, kaç alt ekonun birleşimi ile oluştuğunu (Jakes Modeli, [4])
- İletim ortamının kırsal kesim, dağlık bölge, kent merkezi, vb. olup olmadığını
- Hat kaybını (var, yok veya standart şeklinde)
- Ekoların bağıl genliklerini
- Ekoların bağıl gecikmelerini

Benzetimlerde, iki tür radyo kanalı tanımlanmıştır. 4 ekolu olarak tanımlanan Kanal 1 ve 10 ekolu olarak tanımlanan Kanal 2'ye ilişkin, ekoların bağıl genlik ve gecikme değerleri Tablo 7.1'de gösterildiği biçimdedir.

Tablo 7.1: Benzetimlerde Kullanılan Radyo Kanallarının Bağıl Genlik ve Gecikme Değerleri

KANAL 1 (4 ekolu radyo kanalı)										
Ekoların bağıl genlikleri (dB):	0.00	-12.60	-3.46	-20.00						
Ekoların bağıl gecikmeleri (μ s):	0.000	0.780	1.300	1.800						
KANAL 2 (10 ekolu radyo kanalı)										
Ekoların bağıl genlikleri (dB):	-0.66	0.00	-6.20	-7.70	-6.50	-14.00	-14.00	-15.00	-13.00	-8.90
Ekoların bağıl gecikmeleri (μ s):	0.000	0.520	1.042	1.800	2.600	3.380	4.420	4.950	5.600	10.420

Baz İstasyon Anteni: AWGN gürültü ekleme bloğundan gönderilen sinyaller, baz istasyon antenine gelir. Baz istasyonu anten bloğu şunları modeller;

- Anten kazancı
- Anten konumu
- Anten yüksekliği

RF-Ara Frekans Dönüştürücü: RF-Ara frekans dönüştürücü bloğu, girişine beslenen sinyali bant geçiren süzgeçten süzer, sonrasında ise alıcı kazanç değişkeni ile belirtilen kazançla göre kuvvetlendirir.

Yerel osilatör frekansı ($f_{yo} = f_{RF} - f_{AFR} = 1800$) MHz olan bir yerel osilatör frekansı ile çarpılarak, $f_{AFR} = 190$ MHz ara frekansında bir sinyal elde eder ve frekans dönüştürücü çıkışını, bant geçiren filtreden geçirir. Bu filtrenin orta frekansı 190 MHz ve geçirme bant genişliği ise 50 Hz olarak seçilmiştir.

AWGN Gürültü Ekleme: Bu blok çıkışındaki gürültü güç yoğunluğu, N_0 değeri (dBm/Hz) ile ayarlanır. Dolayısıyla bu bloktan önceki blokların gürültü çarpanlarının etkisi de N_0 değeri ile temsil edilmiş olur.

Buna göre RF demodülatörüne beslenen sinyalin gücünü şu değişkenler belirler;

- Vericide modülatör çıkışındaki sinyalin gücü
- RF yükselteci kazancı
- Anten kazançları ve yükseklikleri
- Radyo kanalındaki hat kaybı ve alıcı-verici antenler arasındaki uzaklık
- Alıcıdaki yükselteç kazancı

Alıcıya gelen sinyaldeki gürültü güç yoğunluğu N_0 (tek kullanıcı sistem olduğundan, diğer kullanıcı sinyallerinden dolayı oluşan girişim olmayacaktır, $I = 0$) ise şunlara bağlıdır;

- AWGN gürültü ekleme bloğundaki N_0 değerine ki bu, blok çıkışındaki gürültü güç yoğunluğunu verir.

- Baz istasyon anten sıcaklığından dolayı olan toplamsal güç yoğunluğu ki bunun katkısı oldukça düşüktür. [2]

$$N_{0,T} = 10 \log(k * T)$$

k: Boltzman sabiti = $1,38.10^{-23}$ J. K⁻¹

T: Antenin mutlak sıcaklığı (K°) = 290 Kelvin

- Alıcının gürültü çarpanı (noise figure)

RF Demodülatörü: RF demodülatör bloğu ise şu işlemleri gerçekleştirir. I ve Q kanallarına ayrılan sinyalleri yükseltilmiş kosinüs filtresinden geçirdikten sonra kuvvetlendirerek çıkışına verir.

Sanal-Gerçel Bileşen Ayrıştırıcı: RF demodülatör çıkışından gelen I ve Q kanallarını, Q (sanal) ve I (gerçel) bileşen olacak biçimde karmaşık sinyale dönüştürür ve W-CDMA 3N sabit veri hızlı alıcı bloğuna besler.

W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Alıcı: W-CDMA 3N alıcı bloğu, sanal-gerçel bileşen ayrıştırıcı bloğundan gelen sinyalleri ve tırmık alıcıyı kullanarak bildiri sinyalini ve denetim verisini belirler. Girişine, bit-hata oranı hesabında referans olacak olan, vericideki W-CDMA 3N kaynağından doğrudan beslenen sinyalleri alır. Çıkışında ise veri ve denetim kanalları için bit-hata oranı değerlerini ve elde edilen veri ve kontrol bit dizilerini bulundurur.

7.4.1. W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Kaynak

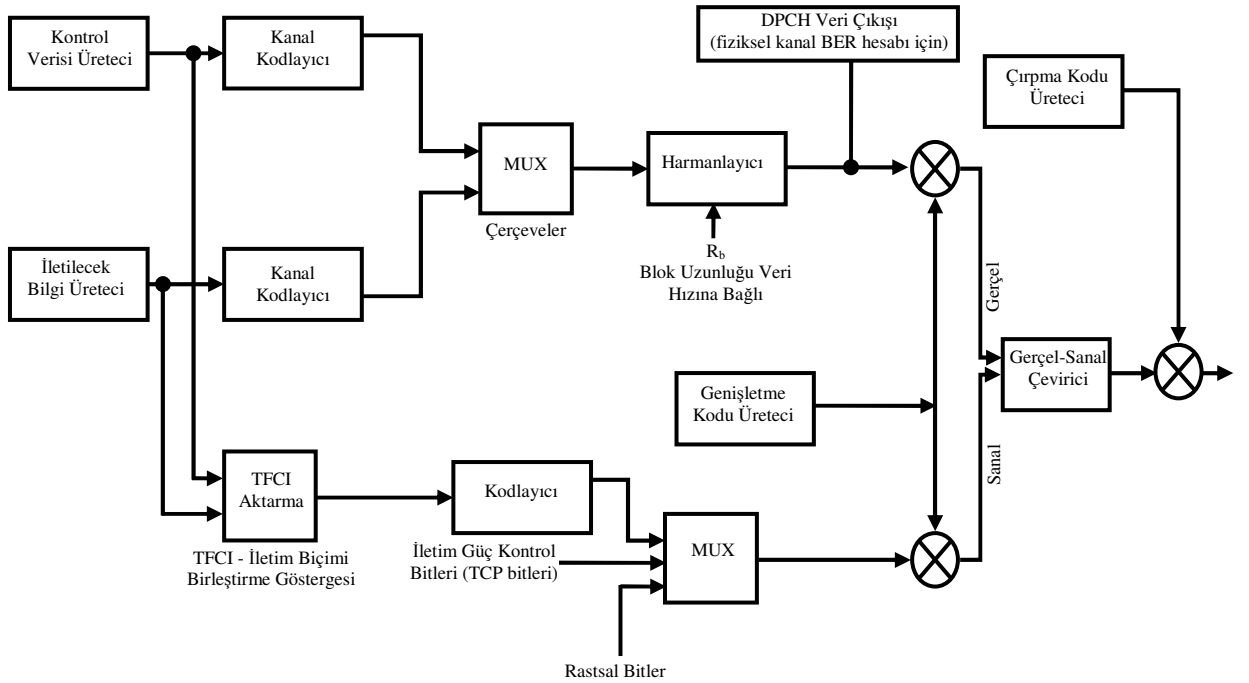
Ses ve veri iletişimi için verici ve alıcı birimlerinin genel yapısı aynı olmakla beraber, her işlevsel bloğun yapılandırılmasında kullanılan değişken değerleri, bir hizmetten diğerine, bunların bit hızlarına bağlı olarak, değişkenlik göstermektedir.

Kontrol verisi üretici ve iletilecek bilgi üretici, gerekli bit dizilerini üreterek kanal kodlayıcılara aktarır.

Diğer taraftan pilot bitlerini, verici çıkış gücü için komut bitlerini ve iletim biçimi birleştirme göstergesi (TFCI) bitlerini taşıyan, adanmış fiziksel kontrol kanalı (DPCCH) için, bitler hazırlanır ve çoklanır.

Daha sonra DPDCH ve DPCCH verileri, genişletme kodu ile çarpılarak genişletilir. Bunlardan ilki gerçel bileşeni, ikincisi ise sanal bileşeni oluşturacak biçimde, karmaşık değerli veri elde edilir. Bu yine karmaşık değerli olan bir çarpma kodu ile çarpılarak temel bant W-CDMA sinyali elde edilmiş olur.

Benzetimi yapılan bit hızlarında, veri kanalı için kullanılan katlamalı kodlamalarda, kod oranları 1/2 veya 1/3'dür. 12.2 Kbit/s, 64 Kbit/s ve 384 Kbit/s bit hızları için kullanılan genişletme çarpanları 128,16 ve 4'tür.



Şekil 7.4: W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Kaynak

W-CDMA 3N sabit veri hızlı kaynak, Şekil 7.4'de gösterilmiştir ve şu işlevsel blokları içerir.

- Kontrol bilgisi ve bildiri sinyali için ikilik düzende veri üretici.
- Kanal kodlayıcı (kesintili iletim veya fazlalık bitlerin eklenmesi).
- Kodlanmış verilere kuyruk bitleri yerleştirme için çerçeve derleyicisi.
- Kanal harmanlayıcısı.
- Çarpma kod üretici.
- İletim biçimi göstergesi aktarıcı (TFCI).

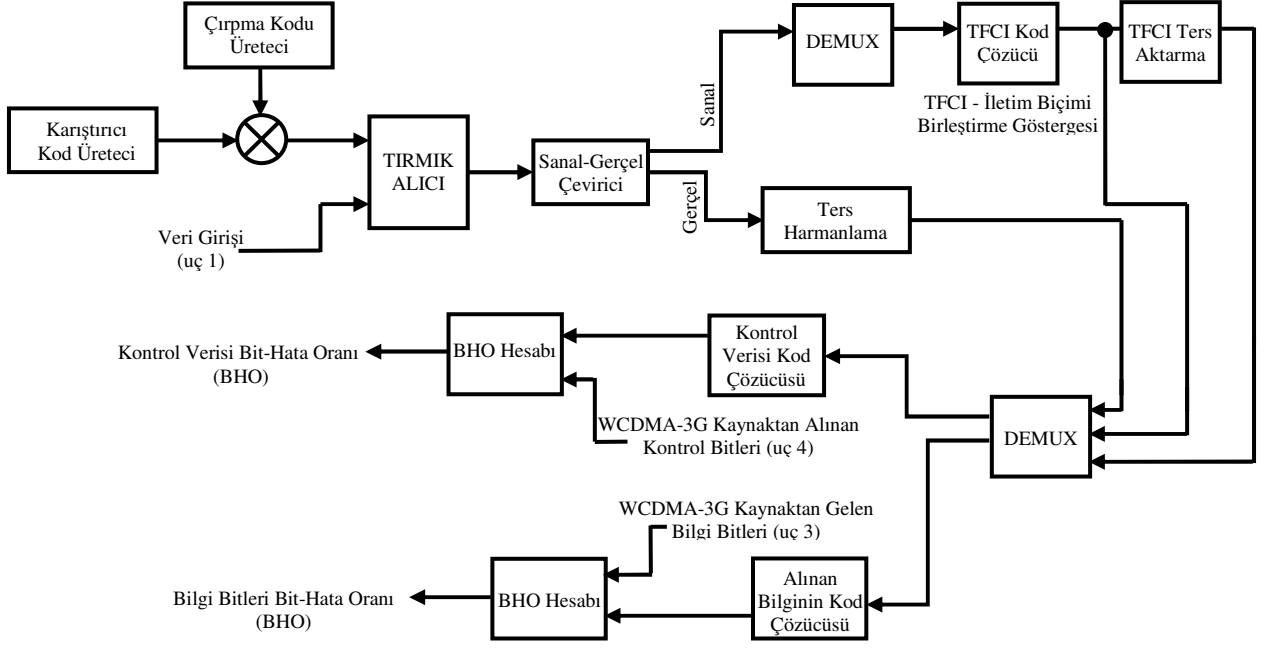
7.4.2. W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Alıcı

Alıcının girişine gelen bitler karıştırma kod üretici ve çarpma kod üreticiden elde edilen bitler ile çarpılarak, alınması gereken bitler ayrıştırılır. Daha sonra sinyalin gecikmeli ekoları tırmık alıcıya uygulanır. Tırmık alıcının çıkışında, ilki sanal bileşeni diğeri gerçel bileşeni oluşturacak şekilde, karmaşık sinyalin bileşenleri ayrıştırılır. Gerçel bileşen ters harmanlama bloğuna, sanal bileşen ise kuyruk bileşenlerinin çıkartılması için iletim biçimi birleştirme göstergesi (TFCI) kod çözücüsüne uygulanır.

Diğer taraftan pilot bitlerini, alıcı giriş gücü için komut bitlerini ve iletim biçimi birleştirici göstergesi (TFCI) bitlerini taşıyan adanmış kontrol kanalı (DPCCH) içindeki bitler çözümlenir.

Ters harmanlama bloğu çıkışından elde edilen bitler ile TFCI ters aktarma bloğunun çıkışından elde edilen bitler ve iletim biçimi birleştirme göstergesi (TFCI) bitleri ters çoklayıcıdan (DEMUX) geçirilir. Ters çoklayıcı çıkışındaki bitler, kontrol verisi kod çözücü ve alınan bilgiye ait kod çözücü devrelerinden geçirilir.

Kontrol verisi kod çözücüsünün çıkışından alınan veri ile kaynaktan gönderilen kontrol bitleri karşılaştırılır ve BHO incelenir. Yine aynı şekilde, alınana bilginin kod çözücüsünün çıkışından alınan veri ile kaynaktan gönderilen bilgi bitleri karşılaştırılır ve BHO incelenir.



Şekil 7.5: W-CDMA 3N Sabit Veri Hızlı Alıcı

W-CDMA 3N sabit veri hızlı alıcı, Şekil 7.5’de gösterilmiştir ve şu işlevsel blokları içerir.

- Karıştırıcı kod üretici ve çarpma kod üretici.
- Tirmik alıcı (gecikmeli eko bileşenlerini ayırt etmek için).
- Kodlanmış verilerden kuyruk bitlerini çıkarmak için çerçeve derleyicisi.
- Kanal ters harmanlayıcısı.
- Kod çözücüler.

7.5. Bit Enerjisinin Gürültü Güç Yoğunluğuna Oranı (E_b / N_0)

Elde edilecek başarımlar eğrileri, bit-hata oranı (BHO) ve bit enerjisi/gürültü güç yoğunluğu (E_b/N_0) arasındaki ilişkiyi göstereceğinden, değişen E_b/N_0 değerleri için BHO değerleri, benzetim yolu ile bulunup çizdirilecektir. Bu nedenle E_b/N_0 değeri denetlenmelidir. E_b/N_0 ile S/N_0 (sinyal gücünün gürültü güç yoğunluğuna oranı) arasında şu bağıntı vardır.

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{R_b}$$

S: Alınan sinyal gücü (Watt)

R_b : Bildiri bitlerinin hızı (12.2 Kbit/s, 64 Kbit/s, 384 Kbit/s)

N_0 : Gürültü güç yoğunluğu (Watt/Hz)

Buradaki S'nin değerini şunlar etkiler;

- Vericide, modülatör çıkışındaki sinyalin gücü
- RF yükselteci kazancı
- Anten kazançları ve yükseklikleri
- Radyo kanalındaki hat kaybı ve verici-alıcı antenler arasındaki uzaklık
- Alıcıdaki yükselteç kazancı
- Kanaldaki ekoların bağıl genlikleri

Her bir eko, fazladan enerji gerektirmektedir ve tırmık alıcı ile bunlardan, parmak sayısı kadar olan eko enerjisi, eş zamanlı olarak toplanabilmektedir. Dolayısıyla verilen bir bilgi bit hızı (R_b) için, istenilen E_b/N_0 değeri, alınan sinyalin gücünü (S) etkileyen etmen değişkenleri ayarlanarak, veya gürültü güç yoğunluğu (N_0) değeri değiştirilerek elde edilebilir.

E_b/N_0 değerinin kolay denetlenebilmesi için, kanal bloğunda hat kaybı yok sayılmıştır. Çünkü buradaki hat kaybı, alıcı-verici antenler arasındaki uzaklığa bağlı olarak, üstel zayıflamayı gerektirir. Bu ise değişen alıcı-verici uzaklıkları için, karmaşık hat kaybı hesabı gerektirecektir. Bunun yerine N_0 değerleri değiştirilebilir veya RF yükselteç kazancı negatif seçilerek, bir zayıflatıcı gibi yapılarak istenilen hat kaybı sağlanmış olur. Bu çalışmada da bu yol kullanılmıştır.

Burada ekoların bağıl güçleri, en güçlü eko için 1 kabul edilerek, gelen ekoların güçlerinin toplamından elde edilir. Ayrıca benzetimlerde anten kazançları, 0 dB olarak ayarlanmış ve anten yükseklikleri ise gerçek değerlere yakın seçilmiştir.

Benzetimlerde kullanılan 4 ekolu (kanal 1) ve 10 ekolu (kanal 2) kanallardaki eko değişkenlerinden, bu kanallar için bağıl eko güçleri toplamı;

4 ekolu Kanal 1 için;

$$1 + 0.055 + 0.45 + 0.01 = 1.515$$

10 ekolu Kanal 2 için;

$$0.86 + 1 + 0.24 + 0.17 + 0.22 + 0.04 + 0.04 + 0.03 + 0.05 + 0.13 = 2.78 \text{ bulunur.}$$

Dolayısıyla aynı hat kaybı için, 10 ekolu kanaldan gelen eko enerjisi toplamı, 4 ekolu kanaldan gelene göre $2.78/1.515 = 1.834$ kat (buda 2.64 dB yapacaktır) daha yüksektir. E_b/N_0 hesaplarında bu durum da göz önünde bulundurulmuştur.

7.6. Benzetim Ayarları

3N sistemin değişken veri hızlarındaki hizmetleri destekleyebilmesi gerekmektedir. Özellikle düşük veri hızlarında (384 Kbit/s'ye varan hızlar), gezgin abonelere hizmet verebilmesi, 2Mbit/s'lik veri hızlarındaki hizmetleri ise, bina içi uygulamalar, durağan kullanıcılar ve dar kapsama alanları için gerçekleştirebilir olması öngörülmüştür. Benzetimlerde kullanılan önemli değişken değerleri Tablo 7.2'dedir.

Tablo 7.2: Benzetimlerde Kullanılan Önemli Değişken Değerleri

DEğİŞKEN	DEğERİ
Kullanıcı bit hızları	12.2 Kbit/s, 64 Kbit/s, 384 Kbit/s
Hedeflenen bit-hata oranı (BHO)	$<10^{-3}$
Radio kanalı	Kent merkezi, hareketli alıcı
Hat kaybı üstel değeri	Uygulanmadı
Isıl gürültü	-164 dBm
Alıcı gürültü katkısı	7 dB
Chip hızı	3.84 Mchip/s
Çerçeve süresi	10 ms
Bilgi biti / çerçeve	122 bit, 640 bit, 3840 bit
Zaman dilimi / çerçeve	16
DPCCH – DPDCH	-4 dB
Genişletme çarpanı	128, 16, 4
İşleme kazancı	314.75, 60, 10
Modülasyon	QPSK
Yükseltilmiş kosinüs filtresi kesme çarpanı	0.22
Taşıyıcı frekans	1950 MHz.
Ara frekans	190 MHz.
Tırmık alıcı parmak sayısı	3 parmak
Alıcı anten çeşitliliği	Kullanılmadı
Güç denetim komut sıklığı	Her dilimde bir (16 x 100 = 1600)
Kodlama oranı	1/2, 1/3, 1/2

Sistem başarımını, 384 Kbit/s'ye varan değişik bit hızlarında, değişen hareket hızlarında ve de farklı kanal özellikleri için incelemek gerekir. Bu amaçla benzetimlerde 12.2 Kbit/s, 64 Kbit/s, 384 Kbit/s bit hızları ile iki farklı kanal kullanılmıştır. Bu kanallardan birinde sadece 4 eko bileşeni varken, diğerinde 10 eko bileşeni vardır.

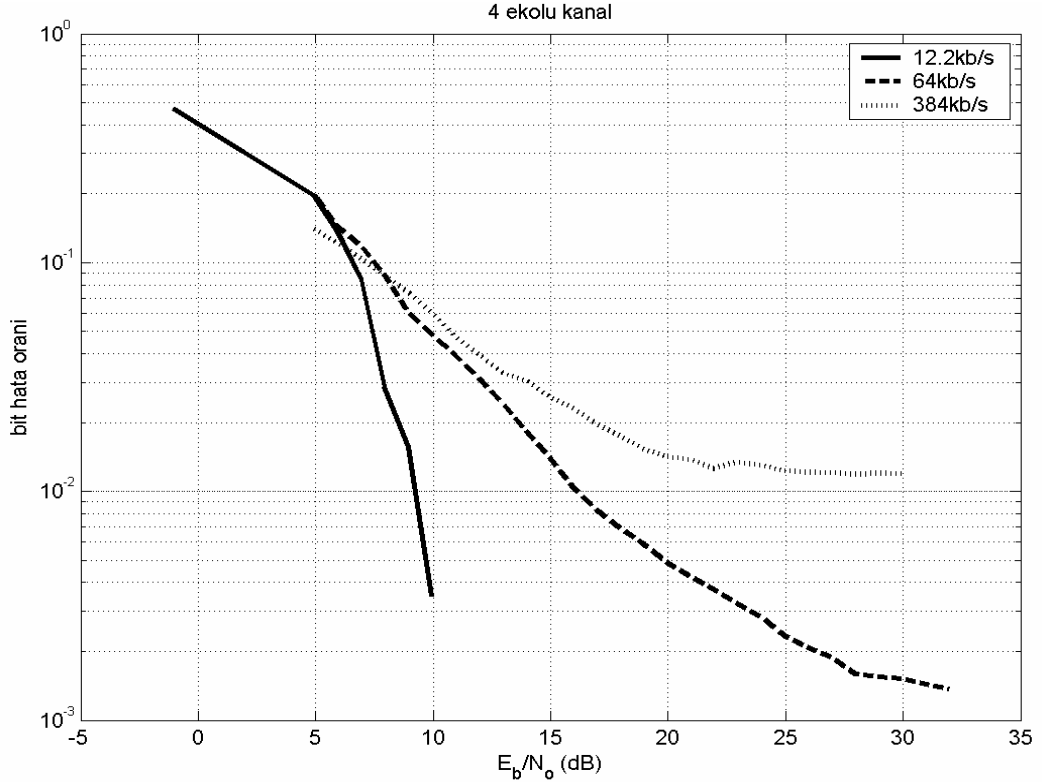
4 ekolu Kanal 1'de kayda değer enerjisi olan sadece iki eko varken, 10 ekolu Kanal 2'de kayda değer enerjisi olan yaklaşık 3-4 eko vardır. Dolayısı ile benzetimlerde kullanılan 3 parmaklı tırmık alıcı ile 4 ekolu Kanal 1'den gelen eko enerjisinin %99'u toplanabilecekken; 10 ekolu Kanal 2'den gelen eko enerjisinin %75.5'lik kısmı toplanabilecektir. Toplanamayan eko enerjisinin girişim gürültüsüne katkı koyacağı düşünülürse, bu iki kanal ile yapılacak sistem başarımı incelemesinde, kanalın özelliklerine ve toplanamayan eko enerjisinin başarıma etkisine, ışık tutacaktır.

Benzetimlerde kullanılan kullanıcı hareket hızları 3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat ve 300 km/saat şeklindedir. Bu hızlardan ilk ikisi, gerçekçi hareket hızları olup, benzetimde kullanılan bit hızlarındaki hizmetlerin sağlanabilmesini gerektiren hareket hızlarıdır. 100 km/saat ve 300 km/saat'lik hareket hızları ise sadece, çok yüksek hızların başarıma etkisini görmek için kullanılmıştır.

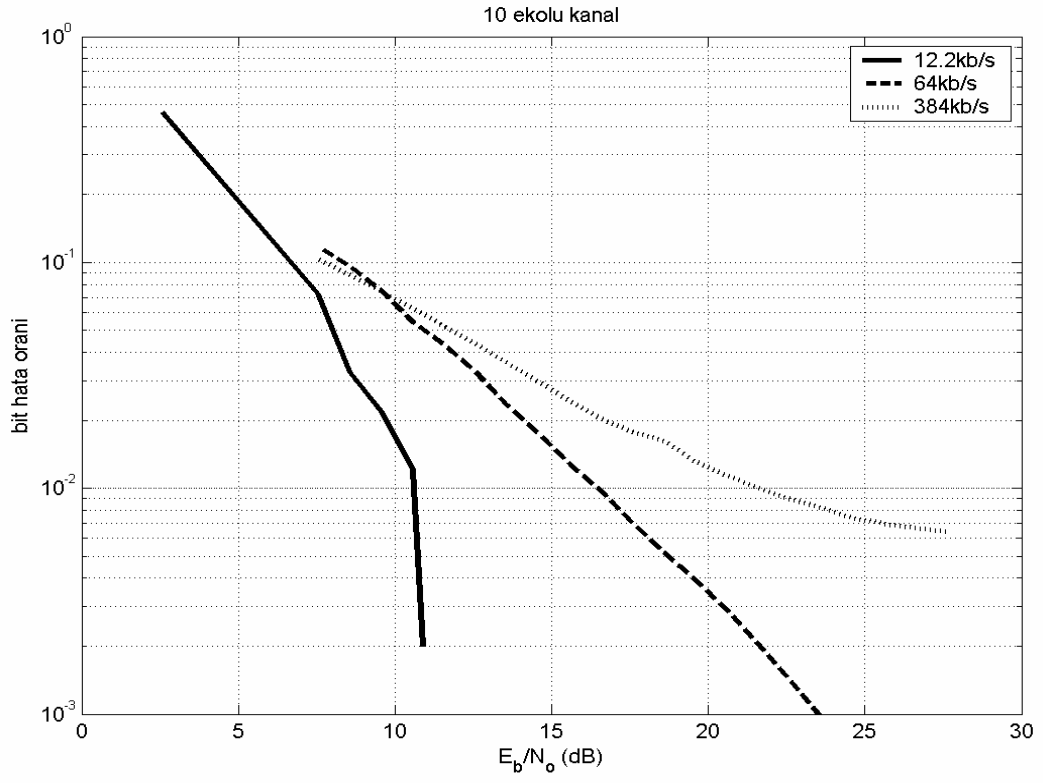
Benzetimler $1 < BHO < 10^{-3}$ veren E_b/N_0 değerleri için gerçekleştirilmiştir. Ancak bazı bit hızları ve hareket hızları için, E_b/N_0 'daki artışa rağmen BHO'da kayda değer bir azalma gözlenemediğinden, daha yüksek E_b/N_0 'lar için benzetim yapılmamıştır.

8. BULGULAR

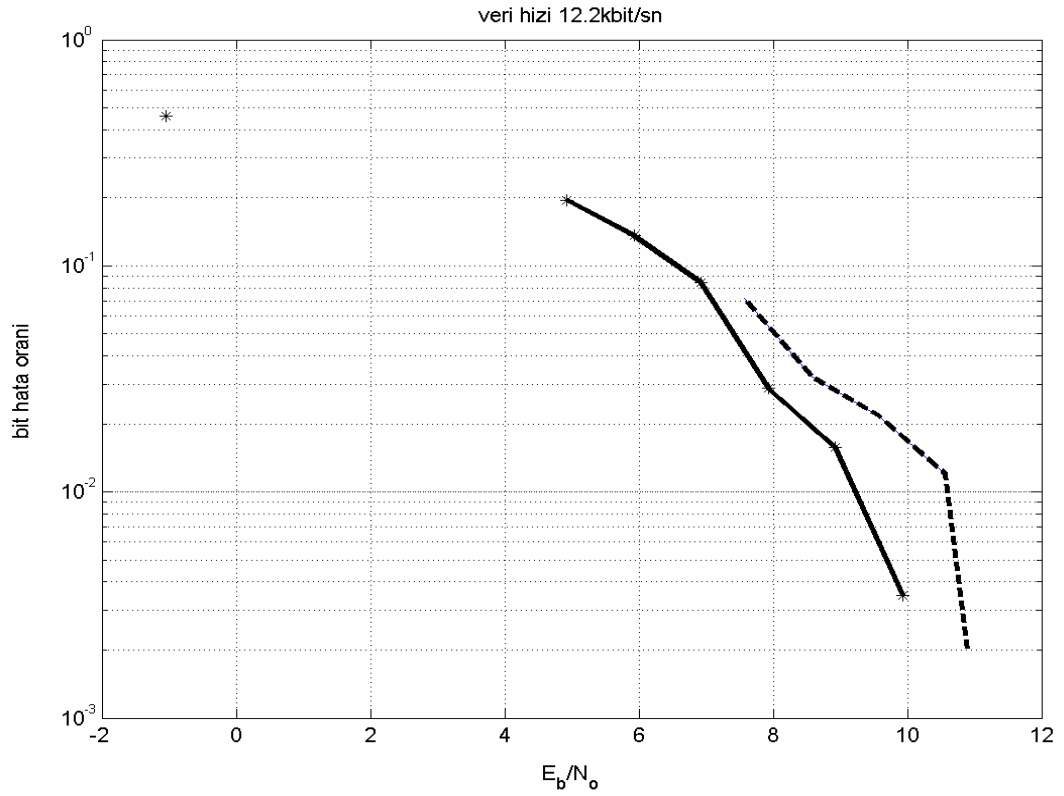
Şekil 8.1 ve Şekil 8.2’de artan veri hızlarında verilen bir E_b/N_0 değeri için daha yüksek bit-hata oranı (BHO) elde edilmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur. Düşük veri hızında (12.2 Kbit/s) her iki kanalın başarımına etkisi benzerdir. Bu durum Şekil 8.3’te gösterilmiştir. Şekil 8.3’te kesikli çizgi ile gösterilen eğri 10 ekolu kanalı, sürekli çizgi ile gösterilen eğri 4 ekolu kanalı temsil etmektedir. Ancak 64 Kbit/s ve 384 Kbit/s hızları için, 10 ekolu kanalın 4 ekolu kanala göre daha düşük BHO değerleri verdiği gözlenmiştir. Şekil 8.4 ve Şekil 8.5’teki eğrilerden açıkça görülebildiği gibi bu durum, tırmık algılamamanın ve güç denetiminin önemini vurgular ve eko çeşitliliğinin, özellikle yüksek bit hızlarında, getireceği kazanıma işaret eder. Özellikle yüksek E_b/N_0 oranları için bu durum geçerlidir. Düşük E_b/N_0 değerleri için 4 ekolu kanal, çok az fark ile iyi sonuç verir.



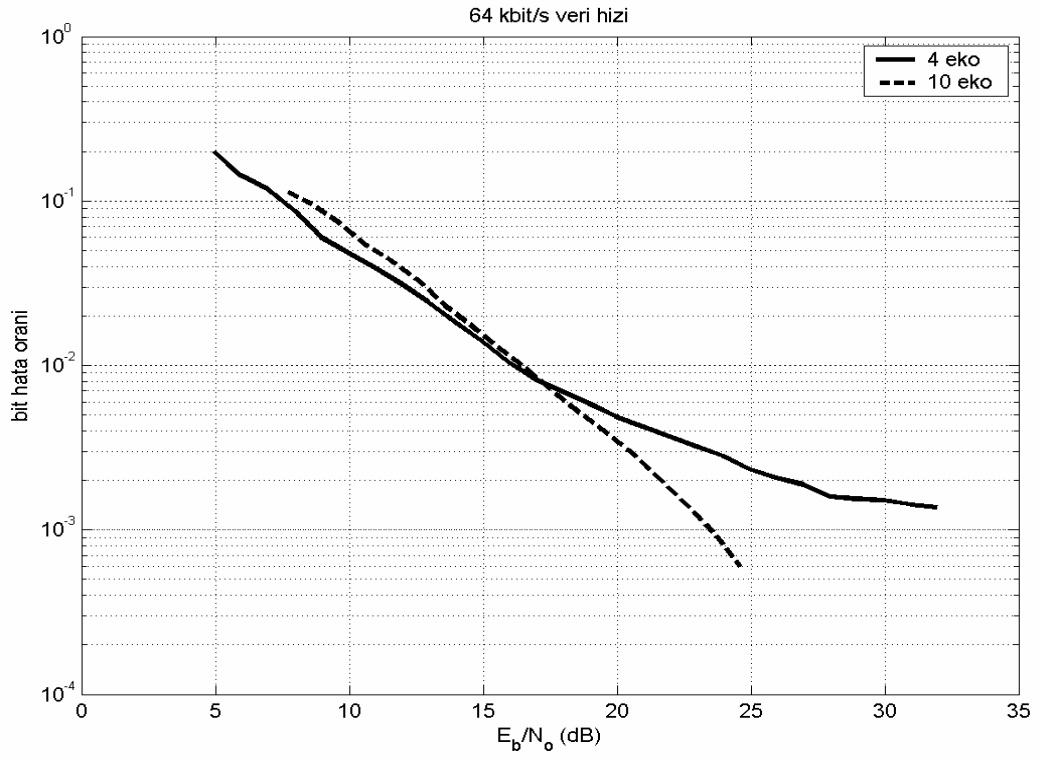
Şekil 8.1: 4 Ekolu Kanalda Değişen Veri Hızları İçin Bit-Hata Oranı (BHO)



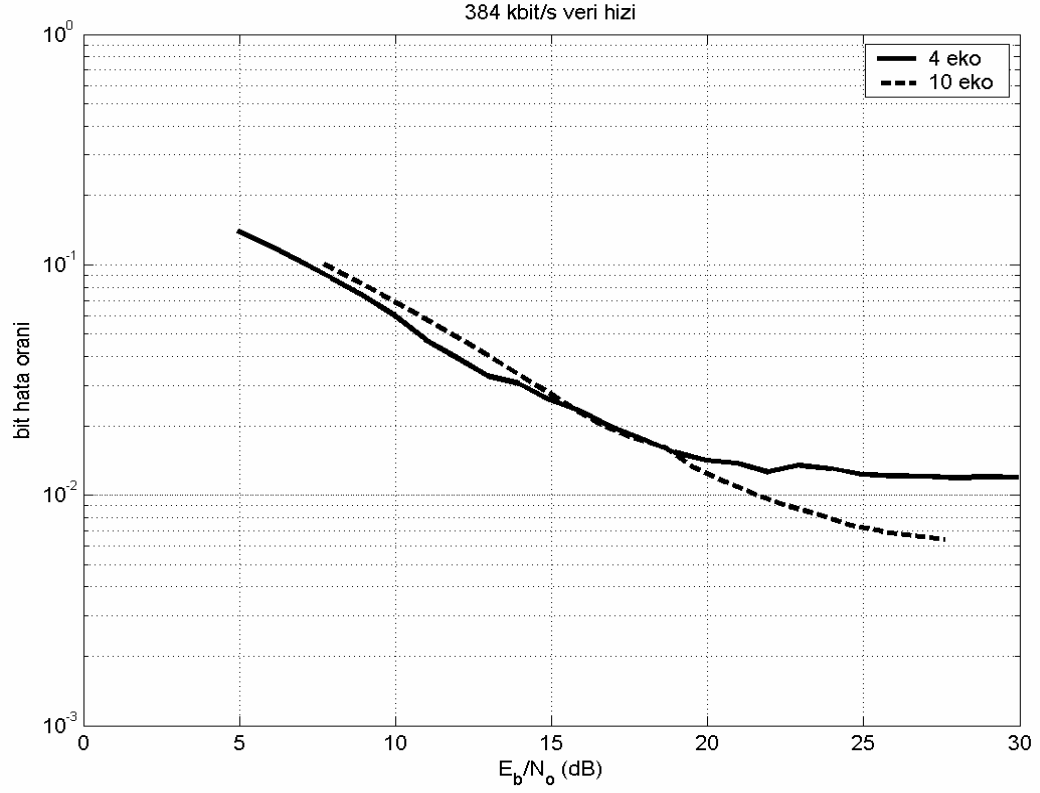
Şekil 8.2: 10 Ekolu Kanalda Değişen Veri Hızları İçin Bit-Hata Oranı (BHO)



Şekil 8.3: 12.2 Kbit/s Veri Hızı İçin 4 Ekolu ve 10 Ekolu Kanalda Başarım

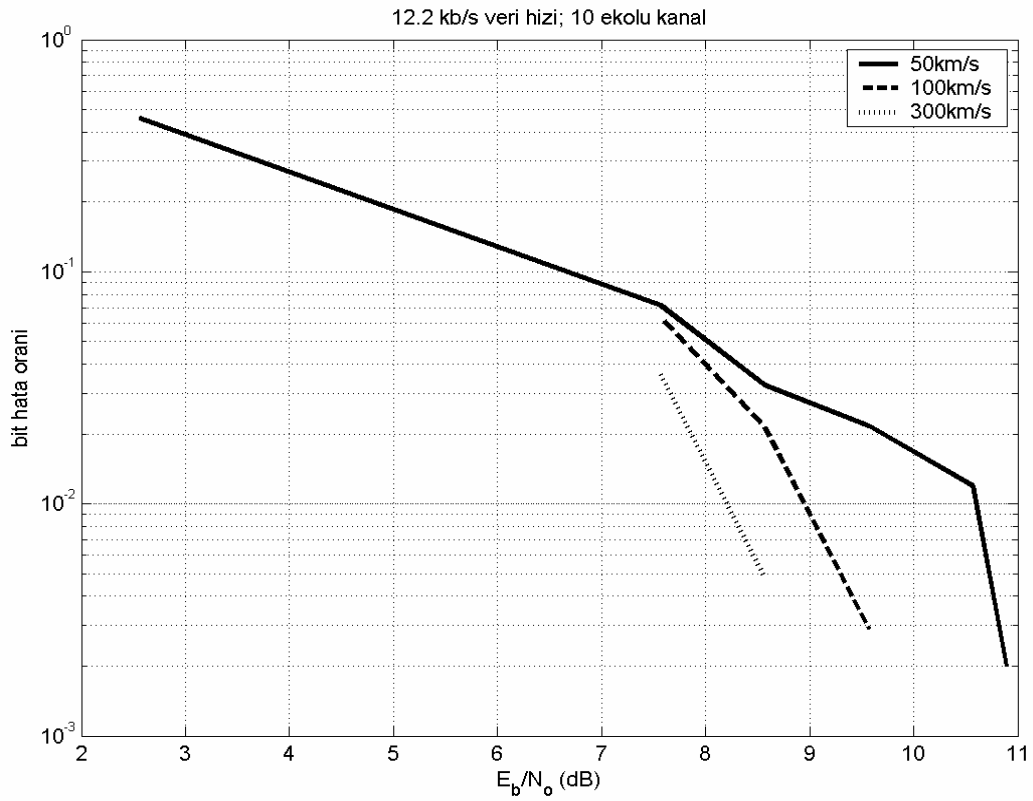


Şekil 8.4: 64 Kbit/s Veri Hızı İçin 4 Ekolu ve 10 Ekolu Kanalda Başarım

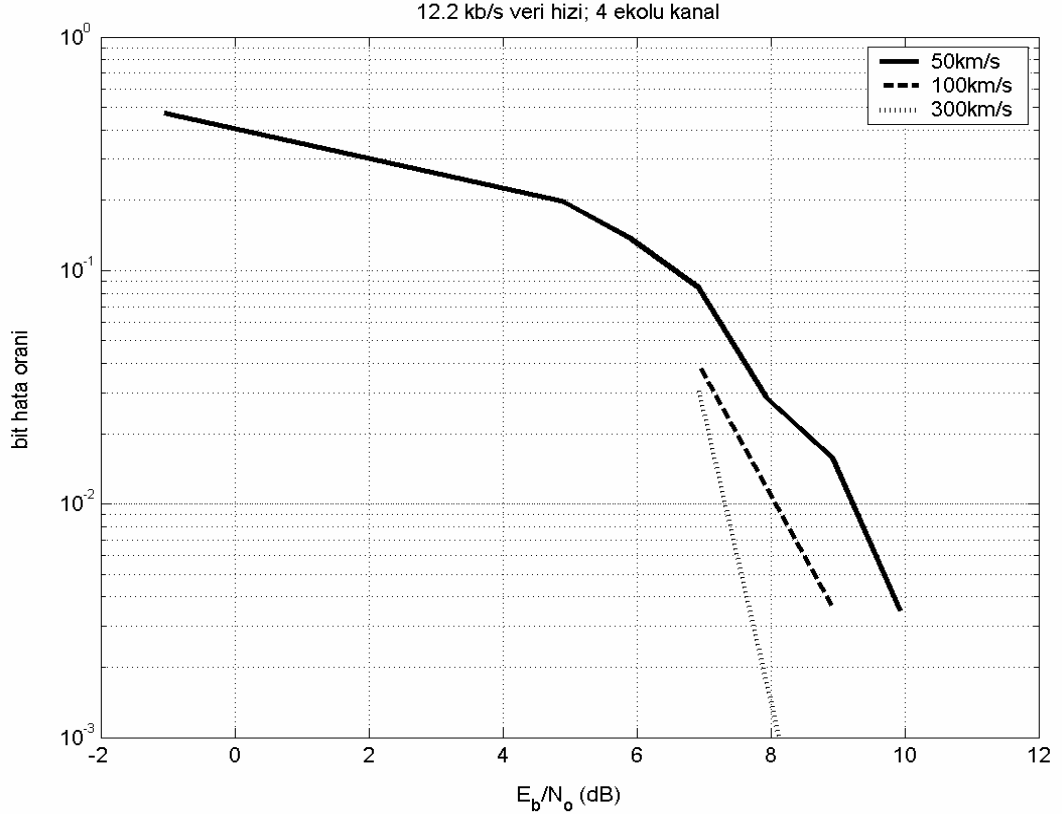


Şekil 8.5: 384 Kbit/s Veri Hızı İçin 4 Ekolu ve 10 Ekolu Kanalda Başarım

Şekil 8.6 incelendiğinde, düşük veri hızlarında hareket hızı başarımlı olumsuz yönde etkilememektedir. Hatta artan hareket hızı için, daha iyi BHO değerleri elde edilmiştir. Bu durum artan hızlarda, harmanlamanın sağladığı bir özellik olan, zaman düzlemindeki çeşitliliğin etkili olduğunu gösterir. Benzer yorumlar Şekil 8.7 içinde geçerlidir.



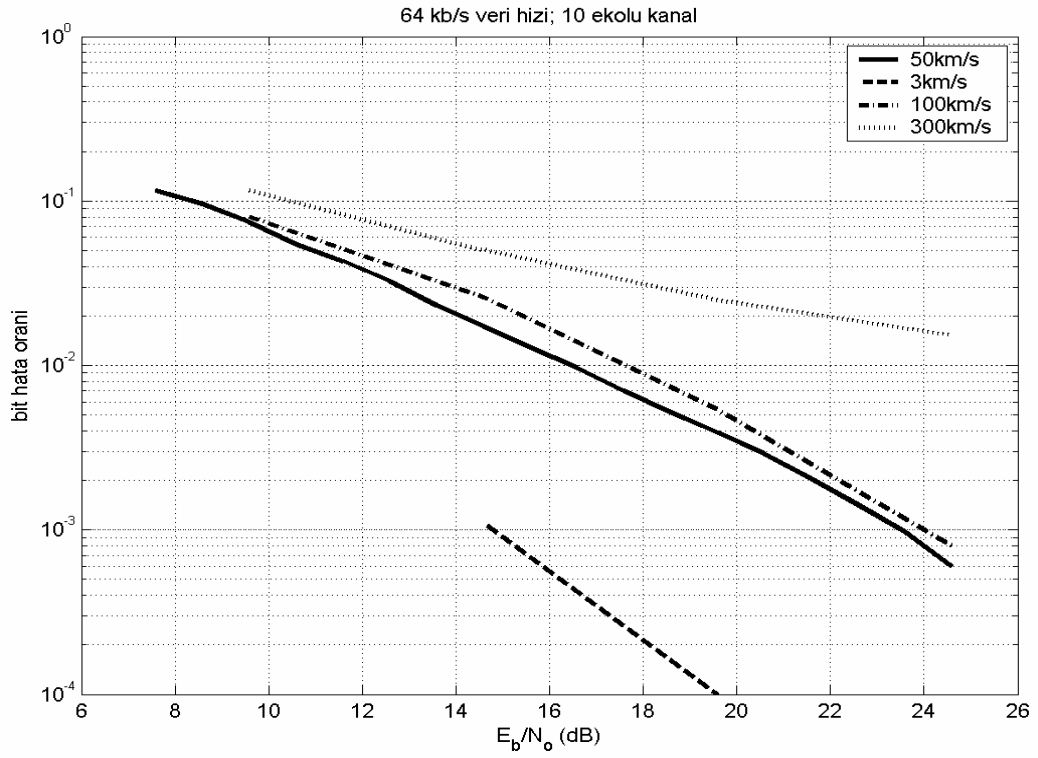
Şekil 8.6: 12.2 Kbit/s Veri Hızı ve 10 Ekolu Kanalda 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri



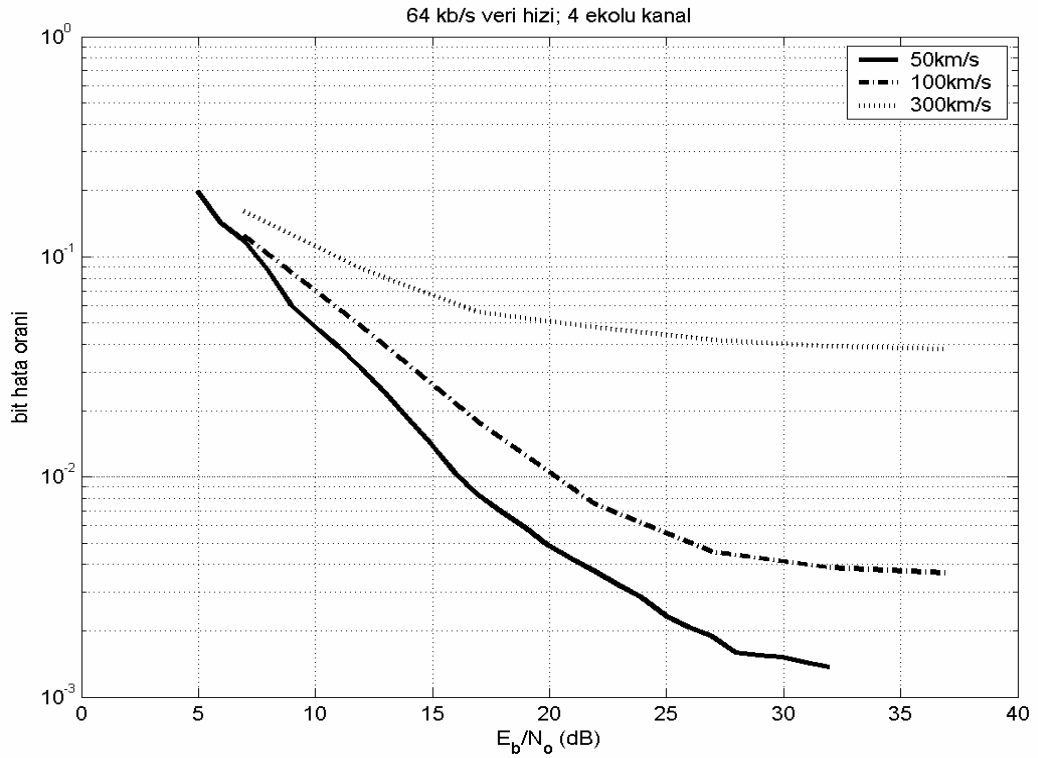
Şekil 8.7: 12.2 Kbit/s Veri Hızı ve 4 Ekolu Kanalda 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri

Şekil 8.8’de 64 Kbit/s bit hızı ve 10 ekolu kanalda, 3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat hızlarındaki BHO eğrilerini göstermektedir. 64 Kbit/s veri hızı için BHO değerleri, 12.2 Kbit/s’dekilerin aksine, artan veri hızı ile kötüleşmiştir. Bu nedenle 64 Kbit/s veri hızı için BHO değerleri, 3 km/saat hareket hızı içinde elde edilmiştir. Şekil 8.8’de görüleceği gibi, 3 km/saat’lik düşük hareket hızlarında kabul edilebilir BHO değerleri bulunurken, hareket hızı arttıkça (özellikle 100 km/saat’den büyük hızlar için) kayda değer bir kötüleşme gözlenmiştir.

Şekil 8.9’da 64 Kbit/s veri hızı ve 4 ekolu kanalda 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat kullanıcı hızlarındaki BHO eğrileri elde edilerek gösterilmiştir. 4 ekolu kanalda 3 km/saat kullanıcı hızı için benzetimler yapılmamıştır.



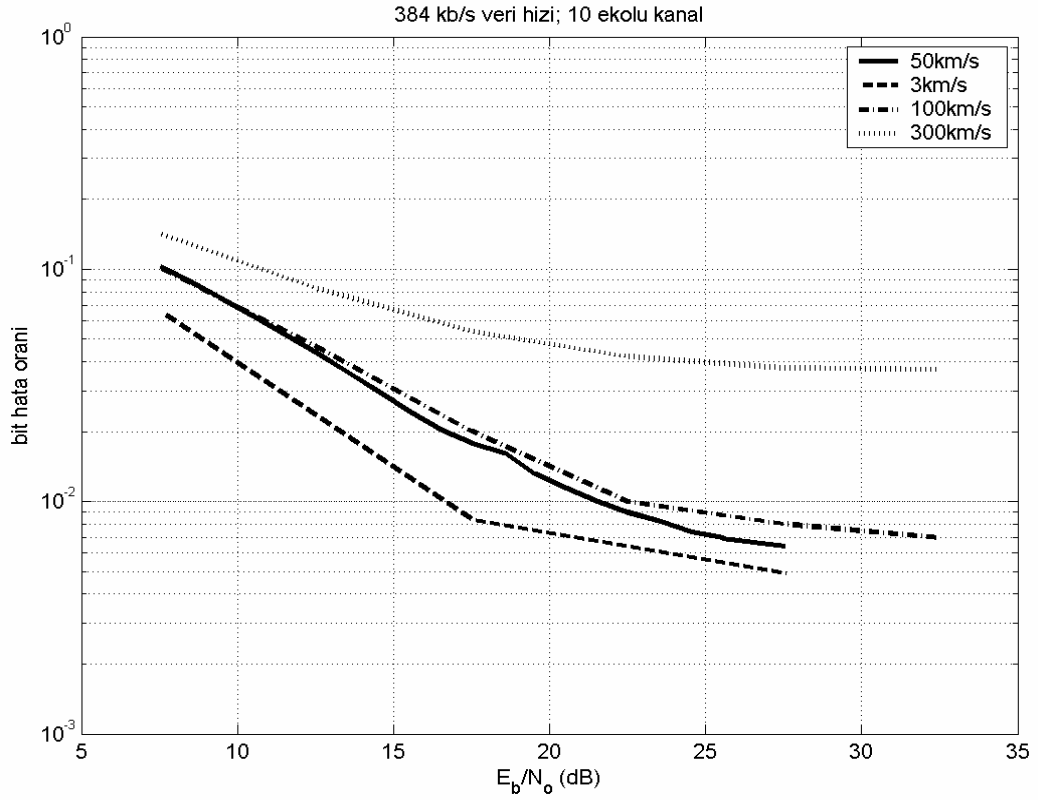
Şekil 8.8: 64 Kbit/s Veri Hızı ve 10 Ekolu Kanalda 3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri



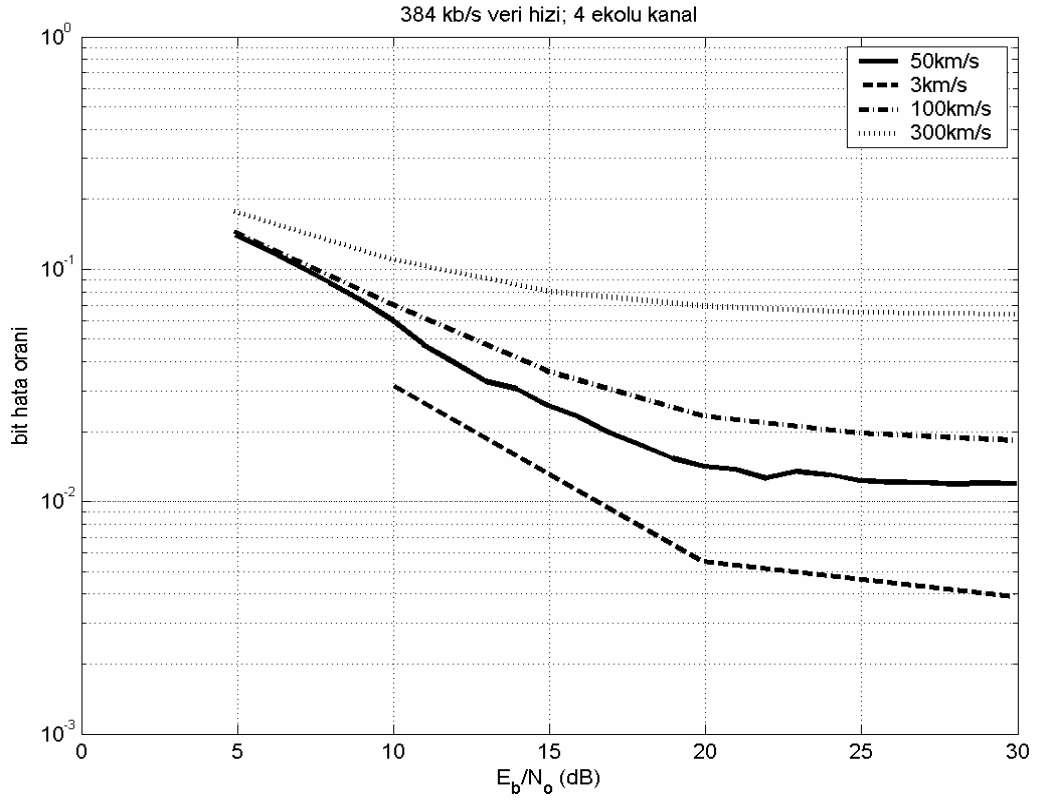
Şekil 8.9: 64 Kbit/s Veri Hızı ve 4 Ekolu Kanalda 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri

Şekil 8.10'da, 384 Kbit/s bit hızı ve 10 ekolu kanalda 3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat kullanıcı hızları için benzetimler yapılmış ve BHO değerlerine karşılık gelen eğri elde edilmiştir. 384 Kbit/s veri hızı için, 3 km/saat gibi düşük hızlarda elde edilen BHO değerleri 10^{-3} den büyüktür. Bu veri hızında, hareketsiz kullanıcılar için benzetim yapılabilir veya yine bu veri hızı için anten dizileri kullanılarak iyileşme elde edilebilir.

Şekil 8.11'de ise 384 Kbit/s bit hızı ve 4 ekolu kanalda 3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat kullanıcı hızları için benzetimler yapılmış ve BHO eğrileri elde edilerek gösterilmiştir.



Şekil 8.10: 384 Kbit/s Veri Hızı ve 10 Ekolu Kanalda 3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri



Şekil 8.11: 384 Kbit/s Veri Hızı ve 4 Ekolu Kanalda 3 km/saat, 50 km/saat, 100 km/saat, 300 km/saat Kullanıcı Hızlarında BHO Eğrileri

9. SONUÇ

Sonuç olarak radyo kanalı saha ölçümlerinden elde edilen eko profilleri ile, 1-4 parmaklı Tırmık alıcı için yapılan kayıp eko gücü istatistiklerinden, 5 MHz'lik iletim bandında, tırmık alıcı için en uygun parmak sayısı belirlenmiştir. Bu amaçla üçüncü nesil sistemler için ayrılmış frekans bantlarında yapılan ölçümlerde, 524 ölçüm yerinde elde edilen eko profillerinden eko istatistikleri yapılarak, tırmık alıcı için en uygun parmak sayısı 3 olarak belirlenmiştir.

Tırmık alıcıların başarımı, kullanıldıkları yerdeki radyo kanalının (ki bu bir çok ekolu kanaldır) özellikleri ile yakından ilgilidir. Bu alıcıların başarımını incelemek için ADS (Advanced Design System) benzetim programı ile, verici ve alıcıda 3GPP Teknik Raporları'nda belirtilen sinyal işlemleri yapılmış ve yine bu raporda verilen radyo kanalı özellikleri kullanılarak bir üçüncü nesil sistem benzetimi gerçekleştirilmiştir. Tırmık alıcının parmak sayısına sınırlama getirilerek, yapılan benzetim sayısında önemli bir azalma sağlanmıştır.

Sistemin başarımını incelemek için yapılan eko istatistikleri ve benzetimlerin sonucunda, şunlar gözlemlenmiştir; düşük bit hızlarında ne ekolu kanalın özelliği, ne de abonenin hareket hızı, başarımı kayda değer ölçüde etkilememiştir. Bunun nedeni şöyle açıklanabilir. Düşük hareket hızlarında hızlı sönümlenmenin etkisi, tırmık algılama ve güç denetimi ile yok edilirken; yüksek hızlarda, harmanlama tekniği etkisini göstermiştir.

64 Kbit/s'lik bit hızlarında düşük hareket hızları için kabul edilebilir BHO değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla yüksek hızlarda, ne güç denetimi, ne de harmanlama tekniği, sonuçları iyileştirmek için yeterli olmuştur. Ancak bu veri hızı için gözlemlenen ilginç sonuç, 10 ekolu kanalda artan E_b/N_0 değerlerinde, daha iyi BHO'ların elde edilmesidir. Bu durum tırmık algılamanın önemini işaret eder. Benzer bir yorum, 384 Kbit/s'lik veri hızı içinde yapılabilir. Ancak bu veri hızında, hareketli abonelerden çok, durağan abonelere hizmet verilebileceği gözlenmiştir.

10. K A Y N A K L A R

- 1.) A.R. Mishra, "Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation 2G/ 2.5G/ 3G...Evolution to 4G", John Wiley & Sons Ltd., 2004.
- 2.) T. Ojanpera, R. Prasad, "Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications", Artech House Publishers, 1998.
- 3.) "ADS 2003C Documentation", www.agilent.com.
- 4.) W.C. Jakes, "Microwave Mobile Communications", IEEE Basımı, 1994.
- 5.) W.L. Stutzman, G.A. Thiele, "Antenna Theorem & Design", John Wiley, 1998.
- 6.) H. Gökalp, "Characterisation of UMTS FDD Channels", University of Manchester Institute of Science and Technology for the degree of Doctor of Philosophy, 2001.
- 7.) H. Gökalp, S. Salous, "Dual frequency sounder for UMTS frequency division duplex channels", IEE Proc. On Commun., Nisan 2002, s. 117-122.
- 8.) 3GPP Technical Specification TS 25.201, "Physical Layer-General Description", 2002.
- 9.) 3GPP Technical Specification TS25.104V6.5.0, "Multi-Path Fading Propagation Condition", 2004-03, s. 61.

EK – A : MATLAB PROGRAMLARI**Eko İstatistikleri İçin Kullanılan MATLAB Programı**

```

load('yucel.mat')
load('zaman.mat')
a=sec9r0;
for x=1:524
b=a(x,:);
c=length(b);
d=b(1:c-1);
e=b(2:c);
f=d-e;
g=sign(f);
h=length(g);
i=g(1:h-1);
j=g(2:h);
k=i-j;
m=find(k== -2)+1;
n=length(m);
b=b(m);

if n==0
p(x,1:10)=-999;s(x,1:10)=-999;pfark(x,1:10)=-999;sfark(x,1:10)=-999;
end

if n<10
for y=1:n
[p(x,y),r]=max(b);
s(x,y)=m(r);
b(r)=-999;
end
pfark(x,1:n)=p(x,1:n)-max(p(x,1:n));
sfark(x,1:n)=abs(s(x,1:n)-s(x,1))*zaman(x); %mikro saniyeli zaman farklari
for y=(n+1):10
p(x,y)=-999;pfark(x,y)=-999;
s(x,y)=-999;sfark(x,y)=-999;
end
end
if n>=10
for y=1:10
[p(x,y),r]=max(b);
s(x,y)=m(r);
b(r)=-999;
end
pfark(x,1:10)=p(x,1:10)-max(p(x,1:10));
sfark(x,1:10)=abs(s(x,1:10)-s(x,1))*zaman(x); %mikro saniyeli zaman farklari
end
clear g k m b
end

% burada s ekoların konumlarını, p ise ekoların güç değerlerini gösteren değişkenlerdir.
% ekoların güç farkları= pfark şeklinde,
% ekoların konum farkları= sfark şeklindedir.

for z=2:10
tr=pfark(:,z);
tt=find(pfark(:,z)==-999);
tr(tt)=[ ];
[xe,ye]=cumdf(-tr);
plot(xe,100*ye,'r')
grid on
hold on
end

```

Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (CDF) İçin Kullanılan MATLAB Programı

```
% function [cdf_x,cdf_y]=cumdf(data)
% kümülatif dağılım fonksiyonu hesaplar

function [cdf_x,cdf_y]=cumdf(data)

tt=find(data==-999);
data(tt)=[]; data=abs(data);

mn=mean(data);
st=std(data);

leng=length(data);
sd=sort(data);
cdf_x=sd(1);
cdf_y=1/leng;
ptr_cdf=1;
ptr_sd=2;

while ptr_sd<=leng,
    if sd(ptr_sd)==cdf_x(ptr_cdf),
        cdf_y(ptr_cdf)=cdf_y(ptr_cdf)+1/leng;
    else
        ptr_cdf=ptr_cdf+1;
        cdf_x(ptr_cdf)=sd(ptr_sd);
        cdf_y(ptr_cdf)=1/leng;
    end;
    ptr_sd=ptr_sd+1;
end

cdf_y=cumsum(cdf_y);
```

12. ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Artvin-Arhavi’de doğdu. İlk öğrenimini Arhavi Aşağı Hacılar İlkokulu’nda, orta öğrenimini Atatürk Orta Okulu’nda, ve lise öğrenimini Arhavi Lisesi’nde tamamladı. 1997 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı. Şubat 2002’de bu bölümden mezun oldu. Ardından yine 2002 yılında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Kasım 2002’de Ondokuz Mayıs Üniversitesi Samsun Meslek Yüksekokulu’nda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı yüksekokulda, Öğretim Görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.