

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK HIZLI AŞAĞI YÖNDE PAKET ERİŞİMİ
TEKNOLOJİSİNİN BENZETİMİ

Elektronik ve Haberleşme Müh. Ahmet İnanç KÖROĞLU

FBE Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Haberleşme Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Soner ÖZGÜNEL

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Neden Sayısal Modülasyon.....	1
1.1.1 Bant Genişliği ve Basitlikten Fedakarlık.....	2
1.1.2 Endüstri Trendleri.....	3
2. BİLGİ AKTARIMINDA I/Q MODÜLASYONUNUN KULLANIMI	4
2.1 Bilgi İletimi.....	4
2.2 Ayarlanabilen İşaret Karakteristikleri.....	5
2.3 Polar Gösteriliş – Büyüklük ve Fazın Birlikte Gösterilişi.....	6
2.4 Polar Formda İşaret Değişimleri veya Modifikasyonları.....	7
2.5 I/Q Formatları.....	8
2.6 Bir Radyo Vericisinde I ve Q.....	9
2.7 Bir Radyo Alıcısında I ve Q.....	10
2.8 Niçin I ve Q kullanılır?.....	11
3. SAYISAL MODÜLASYON TİPLERİ VE BAĞIL VERİMLİLİKLER	11
3.1 Uygulamalar.....	11
3.1.1 Bit Hızı ve Sembol Hızı	12
3.1.2 Spektrum Gereksinimleri.....	13
3.1.3 Sembol Saati.....	14
3.2 Faz Kaydırma Anahtarlama	14
3.2.1 QPSK Modülasyonunda Bit Hata Oranının Hesaplanması.....	15
3.3 Frekans Kaydırma Anahtarlama.....	18
3.4 Minimum Kaydırma Anahtarlama.....	19
3.5 Dik Açılı Genlik Modülasyonu.....	20
3.5.1 QAM Verici Yapısı.....	22
3.5.2 QAM Alıcı Yapısı.....	23
3.5.3 MATLAB Programı Kullanılarak QAM'in Modellenmesi.....	24
3.5.3.1 Rastgele İşaretin Üretilmesi.....	24
3.5.3.2 İşaretin Modüle Edilmeye Hazırlanması.....	25
3.5.3.3 16QAM Kullanılarak İşaretin Modüle Edilmesi.....	26
3.5.3.4 Beyaz Gauss Gürültü Kanalına Eklenmesi.....	27
3.5.3.5 Scatter Plot Fonksiyonunun Yaratılması.....	27

3.5.3.6	16QAM Kullanılarak İşaretin Demodülasyonu.....	28
3.5.3.7	İşaretin İkili İşarete Dönüştürülmesi.....	28
3.5.3.8	Bit Hata Oranının Hesaplanması.....	29
4.	WCDMA (UMTS).....	30
4.1	FDD (Çift Yönlü Faz Bölüşümü) Teknik Özet.....	31
4.2	Evrensel Mobil İletişim Sistemlerine (UMTS) Genel Bir Bakış.....	32
4.2.1	3G Sistemleri.....	32
4.2.2	UMTS Servisleri.....	34
4.2.3	UMTS Mimarisi.....	35
4.2.4	Çekirdek Ağı.....	35
4.2.5	Radyo Erişim.....	36
4.2.6	Kullanıcı Cihazı.....	37
4.3	3G ve LAN Veri Hızları.....	39
4.4	3G Frekansları.....	40
4.5	WRC-2000.....	42
4.6	Temel UMTS Kodları.....	44
4.7	UMTS Zaman Dilimleri.....	45
4.8	Kanal Kodlaması.....	46
4.9	UTRA Kanalları.....	47
5.	HSDPA (Yüksek Hızlı Aşağı Yönde Paket Erişimi).....	49
5.1	HSDPA Tarafından Tanıtılan Değişiklikler.....	50
5.2	HSDPA Çerçeve Yapısı.....	51
5.3	Yeni Kanallar.....	51
5.4	Aşağı Yönde Fiziksel Kanal Yapısı (HS-PDSCH).....	52
5.5	HS-PDSCH için Modülasyon Şemaları.....	54
5.6	Aşağı Yönde İletim Kanal Kodlaması.....	55
5.7	Kanal Kodlaması Örneği.....	57
5.8	Aşağı Yönde Fiziksel Kanal Yapısı (HS-SCCH).....	58
5.9	Aşağı Yönde Fiziksel Kanal Zamanlaması.....	59
5.10	Aşağı Yönde'te CDM ve TDM'in Kullanımı.....	60
5.11	Yukarı Yönde Fiziksel Kanal Yapısı.....	61
5.12	Yukarı Yönde Yayılma ve Karıştırma.....	62
5.13	Yukarı ve Aşağı Yönde Fiziksel Kanalların Radyo Çerçeve Zamanlaması.....	64
5.14	Saydama Karşı Saydam Olmayan Veri Servisleri.....	65
5.15	Uyarlanabilir Modülasyon ve Kodlama (AMC).....	65
5.16	Etkin Kod Hızı ve Nominal Veri Hızı.....	67
5.17	Maksimum Veri Hızı.....	67
5.18	Karma ARQ (HARQ).....	68
5.19	HARQ Yeniden İletim.....	69
5.20	Artan Fazlalığın Kullanımı.....	70

5.21 İç-TTI Aralığı.....	71
5.22 HARQ İşlemleri.....	72
6. MAC MİMARİSİ.....	74
6.1 HS-DSCH Mac Mimarisi – UE Tarafı.....	74
6.2 MAC-d'nin Ayrıntıları.....	76
6.3 MAC-c/sh'in Ayrıntıları – UE Tarafı.....	77
6.4 MAC-hs'nin Ayrıntıları – UE Tarafı.....	77
6.5 HS-DSCH MAC Mimarisi – UTRAN Tarafı.....	79
6.6 MAC-c/sh'in Ayrıntıları – UTRAN Tarafı.....	81
6.7 MAC-hs'nin Ayrıntıları – UTRAN Tarafı.....	82
7. SİSTEM KAPASİTESİ VE PERFORMANS.....	84
7.1 Trafik Modeli.....	84
7.2 Sistem Parametreleri ve Kabüller.....	85
7.3 Veri Hızları ve MCS Seçimi.....	87
7.4 Performans Metrikleri.....	87
7.5 Simülasyon Sonuçları.....	89
8. MATLAB PROGRAMIYLA GERÇEKLEŞTİRİLEN HSDPA SİMÜLASYON PROGRAMI...94	
9. SONUÇ.....	107
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	111

KISALTMA LİSTESİ

3G	Üçüncü Nesil
3GPP	Üçüncü Kuşak Ortaklık Projesi
AAL2	ATP Adaptasyon Katmanı tip 2
ACK	Alındı Bilgisi
AICH	Yakalama Gösterge Kanalı
AM	Genlik Modülasyonu
AMC	Uyarlanılabilen Modülasyon ve Kodlama
AMR	Uyarlanabilir Çoklu Oran
ATM	Asenkron Transfer Kip
AUC	Kaydolma Merkezi
BCCH	Yayın Kontrol Kanalı
BPSK	İkili Faz Kaydırma Anahtarlama
BTS	Temel İletim Sistemi – Baz İstasyonu
CCCH	Ortak Kontrol Kanalı
CD/CA-ICH	Çarpışma Algılaması/ Kanal Ataması Gösterge Kanalı
CDF	Kümülatif Dağılım Fonksiyonu
CDMA	Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim
CN	Çekirdek Ağ
CPCH	Yukarı Yönde Ortak Paket Kanalı
CPICH	Ortak Öncü Kanal
CQI	Kanal Kalite Göstergesi
CRC	Periyodik Fazlalık Kontrolü
CSICH/CPCH	Durum Gösterge Kanalı
CTCH	Ortak Trafik Kanalı
DCCH	Özgül Kontrol Kanalı
DL	Aşağı Yönde
DPCCH	Özgül Fiziksel Kontrol Kanalı
DPCH	Özgül Fiziksel Kanal
DPDCH	Özgül Fiziksel Veri Kanalı
DSCH	Aşağı Yönde Paylaşılmış Kanal
DTCH	Özgül Trafik Kanalı

DVB-C	Sayısal Video Yayın-Kablo
E-GPRS	Gelişmiş Genel Paket Radyo Servisi
EIR	Cihaz Kimlik Kaydı
ETSI	Avrupa İletişim Standartları Enstitüsü
FACH	İleri Erişim Kanalı
FBI	Geribeslemeli Bilgi
FDD	Çift Yönlü Faz Bölüşümü
FM/PM	Frekans/Faz Modülasyonu
FRP	Kesirli Kurtarılan Güç
FSK	Frekans Kaydırma Anahtarlaması
GGSN	GPRS Destek Birimi
GPRS	Genel Paket Radyo Servisi
GSM	Küresel MobilHaberleşme Sistemleri
HAPS	Yüksek Seviyeli Platform İstasyonları
HARQ	Karma Otomatik Yineleme İstemli
HSDPA	Yüksek Hızlı Aşağı Yönde Paket Erişimi
IMEI	Uluslararası Mobil İstasyon Cihazı Kimliği
IMEISV	Uluslararası Mobil İstasyon Cihazı Kimliği ve Yazılım
IMSI	Uluslararası Mobil Abone Kimliği
IMT-2000	Uluslararası Mobil İletişimleri 2000
IR	Artan Fazlalık
ITU	Uluslararası İletişim Birliği
MAC	Ortak Erişim Kontrolü
MCS	Modülasyon ve Kodlama Şeması
MSC	Mobil Servis İşaretleşme Merkezi
MSISDN	Mobil İstasyon ISDN
MSK	Minimum Kaydırma Anahtarlaması
MUX	Çoğullayıcı
NACK	Alınmadı Bilgisi
NTDB	Numara Taşınabilirliği Veritabanı
OTA	Havanın Üstünde
OVSF	Dikgen Değişken Yayılım Faktörü
PCCH	Arama Kontrol Kanalı

PCCPCH	Birincil Ortak Kontrol Fiziksel Kanalı
PCPCH	Fiziksel Ortak Paket Kanalı
PDSCH	Fiziksel Aşağı Yönde Paylaşılmış Kanal
PDU	Protokol Veri Birimi
PICH	Arama Gösterge Kanalı
PLMN	Kamu Alanı Mobil Alanı
PN	Sözde Gürültü
PRACH	Fiziksel Rastgele Erişim Kanalı
P-TMSI	Paket Geçici Mobil Abone Kimliği
QAM	Dik Açık Genlik Modülasyonu
QPSK	Dik Açık Faz Kaydırma Anahtarlama
RNC	Radyo Ağ Kontrolörleri
SCCH	İşaretleşme Kontrol Kanalı
SCCPCH	İkincil Ortak Kontrol Fiziksel Kanalı
SCH	Senkronizasyon Kanalı
SMS	Kısa Mesajlaşma Servisi
TCP	İletim Güç Kontrolü
TDD	Çift Yönlü Zaman Bölüşümü
TDMA	Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim
TFCI	İletim Formatı Kombinasyon Göstergisi
TLLI	Geçici Uygun Bağ Kimliği
TMSI	Geçici Mobil Abone Kimliği
TTI	İletişim Zaman Aralığı
UARFCN	UTRA Mutlak Radyo Frekansı Kanal Sayısı
UE	Kullanıcı Cihazı
UL	Yukarı Yönde
UMTS	Evrensel Mobil İletişim Sistemleri
USIM	Kullanıcı Servis Kimlik Modülü
UTRAN	UMTS Radyo İletişim Ağı
VHE	Sanal Ev Ortamı
VLR	Ziyaretçi Yer Kaydı
W-CDMA	Genişbantlı Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Temel bir Seçim.....	2
Şekil 1.2	Endüstrideki Trendler.....	3
Şekil 2.1	Bilgi İletimi...(analog ya da sayısal).....	4
Şekil 2.2	Ayarlanılabilen İşaret Karakteristikleri.....	5
Şekil 2.3	Polar Gösteriliş – Büyüklük ve Fazın Birlikte Gösterilişi.....	6
Şekil 2.4	İşaret Değişimleri veya Modifikasyonları.....	7
Şekil 2.5	<i>I-Q</i> Formatı.....	8
Şekil 2.6	Pratik Bir Radyo Vericisinde <i>I</i> ve <i>Q</i>	9
Şekil 2.7	Bir Radyo Alıcısında <i>I</i> ve <i>Q</i>	10
Şekil 3.1	Bit Hızı ve Sembol Hızı.....	12
Şekil 3.2	Spektrum Gereksinimleri.....	13
Şekil 3.3	Faz Kaydırma Anahtarlama.....	14
Şekil 3.4	QPSK Verici Yapısı.....	17
Şekil 3.5	QPSK Alıcı Yapısı.....	17
Şekil 3.6	Frekans Kaydırma Anahtarı.....	18
Şekil 3.7	Dik Açılı Genlik Modülasyonu.....	20
Şekil 3.8	QAM Vericisinin Yapısı.....	22
Şekil 3.9	QAM Alıcısının Yapısı.....	23
Şekil 3.10	Rastgele Bitler.....	25
Şekil 3.11	Rastgele Semboller.....	26
Şekil 3.12	Alınan İşaret.....	28

Şekil 4.1	UMTS Ağının Yerleşim Örneği.....	38
Şekil 4.2	Mobil Sistemlerin (üst) ve LAN'ların (alt) Veri Hızları.....	39
Şekil 4.3	WARC-92 IMT-2000 Frekansları.....	41
Şekil 4.4	WRC-2000 IMT-2000 Frekansları.....	42
Şekil 4.5	DPCH Zaman Dilimi Yapısı.....	45
Şekil 4.6	UL 64 kbps Kanalı için Kanal Kodlama Örneği.....	46
Şekil 4.7	UTRA Kanalları.....	48
Şekil 5.1	10 ms'lik W-CDMA Çerçevesinde Beş HSDPA Alt Çerçeve Vardır.....	50
Şekil 5.2	HS-PDSCH'nin (Ref:3GPP TS 25.211 5.3.3.13) Yapısı.....	52
Şekil 5.3	IQ Takımı, Sembol Bit Denkliğini Gösterir (Ref:3 GPP TS 25.213.5.1).....	53
Şekil 5.4	16 QAM (solda) ve QPSK (sağda) Kiplenmiş İşaretleri için Kod Tanım Bölgesi Gösterimleri.....	54
Şekil 5.5	Aşağı Yönde İletim Kanalı Kodlama Süreci.....	55
Şekil 5.6	Kanal Kodlama Örneği (REF:3GPP TS 25.101 A.7.1.4).....	56
Şekil 5.7	HS-SCCH'nin Yapısı (Ref: 3GPP TS 25.212 4.6).....	57
Şekil 5.8	Aşağı Yönde Fiziksel Kanalların Zamanlaması (Ref: 3GPP TS 25.211 7.8).....	58
Şekil 5.9	Aşağı Yönde Kod ve Zaman Çoğullaması.....	59
Şekil 5.10	HS-DPCCH'nin Yapısı (Ref: 3GPP TS 25.211 5.2.1).....	60
Şekil 5.11	HS-DPCCH için I ve Q toplamaları (Ref.3GPP 25.213 4.2.1).....	61
Şekil 5.12	Aşağı ve Yukarı Yönde Fiziksel Kanalların Zamanlaması (Ref: 3GPP TS 25.211 7.7 ve 7.8).....	63
Şekil 5.13	15HS-PDSCHs 'nin Kod Tanım Bölgesi Gösterilişi (üst) ve Tek Bir HS-PDSCH'nin 16 QAM Takım Gösterilişi (alt).....	67
Şekil 5.14	HARQ Yeniden-İletim Kararları Almak için Bağ-Tabakası Alındılarını Kullanır.....	68
Şekil 5.15	HARQ Yeniden İletim İçin Artan Fazlalığın Kullanımı.....	69

Şekil 5.16	İç-TTI Aralığı UE İletimleri Arasındaki Altçerçevelerin Sayısıdır.....	70
Şekil 5.17	Bağımsız HARQ İşlemleri Paralel Olarak Koşulabilir.....	71
Şekil 5.18	İşlem Hacmi, TTI Aralığı Azaltılarak Arttırılabilir.....	72
Şekil 6.1	HS-DSCH ile UE Taraflı MAC Mimarisi.....	74
Şekil 6.2	MAC-d Mimarisi.....	75
Şekil 6.3	UE’de Birlikte Çalışan MAC-hs’leri Gösteren Basitleştirilmiş Mimari.....	76
Şekil 6.4	UE Taraflı MAC Mimarisi/MAC-hs Ayrıntıları.....	77
Şekil 6.5	UTRAN Tarafında Genel MAC Mimarisi.....	78
Şekil 6.6	MAC Çoğullamasının UTRAN Taraflı.....	79
Şekil 6.7	UTRAN Taraflı MAC Mimarisi/MAC-c/sh Ayrıntıları.....	80
Şekil 6.8	UTRAN Taraflı MAC Mimarisi/MAC-hs Ayrıntıları.....	82
Şekil 7.1	Farklı HARQ Şemaları için Paket Çağrı İşlem Hacimli CDF’lerinin Karşılaştırılması.....	89
Şekil 7.2	Farklı HARQ Şemaları için Paket Çağrı İşlem Hacimli CDF’lerin Karşılaştırılması.....	90
Şekil 7.3	Farklı HARQ Şemaları için Paket Çağrı İşlem Hacimli CDF’lerin Karşılaştırılması.....	91

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1	Kablosuz Haberleşme ve Videolardaki Farklı Modülasyon Formatlarına İlişkin Uygulamalar.....	11
Çizelge 5.1	HS-DPCCH Kanal Açma Kodu (Ref: 3GPP TS 25.213 4.3.1.2).....	62
Çizelge 5.2	1'den 6'ya UE Kategorileri için CQI Çizelgesinden Kodlama Parametreleri (Ref: 3GPP TS 25.214 6A.2).....	65
Çizelge 5.3	Kullanıcı Cihazı Kategorileri (Ref: 3GPP TS 25.306 4.5.3).....	73
Çizelge 7.1	Sistem Simülasyonları için Kullanılan Trafik Modeli.....	84
Çizelge 7.2	Temel Sistem Düzey Simülasyon Varsayımları.....	85
Çizelge 7.3	Veri Hızı ve MCS Çizelgesi.....	87
Çizelge 7.4	Farklı HARQ Seçenekleri için Ortalama İşlem Hacmi metrikleri.....	89
Çizelge 7.5	Farklı HARQ Seçenekleri için Ortalama İşlem Hacim Metrikleri.....	90
Çizelge 7.6	Ortalama İşlem Hacimlerinin Üç Programcıyla Karşılaştırılması.....	91

ÖNSÖZ

Çalışmam boyunca bana desteğini, rehberliğini ve teşviğini esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Soner ÖZGÜNEL’e çok teşekkür etmek isterim. Kendisinin beni son derece doğru yönlendirmesi ve hiçbir konuda yardımını esirgememesi bu tezi hazırlamamda bana son derece yardımcı olmuştur.

Bana her zaman gösterdikleri sonsuz sevgi ve desteklerinden dolayı ve beni hiçbir zaman yalnız bırakmadıklarından her zaman yanımda hissettiğim sevgili annem ve babam Nilüfer Köroğlu ve Haluk Köroğlu’na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca nişanlım Canan Akdağ’a da daima yanımda olduğu için, bana her zaman verdiği sevgi ve destekten dolayı çok teşekkür ederim.

ÖZET

W-CDMA sistemlerine yapılan en önemli ilavelerden biri yüksek hızlı aşağı yönde paket erişiminin (HSDPA) sisteme eklenmesidir. Bu yeni teknolojinin standardizasyonuna, 2002 yılında W-CDMA Sürüm 5'te başlandı. HSDPA, günümüzde kullanılan diğer yüksek veri hızlı kablosuz teknolojilere oranla sistemi daha rekabet edebilecek şekilde aşağı yönde tepe veri hızını ve paket veri etkinliğini artırır.

HSDPA (Yüksek Hızlı Aşağı Yönde Paket Erişimi) tıpkı EDGE'nin GSM için yaptığı gibi, WCDMA için de benzer bir başlangıcı temsil etmektedir. Arabirim kapasitesinde iki kat artış, veri hızlarında aşağı yönde yönünde beş kat artış sağlar. HSDPA ayrıca şebeke ve terminal arasındaki seyahat süresini kısaltarak, aşağı yönde transmisyon gecikme sürelerini azaltır.

Bu tez, yeni bağ uyarlama teknikleri ve fiziksel kanalların, modülasyonların ve kodlamaların yapısındaki modifikasyonları da içine alacak şekilde HSDPA'nın W-CDMA fiziksel ve iletim katmanlarına kattığı temel değişimleri kapsar.

Tezin birinci bölümünde sayısal modülasyonun kullanım amacı ve gerekliliğinden bahsedilmektedir.

İkinci bölümde bilgi iletiminde I/Q modülasyonunun kullanımı, polar gösteriliş, I/Q formatları ve I/Q'nun kullanım amacı incelenmektedir.

Üçüncü bölümde sayısal modülasyon tipleri, bit hızı ve sembol hızı kavramları açıklanmış ve 16QAM modülasyonunun MATLAB programında modellenmesi yapılmaktadır.

Dördüncü bölümde UMTS sistemi, UMTS servisleri, UMTS mimarisi, 3G frekansları, temel UMTS kodları, UMTS zaman dilimleri, kanal kodlaması ve UTRA kanalları çok geniş bir şekilde tanıtılmaktadır.

Beşinci bölümde HSDPA yapısı, HSDPA kanalları, HSDPA kanal kodlaması, maksimum veri hızı, HARQ, artan fazlalığın kullanımı, iç-TTI aralığı ve HARQ işlemleri incelenmektedir.

Altıncı bölümde MAC mimarisi tanıtılmaktadır.

Yedinci bölümde HSDPA sisteminin kapasitesi ve performansı örneklerle gösterilmektedir.

Sekizinci bölümde ise bir HSDPA süreci tüm parametreler kullanılarak MATLAB programında gerçekleştirilmekte ve birçok kombinasyonlar kullanılarak farklı giriş parametreleriyle farklı sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca bu sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak çeşitli yorumlamalar yapılmaktadır.

Dokuzuncu bölümde ise sekizinci bölümde elde edilen sonuçlar ve ulaşılan hızlar yorumlanmakta ve sonuç olarak HSDPA sisteminin sağladığı avantajlardan bahsedilmektedir.

ABSTRACT

One of the most significant additions to the W-CDMA specifications is the incorporation of high speed downlink packet access (HSDPA). Standardization of this new technology began in 2002 in W-CDMA Release 5. HSDPA increases downlink peak data rates and packet data efficiency, making the system more competitive with other high data rate wireless technologies in use today.

This thesis tells the major changes that HSDPA introduces in the W-CDMA physical and transport layers, including new link adaptation techniques and modifications to the structure of the physical channels, modulation, and coding.

In the first chapter; the importance and purpose of digital communication was explained.

In the second chapter; I/Q modulation, polar diagrams, I/Q formats and the purpose of I/Q usage were described.

In the third chapter; digital modulation types, bit rate and symbol rate were explained and 16QAM modulation was modelled in MATLAB programming language.

In the fourth chapter; UMTS system, UMTS services, UMTS architecture, 3G frequencies, basic UMTS codes, UMTS time divisions, channel coding and UTRA channels were analyzed in detailed.

In the fifth chapter, HSDPA structure, HSDPA channels, HSDPA channel coding, maximum data rate, HARQ, usage of incremental redundancy, internal TTI and HARQ processes were analyzed.

In the sixth chapter; MAC architecture was described.

In the seventh chapter; HSDPA system capacity and performance were investigated with some examples.

In the eight chapter; an HSDPA process was modelled and simulated in MATLAB. All configurations were tested and results were compared among each others.

In the ninth chapter; the results of this simulation were analyzed with comments and advantages of a HSDPA system were explained.

1. GİRİŞ

1.1 Neden Sayısal Modülasyon

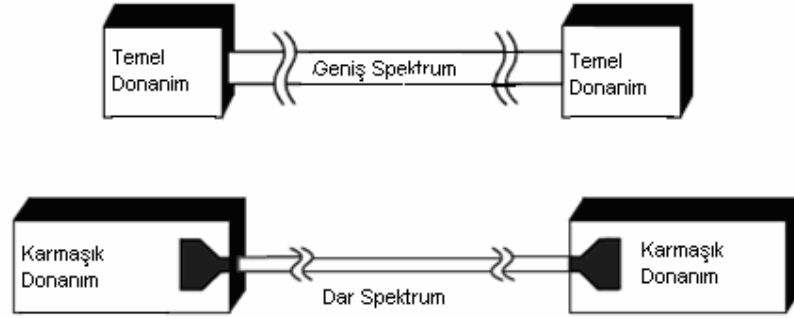
Sayısal modülasyona geçiş daha fazla bilgi kapasitesi, sayısal veri servisleriyle uyum, daha yüksek veri güvenliği, daha kaliteli haberleşme ve daha hızlı sistem olanakları sağlar. Haberleşme sistem geliştiricileri şu sınırlamalarla karşı karşıyadır:

- Kullanılabilir bant genişliği
- İzin verilebilen güç
- Sistemin iç gürültü düzeyi

RF spektrumu paylaşılacak durumundadır, ancak haberleşme sistemlerine olan talebin artışına bağlı olarak her geçen gün kullanıcı sayısı artmaktadır. Sayısal modülasyon şemaları, analog modülasyon şemalarından daha büyük miktarda bilgi taşıyabilme kapasitesine sahiptirler.

1.1.1 Bant Genişliği ve Basitlikten Fedakârlık

Haberleşme sistemlerinde çok temel bir seçim vardır. Bilgi geçirmek için verici ve alıcılarda basit bir donanım kullanılabilir. Ancak bu durumda çok fazla bant kullanılacaktır ki bu da kullanıcıların sayısının kısıtlanmasına sebep olur. Buna karşın alternatif olarak, daha kompleks verici ve alıcılar aynı bilginin daha az bant genişliği üzerinden taşınmasında kullanılabilir. Bu ise çok daha kompleks bir donanım ihtiyacını doğurur. Kompleks donanımları tasarlamak, test etmek ve inşa etmek oldukça güçtür. Bu seçim, iletişimin kablosuz ya da hat üzerinden mi yoksa analog ya da sayısal mı kurulacağı noktasında mevcuttur.

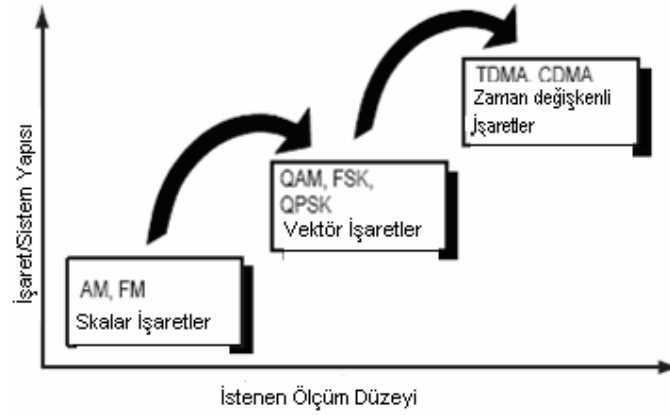


Şekil 1.1 Temel bir seçim
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

1.1.2 Endüstri Trendleri

Son birkaç yılda basit analog Genlik Modülasyonu (AM) ve Frekans/Faz Modülasyonundan (FM/PM) yeni sayısal modülasyon tekniklerine temel bir geçiş olmuştur. Sayısal modülasyon örnekleri aşağıdakileri içerir:

- QPSK (Dik Açılı Faz Kaydırma Anahtarlama)
- FSK (Frekans Kaydırma Anahtarlama)
- MSK (Minimum Kaydırma Anahtarlama)
- QAM (Dik Açılı Genlik Modülasyonu)



Şekil 1.2 Endüstrideki trendler
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

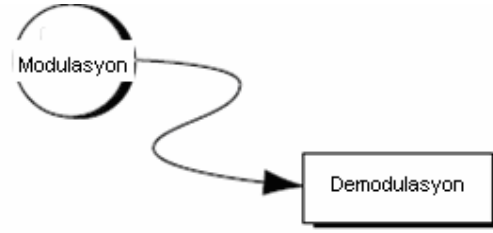
Yeni birçok sistemdeki karmaşıklığın bir başka boyutu da çoğullamadır. İki temel çoğullama çeşidi (ya da “çoklu erişim”) TDMA (Zaman Bölüşümlü Çoklu Erişim) ve CDMA (Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim)dir. Bu iki farklı yöntem, değişik işaretlerin birbirinden ayrılmasını sağlarken işaretlere çeşitlilik de kazandırır.

2 BİLGİ AKTARIMINDA I/Q MODÜLASYONUNUN KULLANIMI

2.1 Bilgi İletimi

Kablosuz bilgi iletiminde üç temel aşama vardır:

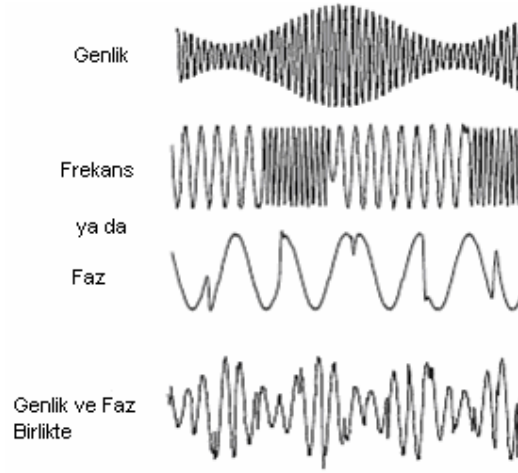
1. Vericide saf bir taşıyıcı yaratılır.
2. Alıcı taşınacak bilgi ile ayarlanır. İşaret karakteristiğinde saptanan güvenilir herhangi bir değişiklik bilgi taşıyabilir.
3. Alıcıda işaret değişiklikleri bulunur ve çözülür.



Şekil 2.1 Bilgi iletimi...(analog ya da sayısal)
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

2.2 Ayarlanabilen İşaret Karakteristikleri

Bir işaretin zaman içerisinde değiştirilebilen sadece üç karakteristiği vardır: Genlik, Faz ve Frekans. Ancak faz ve frekans, aynı işaret değişikliğini gözlemlemek ve ölçmek için kullanılan farklı yollardır.



Şekil 2.2 Ayarlanabilen işaret karakteristikleri
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

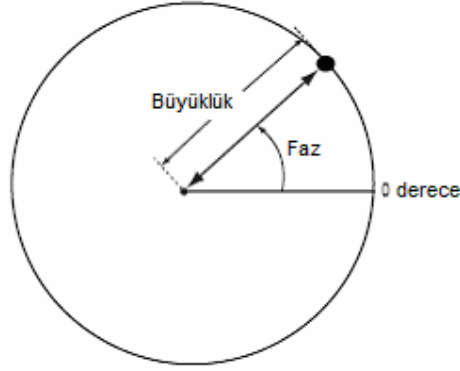
Genlik modülasyonunda, yüksek frekansta bir alıcı işaretin genliği, değişen mesaj işaretinin anlık genliğine göre değiştirilir.

Frekans Modülasyonu (FM), mobil haberleşme sistemlerinde kullanılan en yaygın analog modülasyon tekniğidir. FM’de, frekans değiştirilirken taşıyıcının genliği sabit tutulur.

Genlik ve faz eş zamanlı ve ayrı ayrı ayarlanabilirler, ancak bunu oluşturmak ve özellikle de bulguları saptamak güçtür. Yerine, daha pratik sistemlerde, işaret başka bir bileşenler grubuna bölünür: I (Eş-Evrelili) ve Q (Tümler). Bu bileşenler dikeydir ve birbirleriyle kesişmezler.

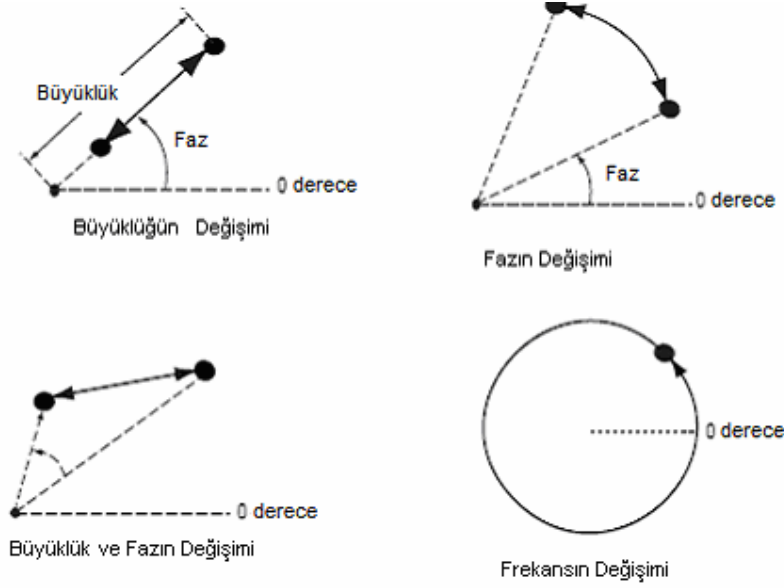
2.3 Polar Gösteriliş - Büyüklük ve Fazın Birlikte Gösterilişi

Büyüklük ve faz basit bir şekilde polar diyagram ile incelenebilir. Taşıyıcı, bir frekans ve faz referansı olur ve işaret taşıyıcıya göre açıklanır. İşaret, polar şekilde büyüklük ve faz olarak ifade edilebilir. Birçok haberleşme sistemlerinde faz referans işaretine, taşıyıcıya göre konumlanır. Büyüklük mutlak veya bağıl bir değerdir. Sayısal haberleşme sistemlerinde her ikisi de kullanılır. Her ne kadar işaret vektörünü I (Eş-Evreli) ve Q (Tümlev)’nun dik koordinatlarıyla tanımlamak yaygın ise de polar diyagramlar sayısal iletişimlerde kullanılan birçok gösterilişin temelidir.



Şekil 2.3 Polar gösteriliş – büyüklük ve fazın birlikte gösterilişi
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

Şekil 2.4, polar formda modülasyonun farklı şekillerini göstermektedir. Büyüklük, merkezden olan uzaklık ve faz, açı olarak gösterilir.

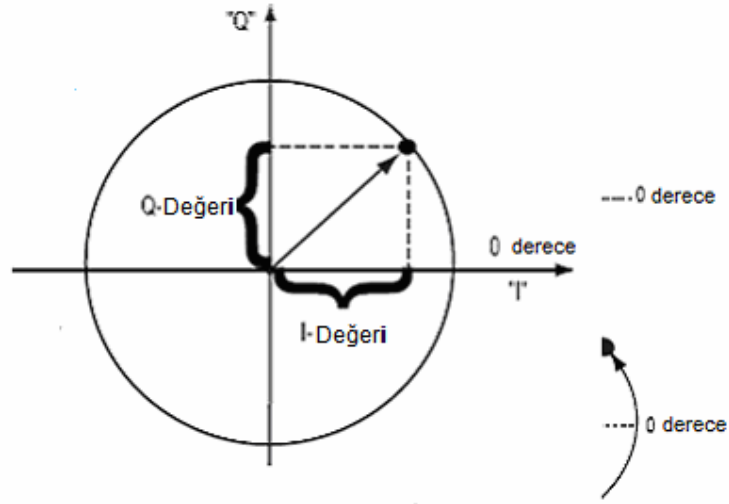


Şekil 2.4 İşaret değişimleri veya modifikasyonları
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

Genlik Modülasyonu (AM) sadece işaretin genini değiştirir. Faz Modülasyonu (FM) sadece işaretin fazını değiştirir. Genlik ve faz modülasyonu birlikte kullanılabilir. Frekans modülasyonu faz modülasyonuna benzerlik gösterse de frekans bağıl fazdan ziyade kontrol parametresidir. RF tasarımındaki zorluklarının bir örneği basit genlik modülasyonu ile gösterilebilir. Açısal modülasyonla ilgisiz yaratılan bir AM, polar gösterilişte düz bir çizgi olarak görünür. Bu çizgi başlangıçtan en büyük yarıçapa veya büyüklük değerine doğru uzanır. Bununla birlikte pratikte bu çizgi doğrusal değildir. Genlik modülasyonun kendisi sık sık küçük miktarda istenmeyen faz modülasyonuna sebep olabilir. Sonuç eğrilmiş bir çizgidir. Eğer sistem aktarım işlevinde herhangi bir histerez varsa bu bir döngüde olabilir. Bu tip bir miktar bozulma modülasyonun genlik değişimlerine sebep olduğu herhangi bir sistemde kaçınılmazdır. Bu nedenle, bir sistemdeki etkin genlik modülasyonun derecesi bazı bozunum parametrelerini etkileyecektir.

2.4 I/Q Formatları

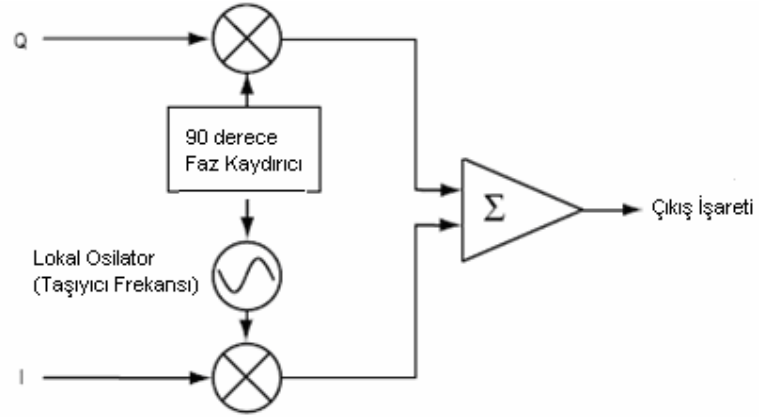
Sayısal haberleşmelerde modülasyon genellikle büyük I ve büyük Q vasıtasıyla ifade edilir. Bu polar diyagramının bir dikdörtgen biçiminde gösterilişidir. Bir polar diyagramda I eksenini sıfır derecede faz dayanağı üzerinde uzanır ve Q eksenini 90 derece döndürülür. İşaret vektörünün I eksenini üzerindeki izdüşümü " I " bileşeni ve Q eksenini üzerindeki izdüşümü " Q " bileşenidir.



Şekil 2.5 I-Q formatı
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

2.6. Bir Radyo Vericisinde I ve Q

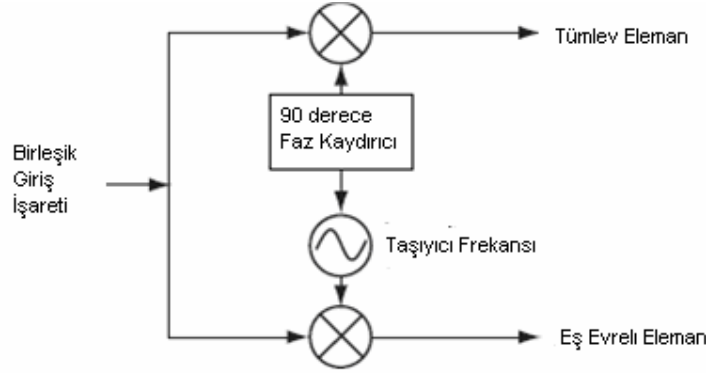
I/Q diyagramları, bir I/Q modülatörü kullanılarak yaratılmış birçok sayısal haberleşme işaretlerini yansıtmaları sebebiyle özellikle faydalıdır. Vericilerde I ve Q işaretleri aynı yerel osilatör(LO) ile karıştırılır. LO yollarının birine bir 90 derece faz kaydırıcısı yerleştirilir. 90 derece saptırılmış işaretler birbirine dikgen veya dik açı olarak da bilinir. Dik açı işaretler birbirleriyle girişim yapmazlar. Bunlar işaretin iki bağımsız bileşenleridir. Yeniden birleştiklerinde bileşik bir çıkış işareti oluştururlar. I ve Q da basit devrelerle gönderilip alınabilen iki bağımsız işaret vardır. Bu sayısal radyoların tasarımını basitleştirir. I/Q modülasyonun sağladığı en büyük avantaj bağımsız işaret bileşenlerini tek bir bileşik işarete dönüştürmesi ve daha sonrada bu tip birleşik işaretleri bağımsız bileşenlere ayırabilmesidir.



Şekil 2.6 Pratik bir radyo vericisinde I ve Q
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

2.7 Bir Radyo Alıcısında I ve Q

Genliği ve fazı (veya I ve Q) bilinen bileşik işaret alıcıya giriş olarak ulaşır. Giriş işareti taşıyıcı frekansındaki yerel osilatör işareti ile iki şekilde karıştırılır. Bunlardan biri sıfır fazdadır. Diğeri 90 derecelik faz kaymasına sahiptir. Böylece bileşik giriş işareti (büyüklük ve faz'a göre) bir eş-evreli, I , ve bir tümlev, Q , bileşenleri şeklinde parçalara ayrılır. Bu iki işaret bileşeni bağımsız ve dikgendir. Biri diğeri etkilemeksizin değiştirilebilir. Normalde, bilgi polar şekilde işaretlenemez ve bir polar-dikdörtgensel dönüşüm yapılmaksızın dikdörtgensel değerler olarak yeniden yorumlanamaz. Bu dönüşüm bir sayısal radyodaki eş-evreli ve tümlev karışım işlemlerinde yapılanla tamamen aynıdır. Bir yerel osilatör, evre kaydırıcısı ve iki karıştırıcı, dönüşümü doğru ve etkin bir şekilde gerçekleştirebilir.



Şekil 2.7 Bir radyo alıcısında I ve Q
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

2.8 Niçin I ve Q kullanılır?

Sayısal modülasyonu I/Q modülatörleriyle gerçekleştirmek kolaydır. Sayısal modülasyonun çoğu I/Q düzlemindeki birçok ayrık nokta verisini eşleştirir. Bunlar takım noktaları olarak bilinir. İşaret bir noktadan diğerine giderken genellikle eş zamanlı genlik ve faz modülasyonu ortaya çıkar. Bunu bir genlik ve faz modülatöründe gerçekleştirmek zor ve karmaşıktır. Bu işlemi bir konvansiyonel faz modülatörü ile gerçekleştirmek olanaksızdır. Prensip olarak işaret sonsuz faz kaydırma kapasitesine sahip olacak şekilde sürekli başlangıç etrafında bir yönde dönebilir. Alternatif olarak eş zamanlı AM ve Faz modülasyonunu bir IQ modülatörü ile başarmak kolaydır. I ve Q kontrol işaretleri sınırlanır, fakat I ve Q işaretlerinin düzgün bir şekilde fazlanmasıyla sonsuz faz sargısı mümkündür.

3 SAYISAL MODÜLASYON TİPLERİ VE BAĞIL VERİMLİLİKLER

Bu bölüm pratik sistemlerde kullanılan ana sayısal modülasyon şekillerini, onların temel uygulamalarını, bağıl spektral etkinliklerini ve ana modülasyon tiplerinin bazı varyasyonlarını kapsar. Neyse ki, herhangi bir sistemin ana yapısını oluşturan sınırlı sayıda modülasyon tipi vardır.

3.1 Uygulamalar

Çizelge 3.1 Kablosuz haberleşme ve videolardaki farklı modülasyon formatlarına ilişkin uygulamalar

Modülasyon	Uygulama
MSK, GMSK	GSM, CDPD
BPSK	Derin uzay telemetrisi, kablolu modemler
QPSK, $\pi/4$ -DQPSK	Uydu, CDMA, NADC, TETRA, PHS, PDC, LMDS, DVB-S, kablo, kablolu modemler, TSTS
OQPSK	CDMA, uydu
FSK, GFSK	DECT, yayınlama, RAM mobil verisi, AMPS, CT2, ERMES, yerel mobil, kamu güvenliği
8, 16 VSB	Kuzey Amerika Dijital TV (ATV), geniş bant, kablo
8PSK	Uydu, havacılık, geniş bant video sistemlerini izlemek için telemetri pilotları
16QAM	Mikrodalga dijital radyo, modemler, DVB-C, DVB-T
32QAM	Terestriyal Mikrodalga, DVB-T
64QAM	DVB-C, modemler, MMDS
256QAM	Modemler, DVB-C(Avrupa), Dijital Video(ABD)

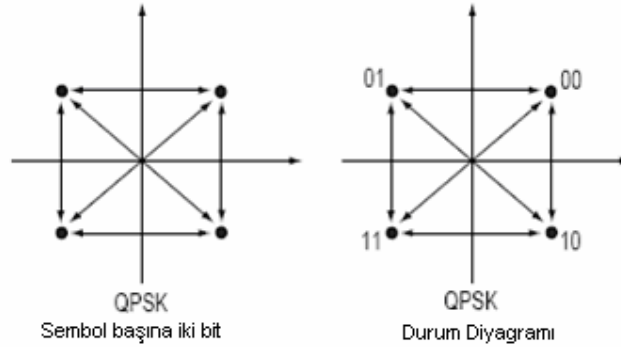
Her ne kadar bu bilgi kablosuz haberleşmeye odaklanmışsa da bütünlüğü sağlamak için ve diğer kablosuz haberleşmelere benzerliğinden dolayı video uygulamaları da bu çizelgeye dâhil edilmiştir.

3.1.1 Bit Hızı ve Sembol Hızı

Farklı modülasyon şekillerinin verimliliğini karşılaştırmak ve anlamak için öncelikle bit hızı ile sembol hızları arasındaki farkı anlamak önemlidir. Haberleşme kanalları için gerekli olan işaret bant genişliği, bit hızına değil sembol hızına bağlıdır.

$$\text{Sembol Hızı} = \frac{\text{Bit Hızı}}{\text{Sembol başına iletilen bitlerin sayısı}}$$

Bit hızı bir bit akımı sisteminin frekansıdır. Örneğin, ses için 10 kHz’li örneklenmiş 8 bit örnekleyicili bir radyo göz önüne alalım. Bit hızı, radyodaki temel bit hızının oranı, 8 bit hızının saniyede 10 K’lık örneklerin çarpımına veya 80 K bit/s olacaktır. (Bu durum için senkronizasyonda gerekli ekstra bitler, hata düzeltmesi ve bunun gibi vb. göz önüne alınmamıştır.)



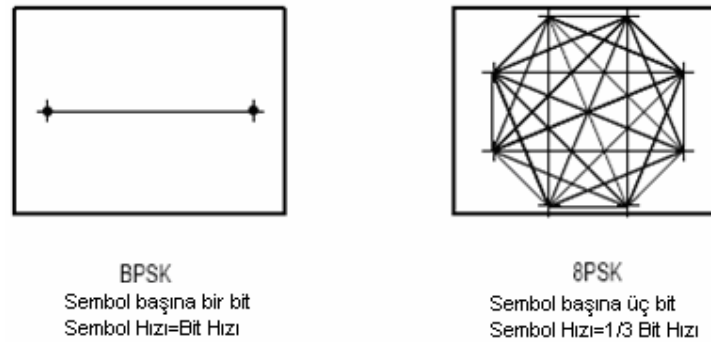
Şekil 3.1 Bit hızı ve sembol hızı
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

Şekil 3.1, bir Dik Açılı Faz Kaydırma Anahtarlama (QPSK) işaretinin durum diyagramı örneğidir. Bu durumlar, 0 ve 1 ile gösterilebilir. Bu, yaygın bir gösteriliştir fakat tek de değildir. Başka herhangi bir gösteriliş de kullanılabilir.

Sembol hızı bit hızının her bir sembolle taşınabilen bit sayısına bölümüdür. BPSK’ de olduğu gibi eğer her sembol bir bit taşırsa bu durumda sembol hızı saniyede 80 Kbit olan bir bit hızı ile aynı olacaktır. Eğer QPSK’ da olduğu gibi her sembol iki bit taşırsa bu durumda sembol oranı bit oranının yarısı veya saniyede 40 Kbit olacaktır. Sembol oranına baud hızı da denir. Şunu da belirtmek gerekir ki baud hızı bit hızı ile aynı değildir. Bu terimler sık sık birbirleriyle karıştırılır. Eğer her bir sembolle daha fazla bit gönderilebilirse aynı miktarda veri daha dar bir spektrumda gönderilebilir. Daha karmaşık ve yüksek sayıda durum kullanan modülasyon formatlarının aynı bilgiyi RF spektrumunun daha dar bir parçası üzerinden gönderebilmesinin sebebi de budur.

3.1.2 Spektrum (Bant Genişliği) Gereksinimleri

Sembol hızının spektrum gereksinimlerini nasıl etkileyeceği 8 durumlu Faz Kaydırma Anahtarlama (8 PSK) görülebilir. Bu PSK’ nın bir varyasyonudur. Herhangi bir anda taşınabilen işaretin 8 olası durumu vardır. Sembolün fazı herhangi bir sembol anında 8 değer alabilir. $2^3=8$ olduğundan her sembolde üç bit vardır. Bu, sembol hızının bit hızının üçte biri olması demektir. Bu da nispeten kolay bir şekilde çözülebilir.



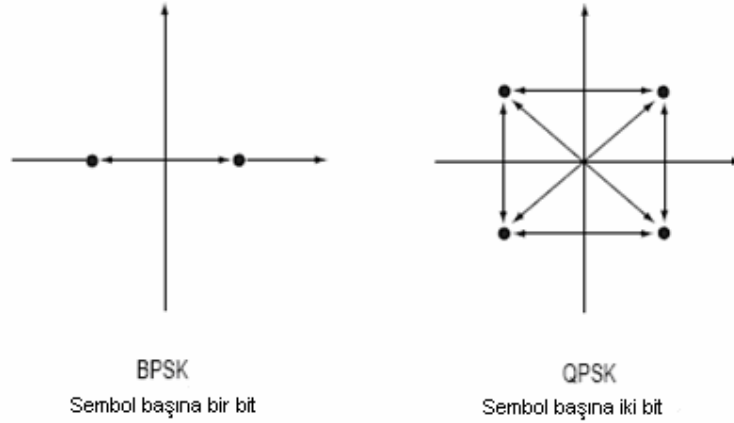
Şekil 3.2 Spektrum gereksinimleri
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

3.1.3 Sembol Saati

Sembol saati her bir sembolün frekansını ve tam iletim zamanını gösterir. Sembol saati geçişlerinde iletilen taşıyıcı belirli bir sembolü (takımdaki belirli bir nokta) gösterecek şekilde tam I/Q (genlik/faz) değerindedir.

3.2 Faz Kaydırma Anahtarlama (PSK)

Sayısal modülasyonun en basit şekillerinden biri çift veya İkili-Faz Kaydırma Anahtarlama (BPSK)'dır. Kullanıldığı yerlerden biri derin uzay telemetrisidir. Sabit genlikli bir taşıyıcı işaretin fazı, sıfır ve 180 derece arasında değişir. Bir I/Q diyagramında I durumu iki farklı değere sahiptir. Bir durum diyagramında iki olası konum vardır, böylece bir veya sıfır çifti gönderilebilir. Sembol oranı 1 bit /semboldür.



Şekil 3.3 Faz kaydırma anahtarlama
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

Daha yaygın bir faz modülasyonu tipi Dik Açılı Faz Kaydırma Anahtarlama (QPSK). QPSK, CDMA (kod bölüşümlü çoklu erişim) hücresel servis, kablosuz yerel döngü, iridyum (ses/ veri uydusu sistemi) ve DVB-S (sayısal video yayını-uydu) içeren uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Dik Açılı, 90 derece farklı faz durumları arasındaki işaret kaymaları demektir. 45 dereceden 135 dereceye 90 derecelik artımlarda işaret -45 veya -135 derece kayar. Bu noktalar bir I/Q modülatörü kullanarak kolaylıkla yapılabileceği gibi seçilir. Sadece iki I ve Q değerlerine ihtiyaç vardır ve bu her

sembol için iki bit verir. Çünkü dört durum vardır $2^2=4$. Bu nedenle bu, BPSK' dan modülasyonun daha bant genişliği-etkin tipidir, alternatif olarak iki kat daha etkindir.

3.2.1. QPSK Modülasyonunda Bit Hata Oranının Hesaplanması

QPSK modülasyonunda kullanılacak olan işaretin temel yapısını göstermeden ve bit hata oranını hesaplamadan önce bazı kısa tanımlamaları ve ifadeleri göstermek yararlı olacaktır.

- E_b = Energy-per-bit
- E_s = Energy-per-symbol = kE_b with k bits per symbol
- T_b = Bit duration
- T_s = Symbol duration
- $N_0 / 2$ = Noise power spectral density (W/Hz)
- P_b = Probability of bit-error
- P_s = Probability of symbol-error

İşaret demodüle edilmeden önce işarete gürültü eklenir. Bu eklenen gürültü Gauss gürültüsüdür. Buna göre de alıcı da hata sayısı ve bit hata oranı tespit edilir. Sistemdeki Bit Hata Oranını elde etmek için kullanılacak olan Gauss gürültüsüne ait Gauss hata fonksiyonunun gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right), x \geq 0$$

Burada $Q(x)$, Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonudur.

QPSK'da bit hata olasılığı aşağıdaki gibidir:

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$

QPSK'da sembol başına 2 bit kullanıldığından sembol hata oranı şu şekilde olur:

$$P_s = 1 - (1 - P_b)^2$$

$$= 2Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right) - Q^2\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right)$$

Eğer işaret gürültü oranı yüksek olacak olursa sembol hata olasılığı aşağıdaki gibi olur:

$$P_s \approx 2Q \left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}} \right)$$

QPSK'da iletilen işaretin gösterimi şu şekildedir:

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \cos\left(2\pi f_c t + (2i-1)\frac{\pi}{4}\right), i = 1, 2, 3, 4$$

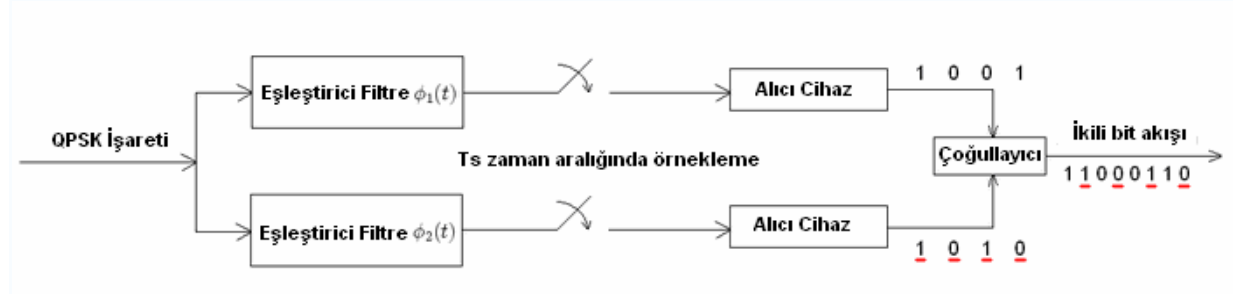
İletilen işaret demultiplexor tarafından iki farklı işerete ayrıştırılır:

$$\phi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}} \cos(2\pi f_c t)$$

$$\phi_2(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}} \sin(2\pi f_c t)$$

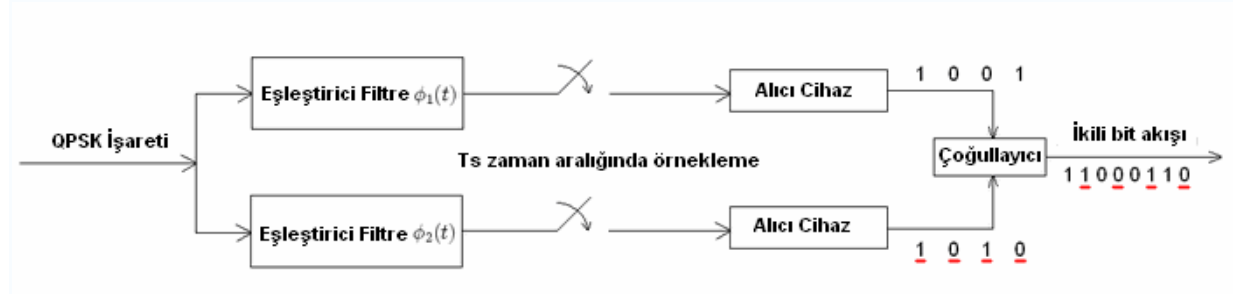
Burada ilk fonksiyon işaretin I eksenindeki gösterimi, ikinci fonksiyon ise Q eksenindeki gösterimidir.

QPSK verici ve alıcısının temel gösterimleri aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.4 QPSK verici yapısı

(Ref. http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying)

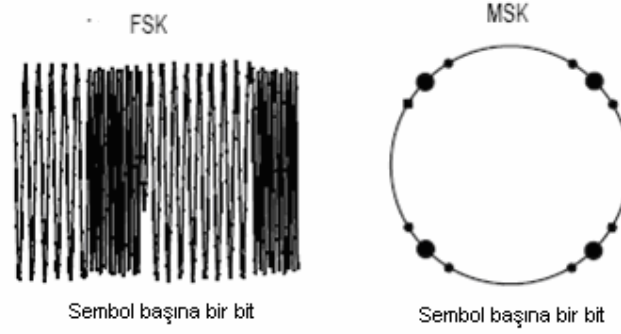


Şekil 3.5 QPSK alıcı yapısı

(Ref. http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying)

3.3 Frekans Kaydırma Anahtarlama (FSK)

Frekans modülasyonu ve faz modülasyonu birbirleriyle yakından ilişkilidir. + 1Hz’lik statik bir frekans kayması fazın, kaymamış işaretin fazına göre saniyede 360 (2 rad/s) derecelik bir hızla sabit olarak ilerlemesi anlamına gelir.



Şekil 3.6 Frekans kaydırma anahtarlama
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

FSK (Frekans Kaydırma Anahtarlama) kablosuz ve arama sistemleri dâhil olmak üzere birçok uygulamada kullanılır. Kablosuz sistemlerin bazıları DEC (Digital Enhanced Cordless Telephone) ve CT2 (Cordless Telephone 2)’i kapsar.

FSK’ da taşıyıcının frekansı aktarılan modüle olmuş işaretin (veri) bir fonksiyonu olarak değiştirilir. Genlik değişmeden kalır. İkili FSK’ da (BFSK veya 2FSK) “1” bir frekansı gösterir ve “0” diğer bir frekansı gösterir.

3.4 Minimum Kaydırma Anahtarlama (MSK)

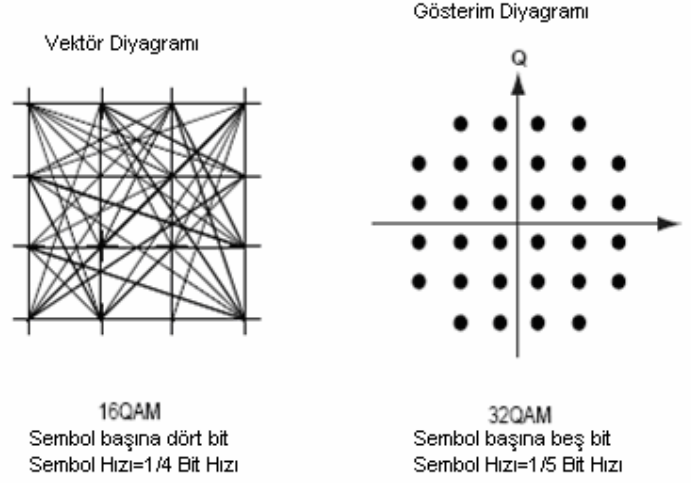
Frekans kayması ilerleyen veya geride kalan bir faz oluşturduğundan frekans kaymaları her bir sembol periyodundaki örnekleme faz vasıtası ile ayırt edilebilir. $(2N + 1) 1/2$ 'lık faz kaymaları bir I/Q kipçözücü ile kolaylıkla ortaya çıkarılır. Çift sayılı sembollerde I kanalının polaritesi taşınan veriyi gösterir. Oysa tek sayılı sembollerde Q kanalının polaritesi veriyi gösterir. I ve Q arasındaki dikgenlik(ortogonallik) algılama algoritmalarını basitleştirir ve bu sebepten bir mobil alıcıda güç tüketimini azaltır. I ve Q arasındaki dikgenliği sağlayan minimum frekans kayması her bir sembolde $\pm 1/2$ radyanlık (her bir sembol için 90 derece) faz kayması ile sonuçlanır. Bu tip sapmalı FSK' ya MSK (minimum kaydırma anahtarlama) denir. Bu sapma tekrarlanabilir 90 derecelik faz kaymalarını yaratmak için doğru olmalıdır. MSK, GSM (Global System for Mobile Communications) hücreli standartlarında kullanır. +90 derecelik bir faz kayması 1'e eşit bir veri bitini temsil eder. Oysa -90 derece "0"ı temsil eder. Bir MSK işaretinin tepeden tepeye frekans kayması bit oranının yarısına eşittir.

FSK ve MSK genlik değişimleri olmayan sabit zarf taşıyıcı işaretler oluşturur. Bu, taşıyıcıların güç etkinliğini arttırmak için arzu edilen bir karakteristiktir. Genlik değişimleri spektral yeniden büyüme ve komşu kanal gücü bileşeni yaratarak amplifikatörün genlik-transfer fonksiyonunda doğrusalsızlık oluşturabilir. Bu nedenle, güç tüketimini azaltan sabit zarf işaretleriyle beraber daha etkin amplifikatörler (bunlar daha az doğrusal olmaya yatkındır) kullanılabilir.

MSK, FSK'nın daha geniş sapma şekillerinden daha dar bir spektruma sahiptir. Spektrum genişliği frekans kaymasına sebep olan dalga şekillerinden de etkilenir. Eğer bu dalga şekilleri hızlı geçişlere veya yüksek bir değişme oranına sahipse bu durumda vericinin spektrumu geniş olacaktır. Pratikte dalga şekilleri dar bir spektrum oluşacak şekilde bir Gauss filtresi ile süzülür. İlaveeten, Gauss filtresi tepe sapmayı artırarak spektrumun genişlemesine sebep olan zaman bölgesi aşmasına sahip değildir. Gauss filtreli MSK' ya GSMK (Gaussian MSK) denir.

3.5 Dik Açı Genlik Modülasyonu (QAM)

Sayısal modülasyon ailesinin diğer bir üyesi Dik Açı Genlik Modülasyonu (QAM)'dur. QAM mikrodalga, sayısal radyo, DVB-C (sayısal video yayın-kablo) ve modemlerin de dâhil olduğu uygulamalarda kullanılır.



Şekil 3.7 Dik açı genlik modülasyonu
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

16-durum dik açı genlik modülasyonunun (16QAM)'da dört I değeri ve dört Q değeri vardır. Bu, işaretler için 16 olası durumun bir toplamı olarak ortaya çıkar. Bu her sembol zamanında herhangi bir durumdan diğer herhangi bir duruma geçebilir. $16=2^4$ olduğundan her bir sembol için 4 bit gönderilebilir. Bu I için 2 bit ve Q için 2 bitten oluşur. Sembol oranı bit oranının dörtte biridir. Böylece bu modülasyon formatı spektral olarak daha etkin bir geçiş oluşturur. Bu PSK, BPSK, QPSK veya 8PSK'dan daha etkindir. Belirtmek gerekir ki QPSK, 4QAM ile aynıdır.

Bir başka varyasyonu 32QAM'dir. Bu durumda, toplam 36 olası durumla ($6 \times 6 = 36$) sonuçlanan altı I değeri ve altı Q değeri vardır. Bunlar, ikinin gücü için oldukça fazla sayıda durumlardır (ikiye en yakın güç 32'dir). Böylece aktarmak için gücün büyük bir bölümünü kullanan dört köşe sembol durumları göz ardı edilir. Bu taşıyıcının üretmek zorunda olduğu tepe gücün miktarını azaltır. $2^5=32$ olduğundan her sembol için beş bit vardır ve sembol hızı bit hızının beşte biridir.

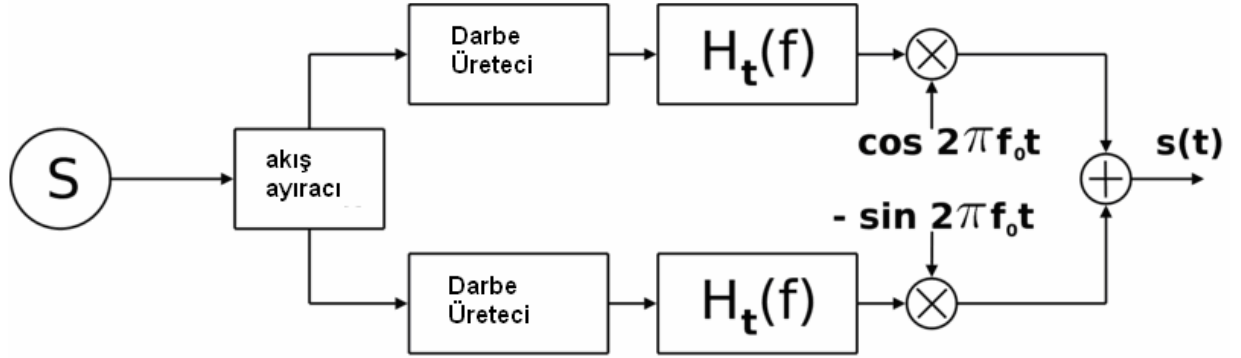
Sınırlar 512 ya da 1024 QAM' e çıkartılmaya çalışılsa da mevcut uygulanabilir sınırlar yaklaşık olarak 256QAM'dır. Bir 256QAM sistemi 256 olası durum sunan 16 I -değerleri ve 16 Q -değerlerini kullanır. $2^8=256$ olduğundan her bir sembol sekiz bit gösterebilir. Her bir sembol için sekiz bit gönderebilen bir 256QAM işareti spektral olarak oldukça etkilidir. Ancak, semboller birbirlerine çok yakındır ve dolayısıyla ses ve bozulmaya bağlı hatalara daha çok maruz kalırlar. Bu durumdaki bir işaret daha fazla güç ile aktarılmak zorunda kalabilir ve bu da daha basit şemalara kıyasla güç verimliliğini düşürür.

Bölüm 3.1.1'de radyo örneğindeki BPSK modülasyonuna kıyasla 256QAM kullanırken bant genişliği verimliliğini karşılaştıralım (bu örnekte ses için 10 kHz'da sekiz bitlik bir örnekleyici kullanır). BPSK, her bir sembol için 1 bit gönderirken her bir saniye için 80K sembol kullanır. 256QAM kullanan bir sistem her bir sembol için sekiz bit gönderir böylece sembol hızı her saniyede 10 K sembol olacaktır. BPSK bant genişliğinin sadece sekizde birini kullanırken 256QAM sistemi gönderilmek üzere aynı miktarda bilgiyi sağlar. Bant genişliği sekiz kat daha verimlidir. Ancak bir fark söz konusudur. Radyo daha karmaşılaşır, ses ve bozulmadan kaynaklanan hatalardan daha kolay etkilenir. Benzeri yüksek mertebedeki QAM sistemlerinin hata oranları ses veya parazitin karışma durumunda QPSK' ya oranla daha hızlı düşer. Bu düşmeyi engelleyecek tedbir daha yüksek Bit Hata Hızı (BER) olacaktır.

Herhangi bir sayısal modülasyon sisteminde giriş işaretinin bozulma ya da ciddi bir kayba uğrama durumunda alıcı sembol saatini tamamıyla kaybeder. Alıcı sembol saatini yeniden yenileyemezse işareti çözümleyemez ve bilgi alamaz. Daha az bir bozulma ile sembol saati toparlanabilir, ancak bu gürültüdür ve sembol yerlerinin kendisi gürültüdür. Bazı durumlarda, bir sembol amaçlanan pozisyondan o kadar sapar ki bitişik pozisyona geçer. Demodülatörde kullanılan I ve Q seviyesi dedektörleri bu tip bir sembolü yanlış yerde olduğundan bit hatası olarak algılayarak yanlış yorumlayacaktır. QPSK o kadar verimli değildir, ancak durumlar birbirinden daha fazla ayrıktır ve sistem sembol hatası vermeden çok daha fazla sese müsamaha gösterebilir. QPSK'nın dört kenarlı sembol yerleri arasında aracı bir durumu yoktur. Böylelikle demodülatörün sembolleri yanlış yorumlaması ihtimali azalır. QPSK, QAM' a göre aynı bit hata oranını gerçekleştirmek için daha az verici güce ihtiyaç duyar.

3.5.1 QAM Verici Yapısı

Aşağıdaki resim ideal bir QAM vericisinin yapısını göstermektedir.



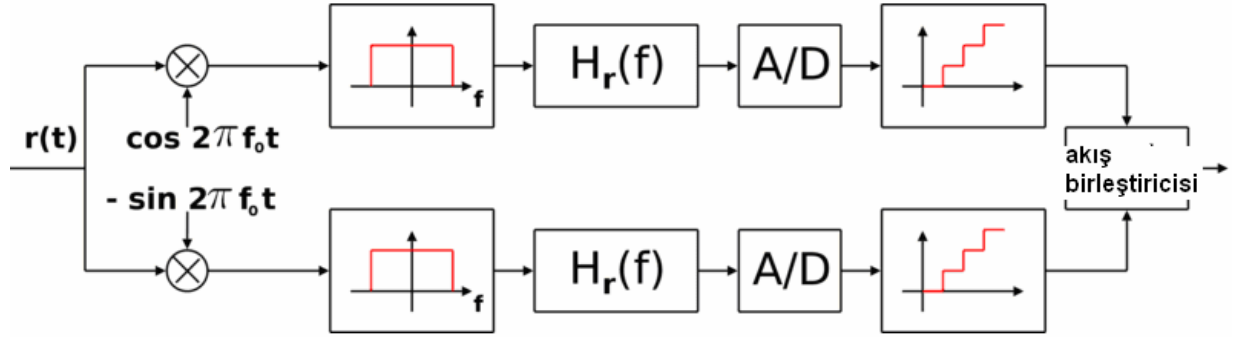
Şekil 3.8 QAM vericisinin yapısı
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

İletilen bitler ayırıcı tarafından iki eşit kısma ayrılır. Bu işlem birbirinden bağımsız iki farklı işaret grubunun gönderilmesini sağlar. Bunlardan biri “cos” diğeri de “sin” ile çarpılır. Böylece işaretler arasında 90 derece faz farkı oluşmuş olur. Daha sonra çıkışta bunlar birbirine eklenir. Çıkıştaki işaret aşağıdaki formda gösterilebilir.

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} v_c[n] h_t(t - nT_s) \cos 2\pi f_0 t - v_s[n] h_t(t - nT_s) \sin 2\pi f_0 t$$

3.5.2 QAM Alıcı Yapısı

Alıcı temel olarak vericide yapılan işlemin tersini gerçekleştirir. Aşağıdaki temel resimde buna ait ideal yapı gösterilmektedir.



Şekil 3.9 QAM alıcısının yapısı
(Ref.Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems)

Alıcıya gelen işaret “cos” veya “sin” ile çarpılarak ve alçak geçiren filtreden geçirilerek işaret faz veya genlik olarak ayrıştırılabilir. Daha sonra ise araya A/D dönüştürücü koyularak işaret daha sonra birleştirilir.

3.5.3 MATLAB Programı Kullanılarak QAM'in Modellenmesi

Bilindiği gibi HSDPA'de modülasyon tipleri olarak QPSK ve 16QAM kullanılmaktadır. Kullanılan modülasyon tipini daha iyi kavrayabilmek için Matlab programı kullanarak 16QAM'de bit hata oranı hesaplanmış ve iletilen ile alınan sinyaller modellenmeye çalışılmıştır.

Bunu elde etmek için 16QAM Modülatörü, Beyaz Gauss Gürültü Kanalı ve 16QAM Demodülatörü kullanılmıştır.

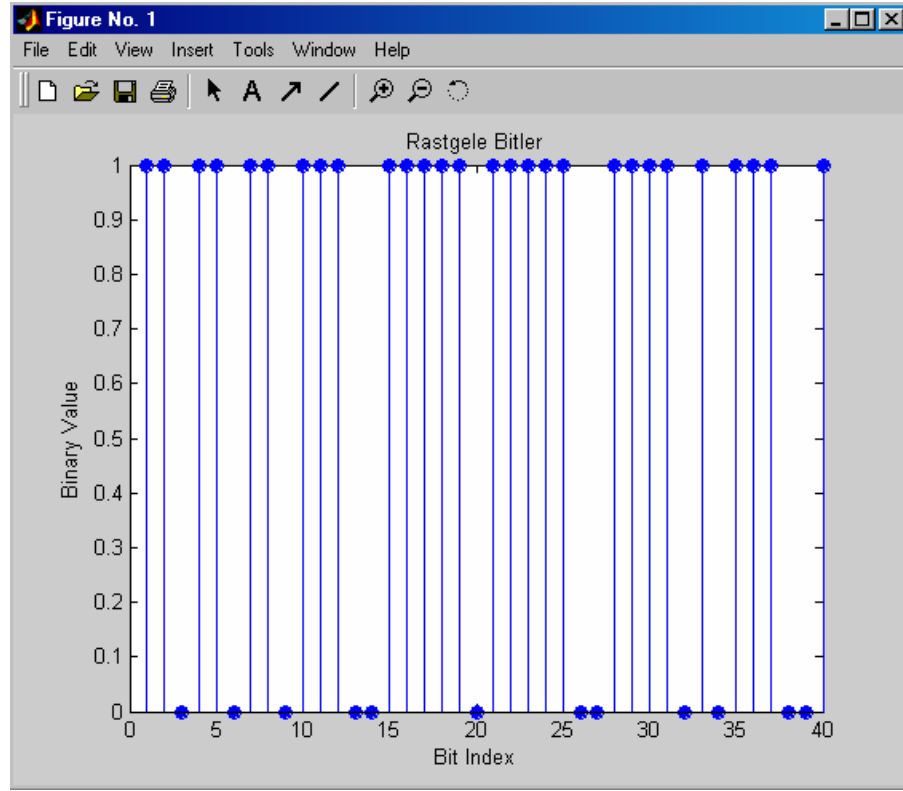
Matlab programında bu işlemi gerçekleştirmek için aşağıdaki fonksiyonlar kullanılmıştır

İşlem	Fonksiyon
Rastgele İşaret Üretilmesi	<i>randint</i>
16QAM Kullanılarak Modüle Etme	<i>dmodce</i>
Beyaz Gauss Gürültüsü Ekleme	<i>awgn</i>
Diyagram Üretme	<i>scatterplot</i>
16QAM Kullanılarak Demodüle Etme	<i>ddemodce</i>
Bit Hata Oranını Hesaplama	<i>biterr</i>

3.5.3.1 Rastgele İşaretin Üretilmesi

```
%% Başla
% Parametreleri tanımla
M = 16; % İşaretin oluşma sayısı
k = log2(M); % Sembol başına bit sayısı
n = 3e4; % Bit sayısı = 30,000
Fd=1;Fs=1; % Giriş mesajı örnekleme frekansı, Çıkış mesajı örnekleme sayısı%
nsamp = 1; % Örnekleme oranı
%% İşaret kaynağı
% Düşey vektörde ikili işaretler üret
x = randint(n,1); % Rastgele ikili işaretler üret
% İlk 40 bit için göster
stem(x(1:40),'filled');
title('Rastgele Bitler');
xlabel('Bit Index'); ylabel('Binary Value');
```

Şekil 3.10'da üretilen rastgele bitler gösterilmiştir.

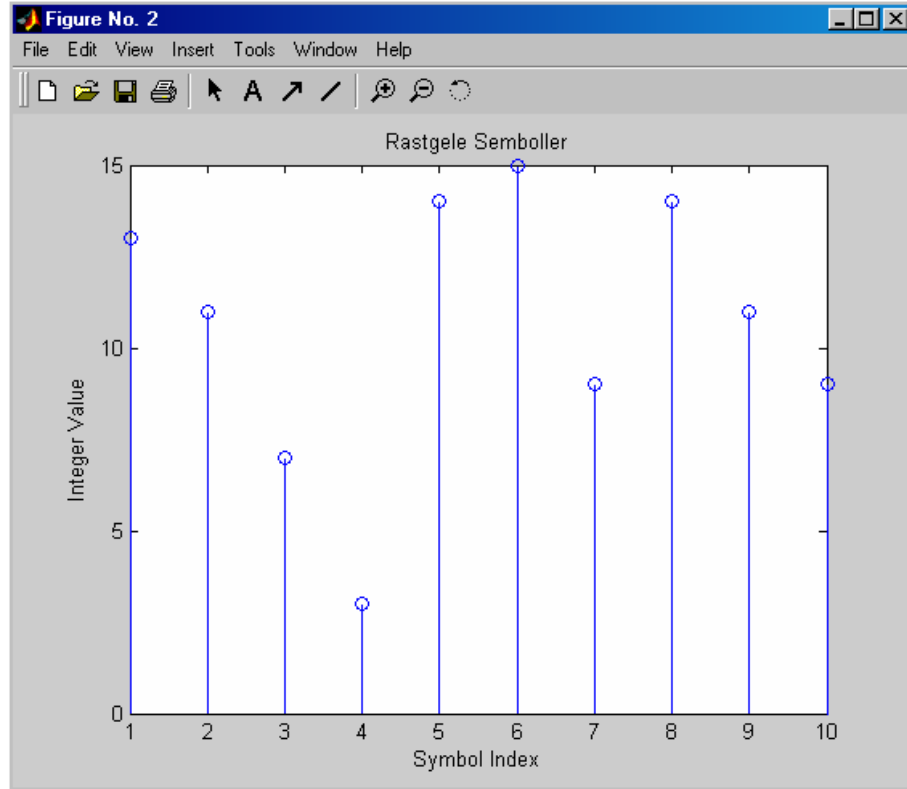


Şekil 3.10 Rastgele bitler

3.5.3.2 İşaretin Modüle Edilmeye Hazırlanması

```
%% Bit Sembol Dönüşümü
% x sayıdaki biti k bit sayıdaki sembollere dönüştür
xsym = bi2de(reshape(x,k,length(x)/k).','left-msb');
%% Sembollerin gösterimi
% 10 sembole kadar olanı göster
figure; % Yeni bir pencere yarat
stem(xsym(1:10));
title('Rastgele Semboller');
xlabel('Symbol Index'); ylabel('Integer Value');
```

Şekil 3.11’de bitlerden dönüştürülmüş rastgele semboller görülmektedir.



Şekil 3.11 Rastgele semboller

3.5.3.3 16QAM Kullanılarak İşaretin Modüle Edilmesi

```
%% Modülasyon
% 16-QAM kullanarak işareti modüle et
y = dmodce(xsym,Fd,Fs, 'qask',M);
```

3.5.3.4 Beyaz Gauss Gürültü Kanalı'nın Eklenmesi

Burada “awgn” fonksiyonu kullanılarak işarete Gauss gürültüsü eklenmektedir. Eb/No 10dB alınmıştır. K faktörü Eb/No’yu Es/No’ya dönüştürmek için kullanılmıştır.

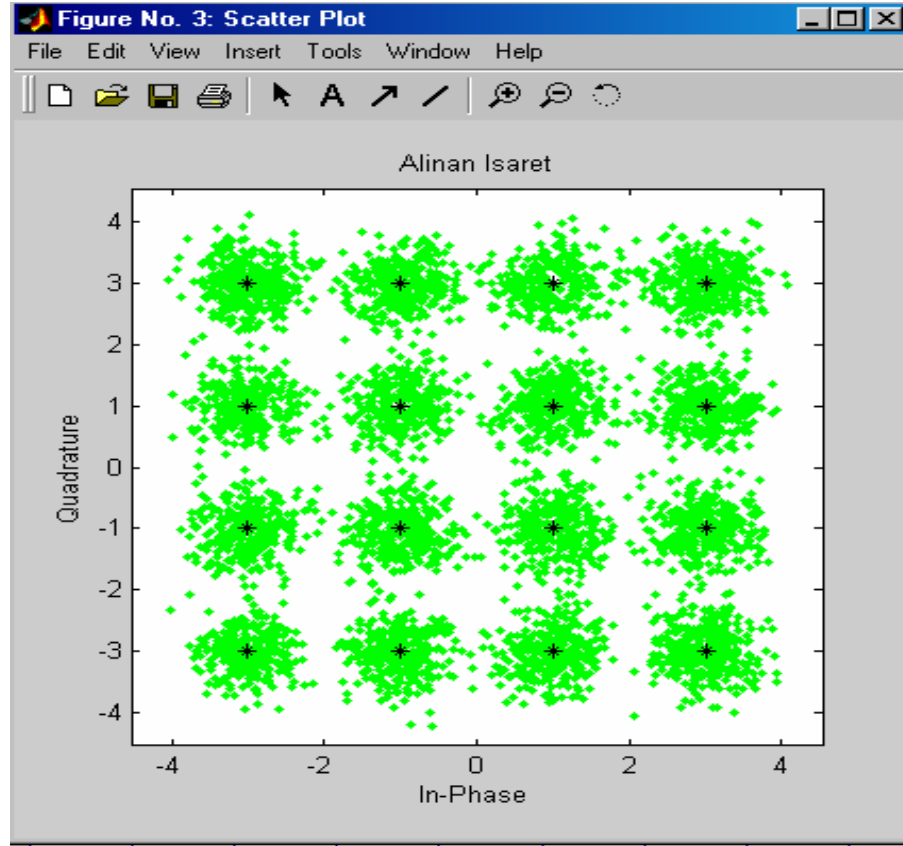
```
%% İletilen İşaret
ytx = y;
%% Kanal
% İşareti AWGN kanalı üzerinden gönder
EbNo = 10; % dB
snr = EbNo + 10*log10(k) - 10*log10(nsamp);
ynoisys = awgn(ytx,snr,'measured');
%% Alınan İşaret
yrx = ynoisys;
```

3.5.3.5 Scatter Plot Fonksiyonunun Yaratılması

Scatter Plot fonksiyonu iletilen ve alınan işaretlere uygulanır. Gürültünün işareti nasıl bozduğunu ve işaretin diyagramda nasıl gözüktüğünü gösterir. Aşağıdaki program işaretin alıcıda nasıl bozulduğunu göstermektedir.

```
%% Scatter Plot
% Alınan işaretin scatter plot'unu çıkar
h = scatterplot(yrx(1:nsamp*5e3),nsamp,0,'g. ');
hold on;
scatterplot(ytx(1:5e3),1,0,'k*',h);
title('alınan isaret');
legend('alınan isaret','isaret kumeleri');
axis([-5 5 -5 5]); % eksenleri ayarla.
hold off;
```

Şekil 3.12’de alıcıda oluşan işaret gösterilmektedir. Görüldüğü gibi bit sayısı arttığında ve kanala gürültü eklendiğinde işaret bozulmaya uğramaktadır.



Şekil 3.12 Alınan işaret

3.5.3.6 16QAM Kullanılarak İşaretin Demodülasyonu

```
%% Demodülasyon
% 16QAM Kullanılarak İşaretin Demodülasyonu
zsym = ddemodce(yrx,Fd,Fs, 'qask', M);
```

3.5.3.7 İşaretin İkili İşarete Dönüştürülmesi

```
%% Sembol Bit Dönüşümü
% Bit Sembol dönüşümü geriye al
z = de2bi(zsym,'left-msb'); % Tam sayıları bitlere dönüştür.
% z'yi matristen vektöre dönüştür
z = reshape(z.',prod(size(z)),1);
```

3.5.3.8 Bit Hata Oranının Hesaplanması

%% BER Hesaplanması

% Hata sayısını ve hata oranını bulmak için x ve z'yi karşılaştır

[number_of_errors, bit_error_rate] = biterr(x,z)

Programın çalıştırılmasında sonucunda programın çıktısında aşağıdaki sonuç çıkmaktadır:

number_of_errors =

56

bit_error_rate =

0.0019

Böylece yapılan uygulama sonucunda iletilen 30.000 bitten 56 tanesi hatalı çıkmıştır. Bit hata oranı ise 0.0019'dur.

Görüldüğü gibi modülasyon tipi değiştikçe bit sayısı artmaktadır böylece data hızı artmaktadır fakat buna rağmen gürültü ve bozulmada buna bağlı artış gözükmemektedir.

4. WCDMA (UMTS)

Genişbant Kod Bölüşümlü Çoklu Erişim (W-CDMA) üçüncü kuşak hücreseel sistemlerin uygulanmasında kullanılan temel teknolojilerden biridir. Bu, ETSI Alpha grubu tarafından önerilen radyo erişim tekniğinin temelini oluşturur ve teknik özellikleri 1999 yılında tamamlanmıştır.

W-CDMA'nın uygulanması, karmaşıklığı ve çok yönlülüğü ile teknik bir yenilik olacaktır.

W-CDMA sistemlerinin karmaşıklığı farklı açılardan ele alınabilir: Her bir tek algoritmanın karmaşıklığı, tüm sistemin karmaşıklığı ve alıcının hesapsal karmaşıklığı. W-CDMA bağ-seviyesi simülasyonları, geçerli ikinci kuşak simülasyonlardan 10'dan daha fazla hesaplama yoğunluğuna sahiptir. W-CDMA ara yüzünde farklı kullanıcılar aynı zamanda farklı veri hızları ile aktarım yapabilirler hatta veri hızları zamanla da değişebilir. UMTS ağlarının, geçerli tüm ikinci kuşak servislerini, çok sayıda yeni uygulamaları ve servisleri desteklemesi gerekir.

4.1 FDD (Çift Yönlü Faz Bölüşümü) Teknik Özet

Frekans bandı: 1920 MHz - 1980 MHz ve 2110 MHz - 2170 MHz (Frekans Çift Bölme) UL ve DL

İhtiyaç duyulan minimum frekans bandı: ~ 2x5MHz

Yeniden kullanılan frekans: 1

Taşıyıcı aralığı: 4.4MHz - 5.2 MHz

2x5MHz üzerindeki (ses) kanallarının maksimum sayısı: ~196 (yayılma faktörü 256 UL, AMR

7.95kbps) / ~98 (yayılma faktörü 128 UL, AMR 12.2kbps)

Ses kodlama: AMR kodlayıcı-kodçözücüler (4.75 kHz - 12.2 kHz, GSM EFR=12.2 kHz) ve SID (1.8 kHz)

Kanal kodlama: Evrişim kodlama, yüksek hızda veri için turbo kod

Alıcı verici gerekli (190MHz ayrımı), Asimetrik bağlantı desteklemesi

Tx/XR izolasyonu: MS: 55dB, BS: 80dB

Alıcı: Rake

Alıcı hassasiyeti: Node B: -121dBm, Mobile -117dBm at BER of 10^{-3}

Veri tipi: Paket ve devre anahtarı

Modülasyon: QPSK

Darbe yolu: Root raised cosine, roll-off = 0.22

Çip oranı 3.84 Mcps

Kanal taraması: 200 kHz

Maksimum kullanıcı veri hızı (Fiziksel Kanal): ~ 2.3Mbps (yayılım faktörü 4, paralel kodlar (3 DL / 6 UL), 1/2 hız kodlaması), fakat sınırlı karışım.

Maksimum kullanıcı veri hızı (Teklif edilen): 384 kbps (2002 yılı), yüksek hızlar (~ 2 Mbps) son zamanda. HSPDA, 8–10 Mbps' ye kadar veri hızları sağlayacaktır (ve MIMO sistemleri için 20 Mbps).

Kanal bit hızı: 5.76Mbps

Çerçeve uzunluğu: 10ms (38400 çipleri)

Dilim/çerçeve sayısı: 15

Çip /slot sayısı: 2560 çipleri

El değiştirmeler: Yumuşak, Daha yumuşak, (arafrekans: Sert)

Güç kontrol periyodu: Zaman dilimi = 1500 Hz hızı

Güç kontrol adım boyutu: 0.5, 1, 1.5 ve 2 dB (Değişken)

Güç kontrol uzaklığı: UL 80dB, DL 30dB

Mobil tepe gücü: Güç sınıfı 1: +33 dBm (+1dB/-3dB) = 2W; sınıf 2 +27 dBm, sınıf 3 +24 dBm

Yegane baz istasyon tanımlama kodu sayısı: 512 / frekans

Fiziksel katman yayılma faktörleri: 4 ... 256 UL, 4 ... 512 DL

4.2 Evrensel Mobil İletişim Sistemlerine Genel Bir Bakış

4.2.1 3G Sistemleri

3G sistemleri arama, mesaj çekme, İnternet ve genişbant verilerini içeren yaygın servisleriyle küresel hareketliliği sağlamak için tasarlanmıştır. Uluslararası İletişim Birliği (ITU) Uluslararası Mobil İletişimleri 2000 (IMT-2000) olarak adlandırılan üçüncü kuşak sistemler için standartları tanımlama sürecini başlattı. Avrupa'da Avrupa İletişim Standartları Enstitüsü (ETSI) UMTS standardizasyon sürecinden sorumluydu. 1998 yılında Üçüncü Kuşak Ortaklık Projesi (3GPP) teknik özelliklerin çalışmalarını sürdürmek amacıyla oluşturuldu. 3GPP, beş temel UMTS standardizasyon alanına sahiptir: Radyon Erişim Ağı, Çekirdek Ağı, Terminaller, Servisler ve Sistem Görünümleri (System Aspects).

3GPP Radyo Erişim grubu şunlardan sorumludur:

- Radyo katmanı 1,2 ve 3 RR belirtimi
- Iub, Iur ve Iu arayüzleri
- UTRAN işletim ve bakım gereksinimleri
- BTS radyo performans belirtimi
- Ana istasyonların radyo görünümelerini test etmek için uygunluk test belirtimi
- Sistem gözüyle radyo performans görünümleri için belirtiler

3GPP Çekirdek Ağ grubu şunlardan sorumludur:

- Çekirdek ağ ile kullanıcı cihazı arasındaki hareketlilik yönetimi, çağrı bağlantısı kontrol işaretlemesi.
- Çekirdek ağ düğümleri arasındaki çekirdek ağı işaretlemesi.
- Çekirdek ve dış ağlar arasındaki araçalışma fonksiyonların tanımı
- Paket ile ilgili konular
- İu arayüzünün çekirdek ağ görünümü ve İşlem ve Bakım Gereksinimleri

3GPP Terminal grubu şunlardan sorumludur:

- Servis kapasitesi protokolleri
- Mesajlaşma
- Hizmette uçtan uca birlikte çalışma
- USIL'den mobil terminal arayüzüne
- Terminal arayüzleri ve servis uygulamaları için model/yapı
- Radyo görünümünü de içeren terminallerin uygunluk testi belirtilimleri

3GPP Servisleri ve Sistem Görünüm grubu şunlardan sorumludur:

- Servislerin tanımı ve temel gereksinimler
- Hücresel, sabit ve kablosuz uygulamalar için servis kapasitelerinin ve servis mimarisinin geliştirilmesi
- Yükleme ve hesaplama
- Ağ yönetimi ve güvenlik konuları
- Tanım, gelişme ve tüm mimarinin bakımı

Üçüncü Kuşak Ortaklık Projesi 2 (3GPP) IMT-2000 ailesinin bir üyesi olan edma2000 teknolojisinin teknik gelişimi için oluşturuldu.

1992 Şubat’ında Dünya Radyo Konferansı, UMTS kullanımı için frekanslar tahsis etti. 1885–2025 ve 2110–2200 MHz frekansları IMT–2000 kullanımı için belirlendi. 3G standartlarının tümü halen sürekli bir gelişim içindedir. 1999 yılında ETSI Standardizasyonu UMTS Faz 1 için bitmiş ve bir sonraki yayın izni 2001 Aralık’ında verilmiştir. UMTS Tarihçesi temel 3G ve UMTS önemli olaylarının bir listesini içerir. Avrupa ülkelerinin çoğu ve dünyadaki bazı ülkeler, UMTS lisanslarını çoktan elde etmişlerdir.

4.2.2 UMTS Servisleri

UMTS, erişim noktaları arasında bilgi transferi için kapasite sağlayan teleservisleri (konuşma ve SMS gibi) ve taşıyıcı servisleri sunar. Görüşme anında ya da bağlantı sırasında ve görüşme ve bağlantı boyunca bir taşıyıcı servisin karakteristiklerini tartışmak ve yeniden ele almak mümkündür. Yönlendirilmiş bağlantıların ve bağlantısız servislerin her ikisi de noktadan noktaya ve noktadan çoklu noktaya haberleşme için sunulur.

Taşıyıcı servisleri, maksimum transfer gecikmesi, gecikme değişimleri ve bit hata oranı için farklı QoS parametrelerine sahiptir. Sunulan veri hızı hedefleri şunlardır:

- uydu ve kırsal açık hava için 144kbit/s
- kentsel açık hava için 384 kbit/s
- yapı içinde ve açık havada kısa menziller için 2048 kbit/s

UMTS ağ servisleri dört tip trafik için farklı QoS sınıflara sahiptir:

- Konuşma sınıfı (ses, görüntülü telefon, video oyunları)
- Duraksız sınıf (multimedia, istendiği anda video, web üzerinden canlı video yayını)
- Etkileşimli sınıf (webde dolaşmak, ağ üzerinden oyun, veritabanı erişimi)
- Önceliksiz sınıf (email, SMS, yükleme)

UMTS aynı zamanda bir Sanal Ev Ortamı (VHE)’na da sahip olacaktır. Bu, şebeke sınırları içinde ve terminaller arasındaki kişisel servis ortamının taşınabilirliği ile alakalı bir kavramdır. Kişisel servis ortamı, kullanıcılarına kullanıcının bulunduğu herhangi bir şebeke veya terminalde aynı kişiselleştirilmiş özelliklerin, Kullanıcı Arabirim uyarlamasının ve servislerin devamlı sunulması anlamına gelir. UMTS, aynı zamanda ağ güvenliği ve yere bağlı servisler de geliştirmiştir.

4.2.3 UMTS Mimarisi

Bir UMTS ağı birbirini etkileyen üç alandan ibarettir; Çekirdek Ağ (CN), UMTS Yersel Radyo Erişim Ağı (UTRAN) ve Kullanıcı Cihazı (UE). Çekirdek Ağın temel fonksiyonu anahtarlama, dolaşım ve kullanıcı trafiği için aktarım sağlamaktır. Çekirdek Ağı, aynı zamanda veritabanları ve ağ yönetim fonksiyonlarını da içerir.

UMTS için temel Çekirdek Ağ mimarisi GPRS'li GSM şebekesine dayanır. Tüm cihazlar UMTS işlemleri ve servisleri için değiştirilmelidir. UTRAN, Kullanıcı Cihazı için gerekli olan hava arayüzey erişim yöntemleri sağlar. Baz İstasyonu Node-B olarak gösterilir ve Node-B'nin kontrol cihazına Radyo Ağ Kontrolörleri (RNC) denir.

Bir ağ için kullanıcı cihazı arayabilmek için yaklaşık olarak yerin bilinmesi gereklidir. En büyükten en küçüğe kadar sistem alanların bir listesi aşağıda verilmiştir.

- UMTS sistemleri (uydu dâhil)
- Kamu Alanı Mobil Alanı (PLMN)
- MSC/VLR veya SGSN
- Yerleşim Alanı
- Dolaşım Alanı (PS tanım bölgesi)
- UTRAN Kayıt Alanı (PS tanım bölgesi)
- Hücre
- Althücre

4.2.4 Çekirdek Ağı

Çekirdek ağ, çevrim anahtarlama ve paket anahtarlama alanlarına ayrılır. Çevrim anahtarlama elemanlarının bazıları Mobil Servisleri Anahtarlama Merkezi (MSC), Ziyaretçi yer kaydı (VLR) ve Getaway MSC'dır. Paket anahtarlama elemanları ise Serving GPRS Support Node (SGSN) ve Getaway GPRS Support Node (GGSN)'dır. EIR, HLR, VLR ve AUC gibi bazı ağ elemanları her iki tanım bölgesi tarafından da paylaşılır.

Asenkron Transfer Kip'i (ATM), UMTS çekirdek iletimi için tanımlanır. ATP Adaptasyon Katmanı tip 2 (AAL2) çevrim anahtarlama iletişimini kullanır ve paket haberleşme protokolü AAL5 veri dağıtımı için tasarlanır.

Şebeke Ağının mimarisi, yeni servisler ve özellikler çıktıkça değişebilir. Numara Taşınabilirliği Veritabanı (NTDB) kullanıcıya eski telefon numarasını değiştirmeden ağını değiştirme imkânı sağlamada kullanılabilecektir. Getaway Location Register (GLR) ağ sınırları arasındaki abone kullanımını optimize etmek için kullanılabilir. Bir UMTS MSC oluşturmak için MSC, VLR ve SGSN birleştirilebilir.

4.2.5 Radyo Erişim

UTRAN hava arayüzeyi için genişbantlı CDMA teknolojisi seçilmiştir. UMTS WCDMA, bir Direkt Ardışık CDMA sistemidir. Bu sistemde kullanıcı verisi WCDMA Yayılım kodlarından elde edilen hemen hemen rastgele bitlerle çarpılır. UMTS'de, kanal açmaya ilaveten, senkronizasyon ve çarpma için kodlar kullanılır. WCDMA iki temel işlem kipine sahiptir: Çift Yönlü Faz Bölüşümü (FDD) ve Çift Yönlü Zaman Bölüşümü (TDD).

Node-B'nin fonksiyonları şunlardır:

- Hava Arayüzey İletimi / Netlik
- Modülasyon / Demodülasyon
- CDMA Fiziksel Kanal Kodlaması
- Mikro Çeşitlilik
- Hatalarla uğraşma
- Kapalı döngü güç kontrolü

RNC'nin fonksiyonları şunlardır:

- Radyo Kaynak Kontrolü
- Giriş Kontrolü
- Kanal Özgüleme
- Güç Kontrol Ayarları
- El değiştirme Kontrolü
- Makro Çeşitlilik

- Şifreleme
- Bölme / Yeniden toplanma
- Yayın sinyalleşmesi
- Açık Döngü Güç Kontrolü

4.2.6 Kullanıcı Cihazı

UMTS standardı, kullanıcı cihazının işlevselliğini herhangi bir şekilde sınırlamaz. Terminaller Node-B için bir hava arayüzü karşılığı gibi çalışır ve birçok farklı tip kimliğe sahiptir. UMTS, kimlik tiplerinin çoğu doğrudan GSM teknik özelliklerinden alınır.

- Uluslararası Mobil Abone Kimliği (IMSI)
- Geçici Mobil Abone Kimliği (TMSI)
- Paket Geçici Mobil Abone Kimliği (P-TMSI)
- Geçici Uygun Bağ Kimliği (TLLI)
- Mobil İstasyon ISDN (MSISDN)
- Uluslararası Mobil İstasyon Cihazı Kimliği (IMEI)
- Uluslararası Mobil İstasyon Cihazı Kimliği ve Yazılım Sayısı (IMEISV)

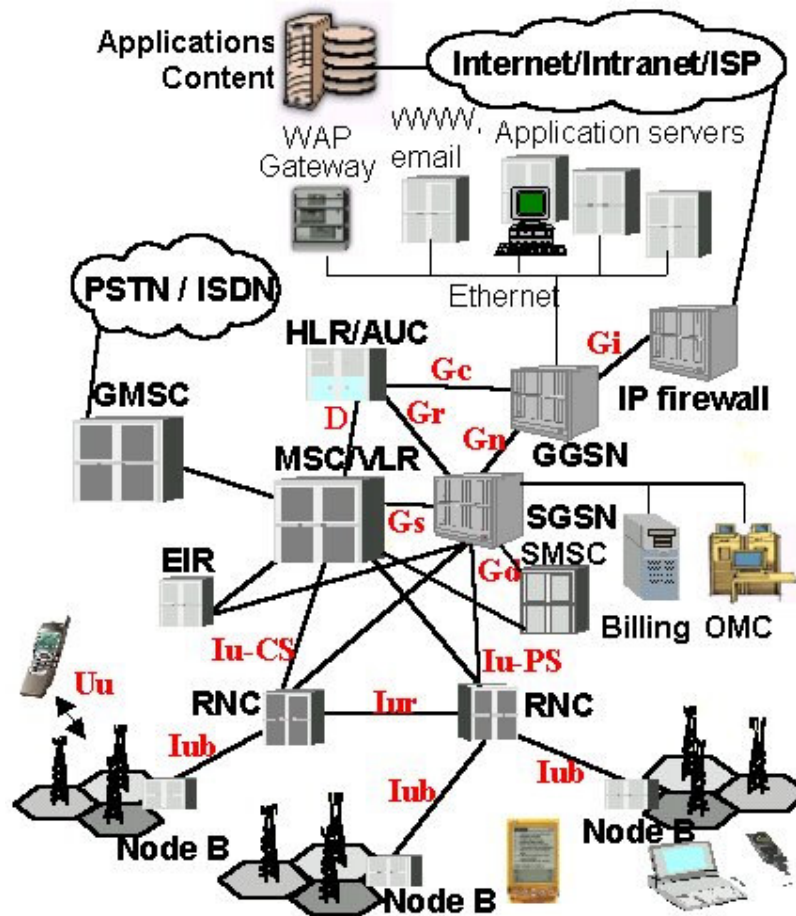
UMTS mobil istasyonu aşağıdaki üç işlem kipinden birini kullanabilir:

- **İşlemin PS/CS kipi:** MS, PS ve CS tanım bölgelerinin her ikisine de bağlanır ve MS, PS ve CS servisleriyle eş zamanlı işlem yapabilme kapasitesine sahiptir.
- **İşlemin PS kipi:** MS, sadece PS tanım bölgesine bağlanır ve sadece PS bölgesinin servisleriyle işlem görebilir. Fakat PS tanım bölgesi üzerinden CS tipi servislerin sunulmasını engellemez (VoIP gibi) .
- **İşlemin CS kipi:** MS, sadece CS tanım bölgesine bağlanır ve CS bölgesi servisleriyle işlem görebilir.

UMTS IC kartı GSM SIM kartı ile aynı fiziksel karakteristiklere sahiptir. Bu kartın çeşitli fonksiyonları vardır:

- Kullanıcı servis kimlik modülünün (USIM) uygulamasının desteklenmesi (opsiyonel olarak birden fazla)
- USIM üzerindeki bir ya daha fazla kullanıcı profilinin desteklenmesi
- USIM özgül bilgisinin kablosuz güncellenmesi
- Güvenlik fonksiyonları
- Kullanıcı kimliğini kanıtlama
- Ödeme şekillerinin isteye bağlı dâhil edilmesi
- Yeni uygulamaların isteğe bağlı güvenli yüklenmesi

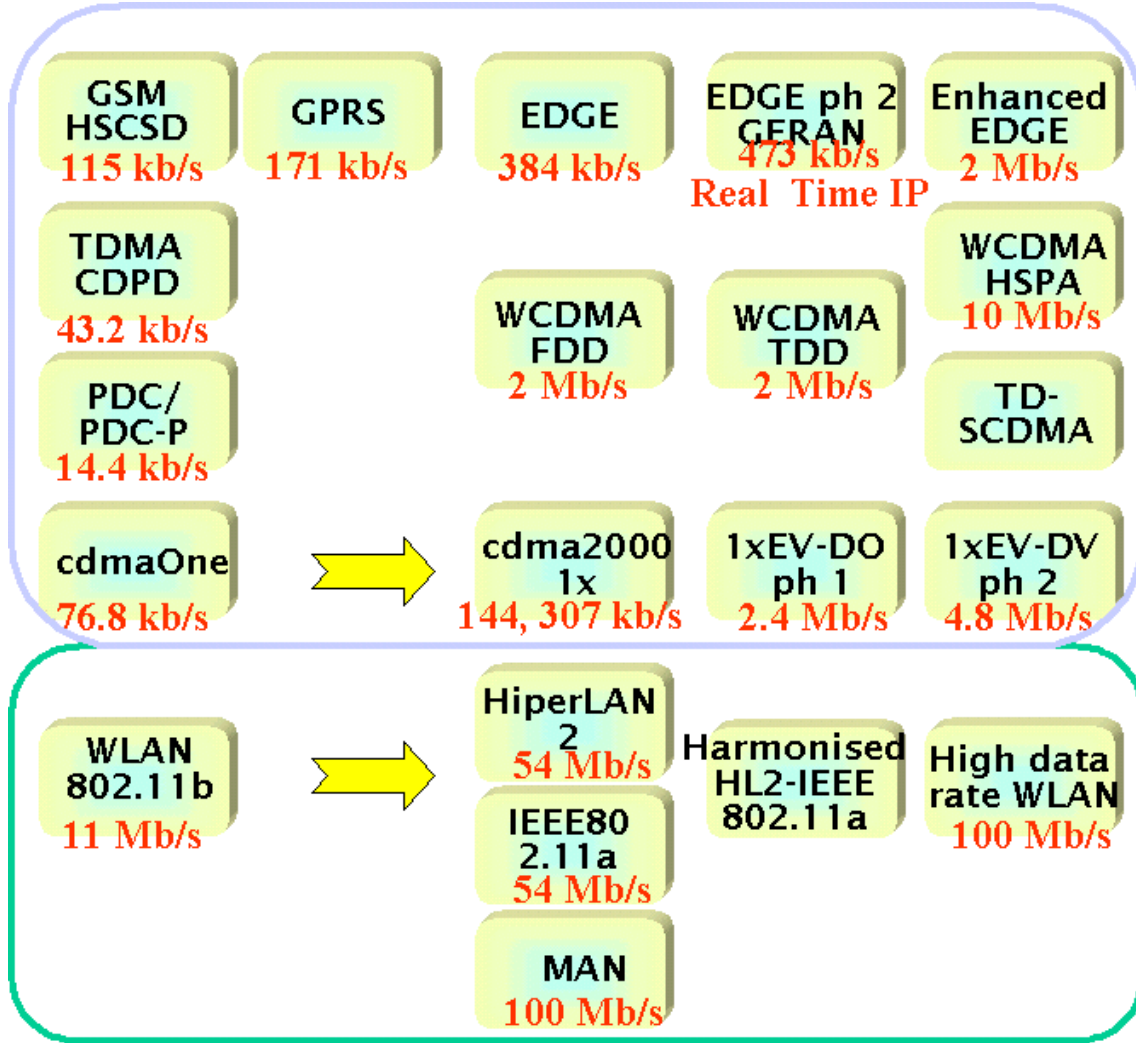
Aşağıdaki resim, bir UMTS 3G ağına nasıl kurulduğunu gösterir.



Şekil 4.1 UMTS ağıının yerleşim örneği
(Ref. www.umtsworld.com)

4.3 3G ve LAN Veri Hızları

Aşağıda 2G, 2.5G, 3G ve üstü değerlerin teorik maksimum veri hızları ve bunların LAN veri hızlarıyla karşılaştırılmaları verilmiştir.



Şekil 4.2 Mobil sistemlerin (üst) ve LAN'ların (alt) veri hızları
(Ref. www.umtsworld.com)

4.4 3G Frekansları

“IMT-2000 çözünürlüğü için WARC-92 frekanslarına” göre: 1885-2025 MHz ve 2110-2200 MHz bantları Uluslararası Mobil İletişimleri-2000 (IMT-2000)’i gerçekleştirmeyi isteyen yönetimler tarafından dünya çapında bir tabanda kullanılmak üzere hedeflenir. Bu tip bir kullanım diğer servisler tarafından bu bantların kullanımını engellemez.

UMTS frekanslarının özeti aşağıdadır:

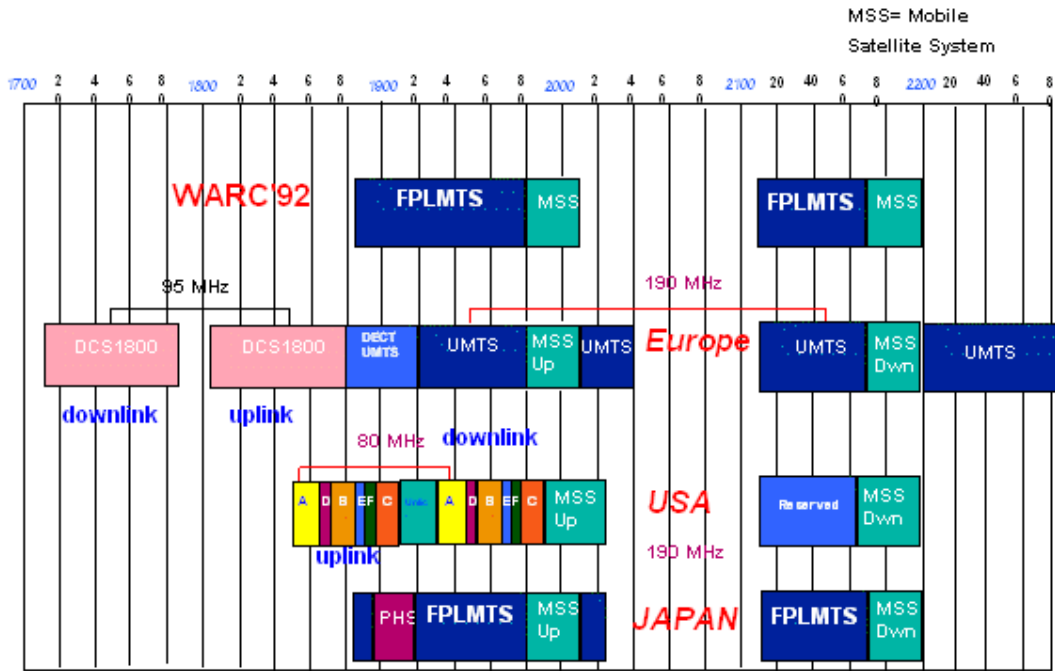
1920–1980 ve 2110–2170 MHz Çift yönlü Frekans Bölüşümü (FDD, W-CDMA) yukarı yönde ve aşağı yönde çifti, kanal aralığı 5 MHz ve tarama 200 kHz’dir. Bir operatör, yüksek hızlı, yüksek kapasiteli bir ağ inşa etmek için 3 – 4 kanala (2x15 MHz veya 2x20 MHz) ihtiyaç duyar.

1900–1920 ve 2010–2025 MHz Çift yönlü Zaman Bölüşümü (TDD, TD/CDMA) Eşsiz, kanal aralığı 5 MHz ve tarama 200 kHz’dir. Tx ve Rx, frekans olarak ayrılmamıştır.

1980–2010 ve 2170–2200 MHz Uydu UL ve DL.

Taşıyıcı frekanslar bir UTRA Mutlak Radyo Frekansı Kanal Sayısı (UARFCN) ile gösterilir. Frekans ve UARFCN arasındaki genel formül:

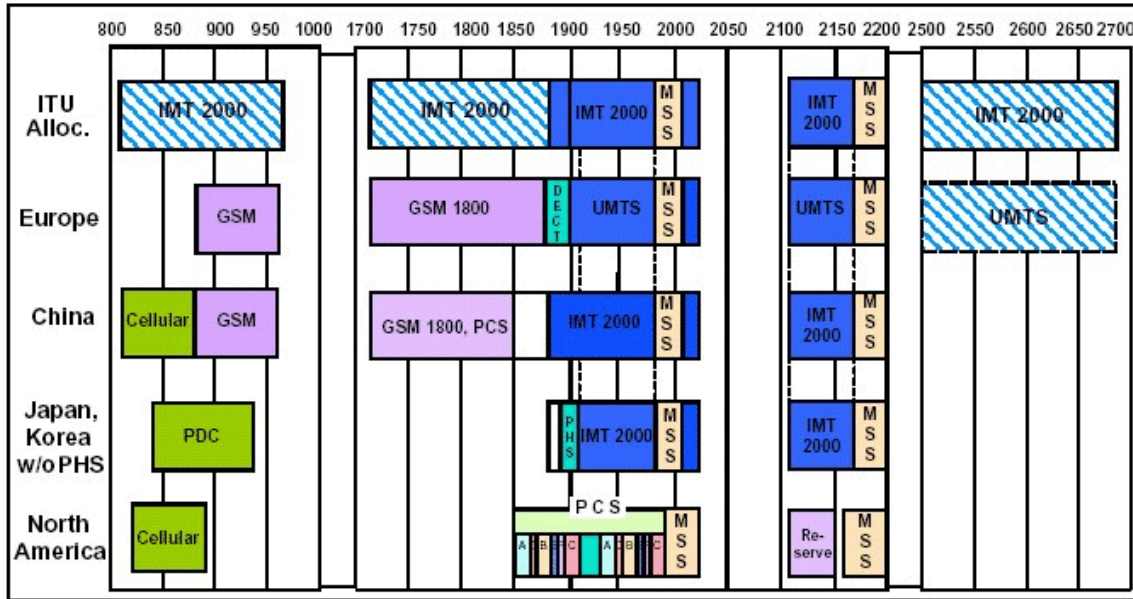
$$\text{UARFCN} = 5 * (\text{MHz olarak frekans})$$



Şekil 4.3 WARC-92 IMT-2000 frekansları
(Ref. www.umtsworld.com)

4.5 WRC-2000

- IMT-2000 için 1710 – 1885 ve 2500 – 2690 MHz bantlarını tanır.
- Esas olarak mobil servislere ayrılan 806 – 960 MHz bandının parçalarını tanır.
- Yüksek seviyeli platform istasyonlarının (HAPS) sınırlı koşullarda yersel IMT-2000 için WARC-92 frekans bantlarını kullanabileceğini kabul etmiştir.
- Pazar gelişmelerine bağlı olarak 2500 – 2520 MHz ve 2670- 2690 MHz bantlarının yanı sıra 1525 – 1544, 1545 – 1559, 1610 – 1626.5, 1626.5 – 1645.5, 1646.5 – 1660.5 ve 2483.5 – 2500 MHz frekans bantlarının IMT-2000'nin uydu bileşeni için kullanılabileceğine karar vermiştir.
- “1710 – 1885 MHz ve 2500 – 2690 MHz bantlarının veya bantlarının bir kısmının, Uluslararası Mobil İletişimleri-2000 (IMT-2000)’i gerçekleştirmeyi amaçlayan yönetimler tarafından kullanımı için tanımlanmasına karar verilmiştir. Bu tanımlama servislerin herhangi bir uygulaması tarafından bu bantların kullanımını engellemez ve radyo düzenlemelerinde öncelik sağlamaz.”



Şekil 4.4 WRC-2000 IMT-2000 frekansları
(Ref. www.umtsworld.com)

TS 25.101 Belirtimi:

İşletim Bandı	UL Frekansları UE Verici, Node B Alıcı	DL Frekansları UE Alıcı, Node B Verici
I	1920 – 1980 MHz	2110 – 2170 MHz
II	1850 – 1910 MHz	1930 – 1990 MHz
III	1710-1785 MHz	1805-1880 MHz

UTRA FDD frekans bantları

İşlem Bandı	TX-RX frekans dağılımı
I	190 MHz
II	80 MHz.
III	95 MHz.

TX-RX frekans ayrımı

	UARFCN	Taşıyıcı Frekansı (MHz)
Uplink	$N_u = 5 * F_{uplink}$	$0.0 \text{ MHz} \leq F_{uplink} \leq 3276.6 \text{ MHz}$ where F_{uplink} is the uplink frequency in MHz
Downlink	$N_d = 5 * F_{downlink}$	$0.0 \text{ MHz} \leq F_{downlink} \leq 3276.6 \text{ MHz}$ where $F_{downlink}$ is the downlink frequency in MHz

UARFCN tanımı

İşlem Bandı	Yukarı Yönde UE verici, NodeB alıcı	Aşağı Yönde UE alıcı, Node B verici
I	9612 to 9888	10562 to 10838
II	9262 to 9538 and 12, 37, 62, 87, 112, 137, 162, 187, 212, 237, 262, 287	9662 to 9938 and 412, 437, 462, 487, 512, 537, 562, 587, 612, 637, 662, 687
III	8562 to 8913	9037 to 9388

UTRA Mutlak radyo frekans kanal sayısı

4.6 Temel UMTS Kodları

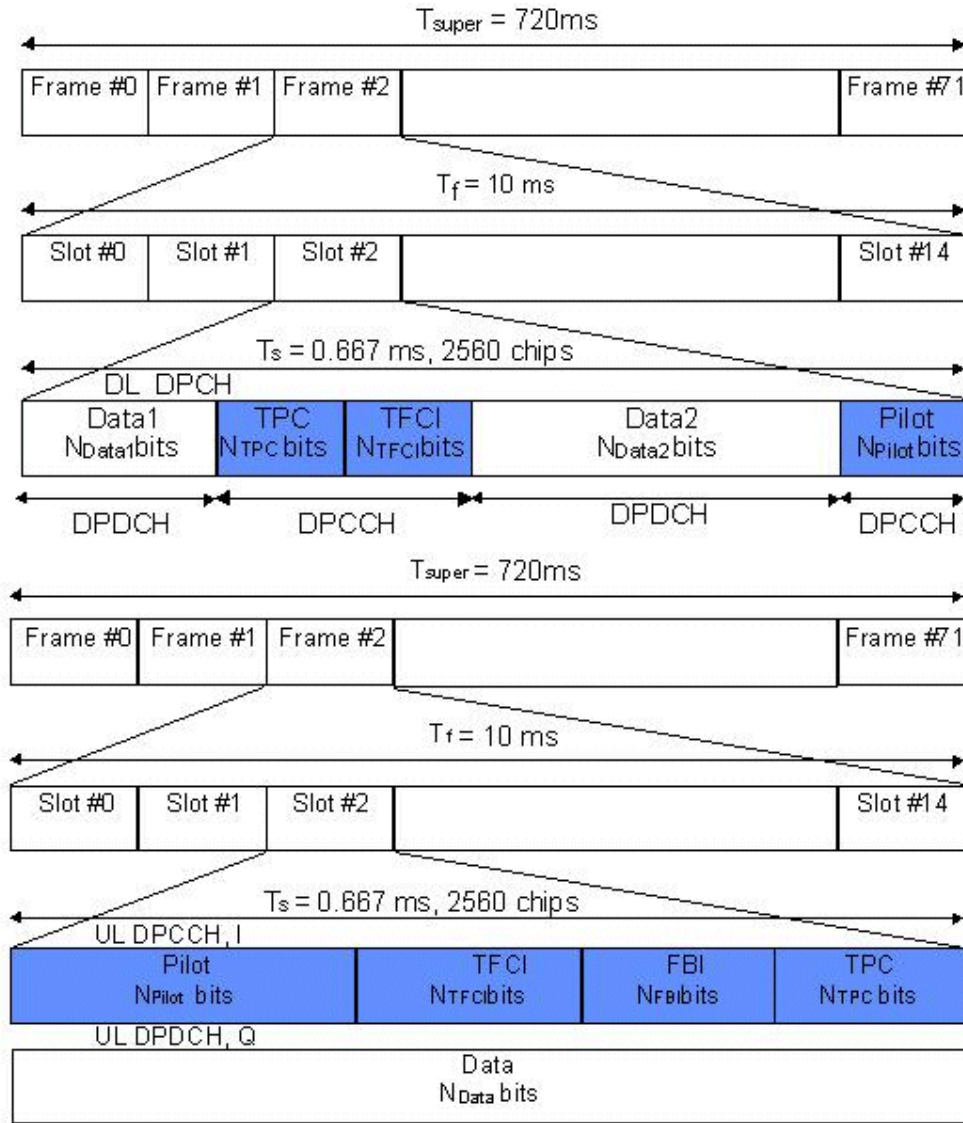
Aşağıda temel UMTS FDD kodlarının bir özeti verilmiştir:

	Senkronizasyon Kodları	Kanallama Kodları	Karıştırma Kodları, UL	Karıştırma Kodları, DL
Tip	Altın kodlar Birincil Senkronizasyon Kodları (PSC) ve İkincil Senkronizasyon Kodları (SSC)	Dikgen Değişken Yayılım Faktörü (OVSF) kodları zaman zaman Walsh Kodları olarak söylenir	Kompleks-Değerli Altın Kod Parçaları (uzun) veya Kompleks-Değerli S(2) Kodları (kısa) Sözde Gürültü (PN) kodları	Kompleks-Değerli Altın Kod Parçaları Sözde Gürültü (PN) kodları
Uzunluk	256 çip	4-512 çip	38400 çip / 256 çip	38400 çip
Süre	66.67 μ s	1.04 μ s - 133.34 μ s	10 ms / 66.67 μ s	10 ms
Kod numarası	1 birincil kod / 16 ikincil kodlar	= yayılım faktörü 4 ... 256 UL, 4 ... 512 DL	16,777,216	Her bir birincil kod için 512 birincil/15 ikincil
Yayılma	Hayır, bant genişliğini değiştirmez	Evet, bant genişliğini artırır.	Hayır, bant genişliğini değiştirmez.	Hayır, bant genişliğini değiştirmez.
Kullanım	Terminallerin yerleşmesini ve hücrelerin ana kontrol kanallarının senkronizasyonunu sağlar.	UL: fiziksel veriyi ve kontrol verisini aynı terminalden ayırmak DL: bağlantıyı aynı hücredeki farklı terminallere ayırmak	Terminal ayrımı	Sektör ayrımı

4.7 UMTS Zaman Dilimleri

UMTS kullanılan kanala bağlı olarak birçok farklı zaman dilimi biçimlerine sahiptir. Aşağıda DPCH (Özgül Fiziksel Kanal) aşağı yönde ve yukarı yönde zaman dilimlerinin bir örneği verilmiştir.

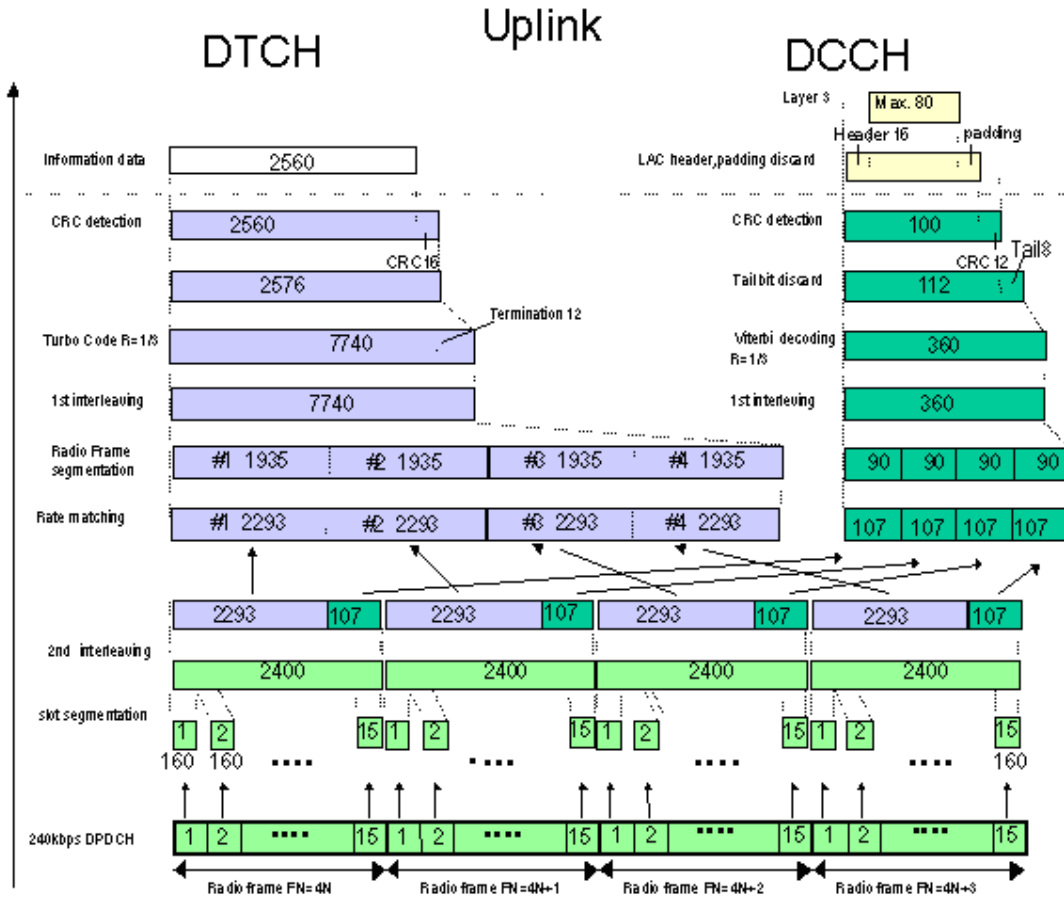
TCP, İletim Güç Kontrolü'nü temsil eder. Geribeslemeli Bilgi (FBI), kapalı geribeslemeli iletim çeşitliliği için kullanılır. İletim Formatı Kombinasyon Göstergisi (TFCI) veri hızları ile ilgili bilgiyi içerir. Pilot bitler her zaman ayındır ve kanal eş zamanlaması için kullanılır.



Şekil 4.5 DPCH zaman dilimi yapısı
(Ref. www.umtsworld.com)

4.8 Kanal Kodlaması

DTCH ve DCCH için kanal kodlama ve çoğullama örneği:



Şekil 4.6 UL 64 kbps kanalı için kanal kodlama örneği
(Ref. www.umtsworld.com)

4.9 UTRA Kanalları

UTRA FDD radyo arayüzü, önce iletim kanallarına sonra tekrar fiziksel kanallara kopyalanan mantıksal kanallara sahiptir. Mantıksaldan iletim kanalına dönüşüm, Data Bağ Tabakasında (Tabaka 2) daha düşük bir alttabaka olan Orta Erişim kontrol (MAC) tabakasında oluşur.

Mantıksal Kanallar:

Yayın Kontrol Kanalı (BCCH), aşağı yönde(DL)

Arama Kontrol Kanalı (PCCH), DL

Özgül Kontrol Kanalı (DCCH), UL/DL

Ortak Kontrol Kanalı (CCCH), UL/DL

Özgül Trafik Kanalı (DTCH), UL/DL

Ortak Trafik Kanalı (CTCH), Tekyönlü

İletim Kanalları:

Özgül İletim Kanalı (DCH), UL/DL, DCCH ve DTCH'ye kopyalanmış

Yayın Kanalı (BCH), DL, BCCH'ye kopyalanmış

İleri Erişim Kanalı (FACH), DL, BCCH, CCCH, CTCH, DCCH ve DTCH'ye kopyalanmış

Arama Kanalı (PCH), DL, PCCH'ye kopyalanmış

Rastgele Erişim Kanalı (RACH), UL, CCCH, DCCH ve DTCH'ye kopyalanmış

Yukarı Yönde Ortak Paket Kanalı (CPCH), UL, DCCH ve DTCH'ye kopyalanmış

Aşağı Yönde Paylaşılmış Kanal (DSCH), DL, DCCH ve DTCH'ye kopyalanmış

Fiziksel Kanalları:

Birincil Ortak Kontrol Fiziksel Kanalı (PCCPCH), BCH'ye kopyalanmış

İkincil Ortak Kontrol Fiziksel Kanalı (SCCPCH), FACH, PCH'ye kopyalanmış

Fiziksel Rastgele Erişim Kanalı (PRACH), RACH'ye kopyalanmış

Özgül Fiziksel Veri Kanalı (DPDCH), DCH'ye kopyalanmış

Özgül Fiziksel Kontrol Kanalı (DPCCH), DCH'ye kopyalanmış

Fiziksel Yer Uydu Bağlı Paylaşılmış Kanal (PDSCH), DSCH'ye kopyalanmış

Fiziksel Ortak Paket Kanalı (PCPCH), CPCH'ye kopyalanmış

Senkronizasyon Kanalı (SCH)

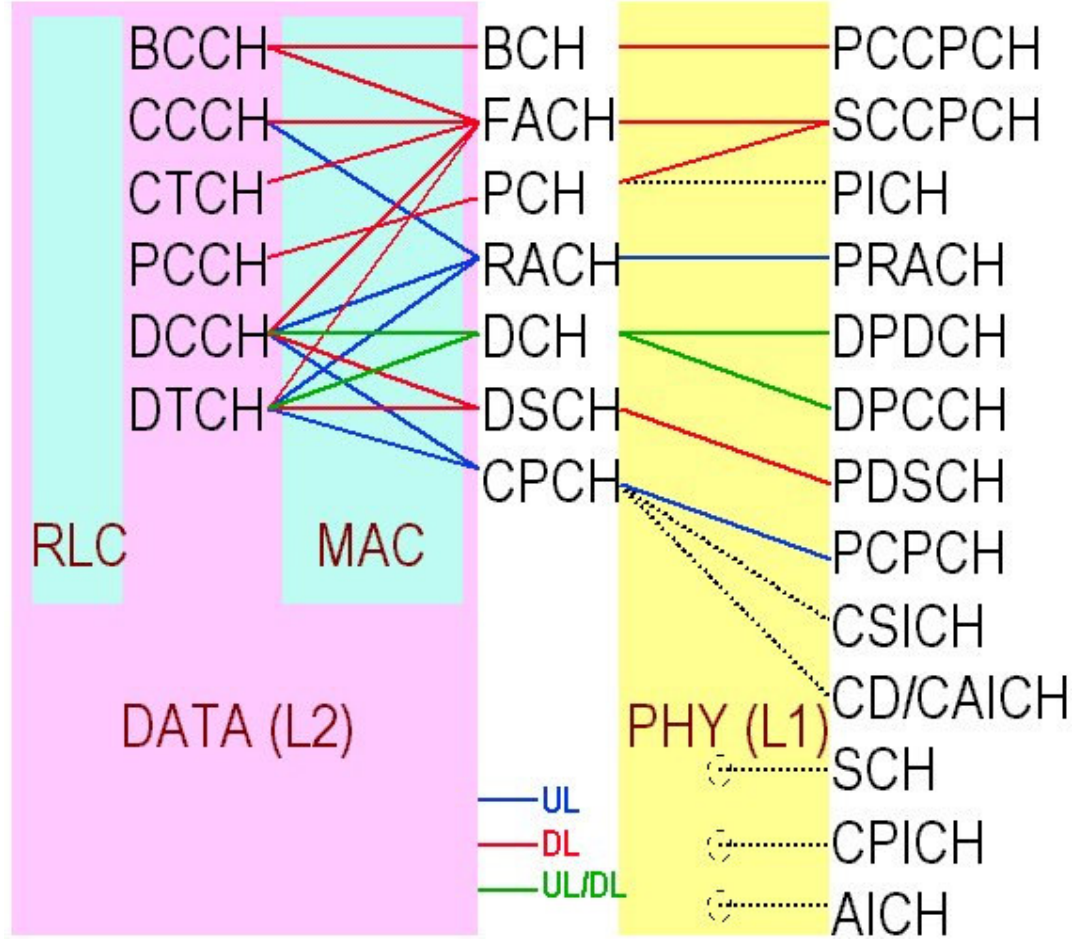
Ortak Öncü Kanal (CPICH)

Yakalama Gösterge Kanalı (AICH)

Arama Gösterge Kanalı (PICH)

CPCH Durum Gösterge Kanalı (CSICH)

Çarpışma Algılaması/ Kanal Ataması Gösterge Kanalı (CD/CA-ICH)



Şekil 4.7 UTRA kanalları
(Ref. www.umtsworld.com)

5. HSDPA (Yüksek Hızlı Aşağı Yönde Paket Erişimi)

UMTS için hava arabasını sağlayan W-CDMA teknolojisi, 3GPP (Üçüncü kuşak Ortaklık Projesi) tarafından tanımlanan 3G sistemi, en mükemmel koşullarda saniyede 2 Mb'ya kadar tepe veri hızları iletebilir. Ancak tipik ağ konuşlandırmalarında, bir hücre, hücre kullanıcıları arasında paylaşılmak üzere yaklaşık olarak saniyede 1 Mb'lık bir maksimum kapasiteye sahip olacaktır. En yüksek kullanıcı veri hızları 384kb/s olarak sınırlanmıştır.

3GPP W-CDMA'nın sürüm 5 belirtileri, tepe veri hızlarını arttırarak ve paket gecikme süresini azaltarak paket veri uygulamaları için sistemi daha etkin yapacak şekilde HSDPA'yı ekler. HSDPA için varsayılan tepe veri hızı yaklaşık olarak 14 Mb/s olmasına rağmen ulaşılan gerçek hız bundan daha düşük olacaktır. HSDPA'nın performansı büyük ölçüde hücre boyutuna bağlıdır. Makro hücre uygulamalarında HSDPA, W-CDMA veri kapasitesini bir kullanıcının 1Mb/s'lik geliştirilebilir tepe veri hızları ile belki sadece yüzde 30 geliştirebilir.

Ancak ortak kanal girişiminin çok düşük olduğu mikro ve piko hücre konuşlandırmalarında HSDPA temel W-CDMA üzerinden çok daha yüksek performans iletebilir. Net gelişimi önceden tahmin etmek oldukça zordur çünkü hiçbir standart hale getirilmemiş gerçek kanal koşullarına ve BTS'nin gerçek zamanlı kapasitesine bağlıdır. Ancak Sürüm 5 için güvenilir hesaplamalar saniyede 3Mb'e varan hatta daha ileri UE alıcı ve gelişmiş BTS paket zaman çizelgelemesi içeren Sürüm 6'da saniyede 5 Mb'a çıkan hücre kapasitesi gösterir. Tepe kullanıcı veri hızları her ne kadar uzun süreli sürdürülebilir olmasa da kısa zaman aralıkları için saniyede 3.6Mb'e ulaşabilir.

HSDPA teknolojisi, 3GPP Sürüm 99 ile geçmişle bağdaşır, böylece W-CDMA için geliştirilmiş ses ve veri uygulamaları hala güncelleştirilmiş ağlarda çalışabilecek ve aynı radyo kanalları W-CDMA ve HSDPA servislerini eş zamanlı destekleyecektir.

HSDPA'nın W-CDMA'ya eklenmesinin sonucu E-GPRS'nin GSM'e eklenmesinin sonucu ile benzerdir: yani, tepe veri hızlarında gelişme ve sistem kapasitesinde, özellikle küçük hücrelerde, genel artıştır. GSM operatörleri, HSDPA'nın kolayca uyarlanması için çalışıyorlar. Bu da tasarım ve test mühendislerinin BTS ve UE' de yeni HSDPA özelliklerini geliştirmelerini ve denemelerini sağlayan uygun test ekipmanlarına/donanımlarına ihtiyaç duymaları demektir.

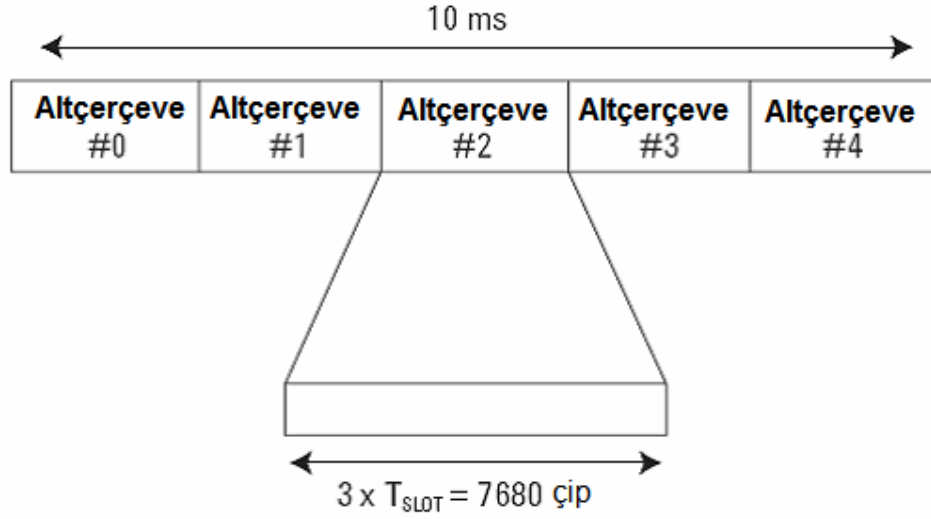
5.1 HSDPA Tarafından Tanıtılan Değişiklikler

W-CDMA sisteminin performansını yükseltmek için HSDPA, radyo arabağlarında özellikle fiziksel ve iletim katmanlarını etkileyen bir dizi değişiklik yapar.

- Kısa radyo çerçevesi
- Yeni, yüksek hızlı aşağı yönde kanalları
- QPSK modülasyonuna ek olarak 16 QAM modülasyonunun kullanımı
- Zaman çoğullaması ile birleşmiş kod çoğullaması
- Yeni bir yukarı yönde kontrol kanalı
- Uyarlanılabilen modülasyon ve kodlama (AMC) kullanarak hızlı bağlantı uyarlaması
- Karma otomatik yineleme istemli (HARQ)'nin kullanımı
- Node-B'ye geçirilen ortam erişimli kontrol (MAC) zaman çizelgelemesi fonksiyonu

5.2 HSDPA Çerçeve Yapısı

HSDPA radyo çerçevesinin (aslında W-CDMA mimarisindeki alt çerçevenin) uzunluğu 2 ms'dir. Bu da tanımlanan W-CDMA slotlarının üçüne eşittir. Şekil 5.1'de gösterildiği gibi 10 ms'lik bir W-CDMA çerçevesinde beş HSDPA alt çerçevesi vardır. En kısa çerçeve boyutu kısa bir süre için bir veya birden fazla kanala kullanıcı veri iletimlerinin ulaştırılmasını sağlar, bu da kod kümesinin yanı sıra zaman bölgesinde de ağıın özkaynak atamalarının yeniden ayarlamasını sağlar.



Şekil 5.1 10 ms'lik W-CDMA çerçevesinde beş HSDPA alt çerçeve vardır
(Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

5.3 Yeni Kanallar

HSDPA, W-CDMA'ya yeni fiziksel kanallar ve bir de yeni taşıyıcı kanal sunar. İki yeni tip fiziksel kanal aşağı yöne eklenir:

- Yararlı yük verisi taşıyan yüksek hızlı fiziksel aşağı yönde paylaşılmış kanal (HS-PDSCH)
- UE kimliği ve ilişkilendirilmiş HS-PDSCH(s)'nin kanal parametrelerini taşıyan yüksek hızlı paylaşılmış kontrol kanalı (HS-SCCH)

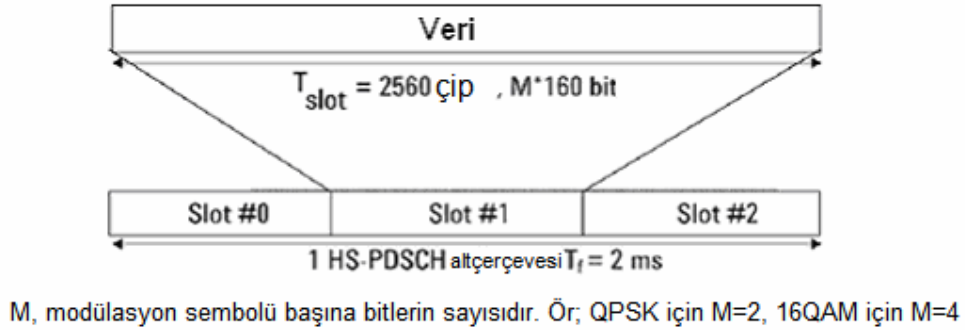
Bir yeni taşıyıcı kanal da, yüksek hızlı aşağı yönde paylaşılmış kanal (HS-DSCH), aşağı yönde'te eklenir.

HSDPA'de, HARQ alındı (ACK-alındı bilgisi-) ve kanal kalite gösterge (CQI) bilgisini taşıyan bir yukarı yönde fiziksel kanalı, yüksek hızlı özgül fiziksel kontrol kanalı (HS-DPCCH) tanımlanmıştır.

Bu geliştirmelerle, Katman 2 (MAC katmanı) var olan W-CDMA mantıksal kanallarını (DCCH ve DTCH) yüksek hızlı iletim kanalı üzerine kopyalayabilir. Katman 1, sırasıyla iletim kanalı 15'e kadar bir ya da birden fazla fiziksel kanalların (HS-DSCH) üzerinden kopyalar. Sonrasında fiziksel kanal, HS-DSCH'yi kontrol etmek ve ona yardımda bulunmak için HS-SCCH ve HS-DPCCH'yi yaratır.

5.4 Aşağı Yönde Fiziksel Kanal Yapısı: HS-PDSCH

HS-PDSCH, HS-DSCH'yi iletmek için kullanılır. Şekil 5.2'de gösterildiği gibi, 2 alt çerçeve içerir. Kullanılan modülasyon tipine bağlı olmak üzere iki slot formatı (bit oranları) mümkündür.



Slot formatı #i	Kanal bit hızı (kb/s)	Kanal sembol hızı (ks/s)	SF	Bit/HS-DSCH Altçerçevesi	Bit/slot
0(QPSK)	480	240	16	960	320
1(16QAM)	960	240	16	1920	640

Şekil 5.2 HS-PDSCH'nin (Ref:3GPP TS 25.211 5.3.3.13) yapısı
 (Ref. Agilent Technologies "Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA" Application Note)

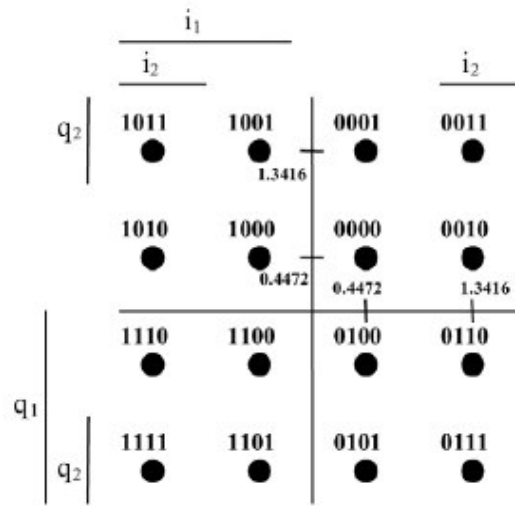
Her bir HS-PDSCH, HS-DSCH iletimi için ayrılmış kanal açma kod takımından 16'lık (SF 16) sabit yayılım faktörlü bir kanal açma kodu görevlendirilmiştir. HS-PDSCH kod numarası ayarlanabilir. HSDPA teknolojisi çok kodlu iletme izin verdiğiinden, UE aynı HS-PDSCH altçerçevesinde, UE'nin kapasitesiyle sınırlı olmak üzere, çoklu kanal açma kodları (çoklu HS-PDSCHs) olarak görevlendirilebilir.

HS-PDSCH'nin sembol hızı saniyede 240 ks/s'de sabittir, fakat kod sayısı değişkendir. Bir HS-PDSCH Dik Açık Faz Kaydırma (QPSK) modülasyonunu veya 16 dik açı genlik modülasyonunu (16QAM) kullanabilir. Böylece kanal bit hızı (480 kb/s veya 960 kb/s) modülasyon şemasına bağlı olarak değişiklik gösterebilir (QPSK veya 16 QAM). Kanal bit hızı kodlama uygulandıktan sonraki veri hızına karşılık gelir. Başlangıçta, 8PSK ve 64 QAM, HSDPA'da kullanılmak üzere düşünülmüştü ancak onlar Sürüm 5 belirtilmelerinin bir parçası değildirler.

HS-PDSCH'nin kendisi herhangi bir Katman 1 bilgisi iletmez. İlgili tüm katman 1 bilgileri ilgili HS-SCCH'de iletilir.

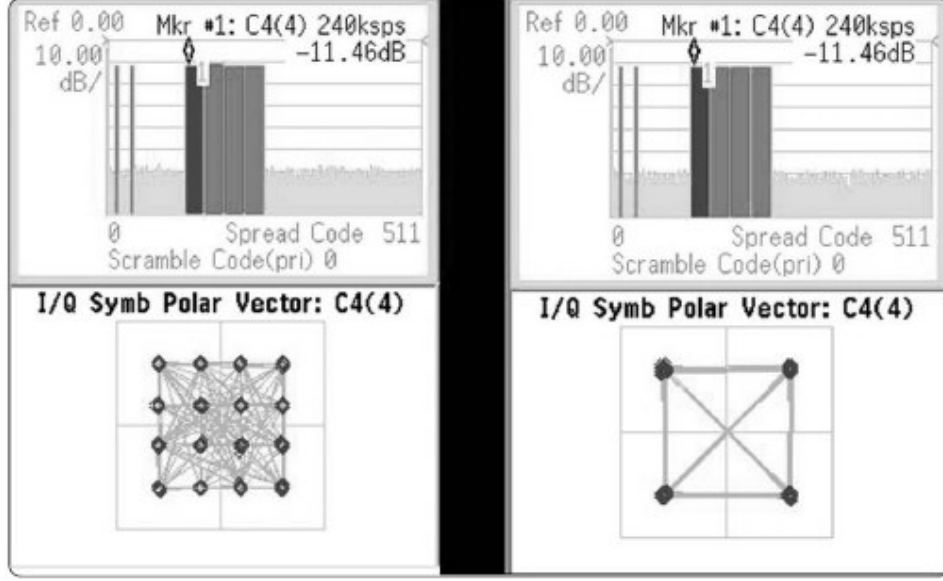
5.5 HS-PDSCH için Modülasyon Şemaları

Öteki W-CDMA aşağı yönde fiziksel kanallarında olduğu gibi HS-PDSCH modüle edilir, dağıtılır ve toplanır. Tek fark, HS-PDSCH’deki modülasyon kopyalamasının ya QPSK ya da 16 QAM modülasyonunu temsil edebilmesidir ve SF her zaman 16’da sabittir. Şekil 5.3’deki IQ takımı, belirtilerde anlatıldığı üzere, sembol bit denkliğini gösterir.



Şekil 5.3 IQ takımı, sembol bit denkliğini gösterir (Ref:3 GPP TS 25.213.5.1)
 (Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

Her biri atanmış dört HS-PDSCH’li 2 işaret için kod tanım bölgesi gösterimi Şekil 5.4’de gösterilir. Soldaki işaret 16 QAM modülasyonunu kullanır, sağdaki işaret ise QPSK modülasyonunu kullanır. Her bir işaret tipinin bir HS-PDSCH’i için takım gösterimi de aşağıda mevcuttur.



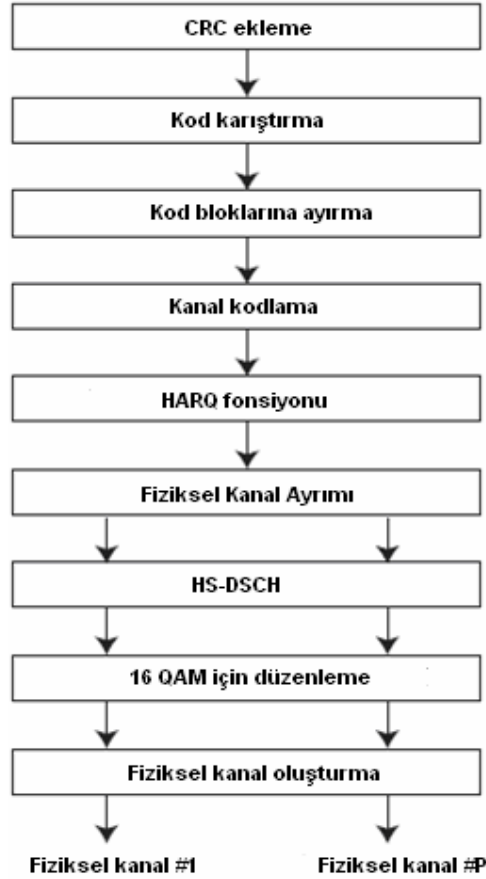
Şekil 5.4 16 QAM (solda) ve QPSK (sağda) kiplenmiş işaretleri için kod tanım bölgesi gösterimleri

(Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

5.6 Aşağı Yönde İletim Kanal Kodlaması

HS-DSCH, farklı kullanıcı iletimlerinin zaman çoğullamasını sağlamak amacıyla W-CDMA Sürüm 99’da ilk kez yer alan aşağı yönde paylaşılmış kanalından (DSCH) geliştirilmiştir. Daha yüksek veri hızları ve daha fazla spektral etkinlik elde etmek için hızlı güç kontrolü ve DSCH değişken yayılım çarpanı sürüm 5’deki kısa paket boyu, çoklu-kod işlemi ve HS-DCH’deki AMC ve HRQ gibi tekniklerle yer değiştirmiştir.

HS-DSCH için kodlama blokları Şekil 5.5’de gösterilmektedir. Kanal kodlama, Sürüm 99 1/3 turbo kodlayıcısına bağlı olarak her zaman 1/3 hızındadır (kodlayıcıya giren her bir bit için üç bit çıkar). Verimli kod hızı, iki aşamalı HARQ hız-uyumlama süreci boyunca uygulanan parametrelere bağlı olarak değişir.



Şekil 5.5 Aşağı yönde iletim kanalı kodlama süreci
 (Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

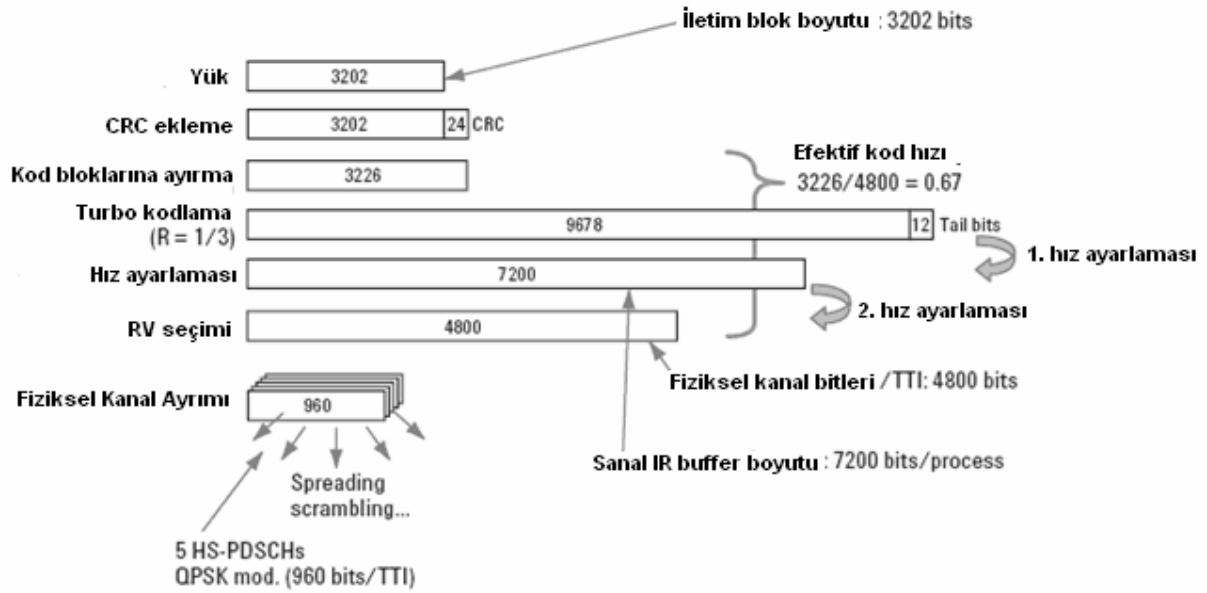
Bu süreç boyunca, kanal kodlayıcısının çıkışındaki bit sayısı HS-PDSCH’nin kopyalandığı HS-PDSCH kümesinin toplam bit sayısı ile eşleştirilir. HARQ işlevselliği artıklık sürüm (RV) parametresi tarafından kontrol edilir. Bu parametre esasen noktalama şemasını tanımlar. Çıkıştaki net bit kümesi giriş bitlerinin sayısına, çıkış bitlerinin sayısına ve RV parametrelerine bağlıdır.

Fiziksel kanal bölümlenmesi, bitleri birden fazla HS-PDSCH kullanıldığı zaman farklı fiziksel kanallar arasında bölüştürür. Serpiştirme, her bir fiziksel kanal için ayrı ayrı yapılır. Daha önceden de belirtildiği gibi, HSDPA hem QPSK modülasyonunu (W-CDMA’da belirtilmiş teknik) hem de 16 QAM’ yi kullanır. İkinci teknik, radyo koşulları iyi olduğu zaman tercih edilir. Takımsal yeniden

düzenleme, bir semboldeki dört bittten ikisinin diğer iki bite kıyasla daha yüksek hata olasılığının olduğu 16 QAM modülasyonuna uygulanır. Yeniden düzenleme, yeniden iletim süresinde meydana gelir ve yeniden iletim birleşiminin ardından ortalama olarak bitlerin hepsindeki hata olasılığını eşit olarak ayırır.

5.7 Kanal Kodlaması Örneği

Bir HS-DSCH kanal kodlaması örneği Şekil 5.6’da gösterilir. Kodlama, UE alıcısını test etmek için kullanılan sabit bir dayanak kanalına (FRC H-küme 4) karşılık gelir. İlk hız uyumlama safhası, giriş bitlerinin sayısını sanal bir artımlı artıklık (IR) yastığıyla eşleştirir. İkinci hız uyumlama safhası, sonuç bit sayısını iletim zaman aralığı (TTI) boyunca HS-PDSCH kümesinde mümkün olan fiziksel kanal bitlerinin sayısı ile eşleştirir. Bu safha RV parametresi tarafından kontrol edilir. Hız uyumlaması veri noktalamasını (puncturing) içerir, böylece her bir RV parametresi farklı bir noktalama şeması tanımlar.



Şekil 5.6 Kanal kodlama örneği (Ref:3GPP TS 25.101 A.7.1.4)

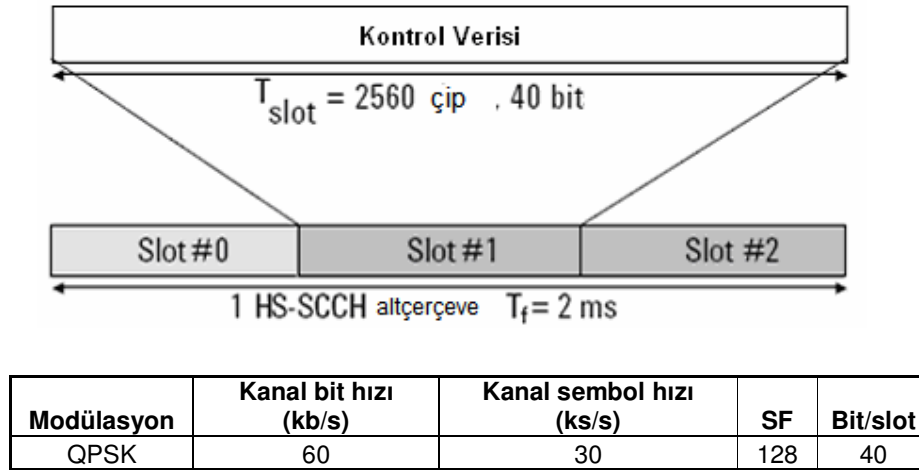
HS-PDSCH'lerin (bu örnekteki beş tanesi) sayısı ve modülasyon formatı RV seçiminden (QPSK modülasyonu için $960 \text{ bit} \times 5 = 4800 \text{ bit}$) sonraki fiziksel kanal bitlerinin sayısını tanımlar. Turbo-kodlama kod hızı $1/3$ 'de sabittir, ancak etkin kod hızı turbo-kodlama ile hız uyumlama safhalarının birleşimidir. Herhangi bir HS-DSCH için etkin kod hızı iletim blok boyutu, HS-PDSCH'nin sayısı ve modülasyon formatı bilindiği takdirde hesaplanabilir. Bu durumda verimli kod hızı 0.672 'dir veya $(3202 + 24) \text{ bit} / (960 \text{ bit} \times 5)$ 'dir.

5.8 Aşağı Yönde Fiziksel Kanal Yapısı: HS-SCCH

HS-SCCH, HS-DSCH iletim kanal iletimi ile ilgili işaretizasyon bilgilerini taşır. HS-SCCH bit hızı 60 kb/s 'de sabittir, ancak kod numarası ayarlanabilir. BTS dört ya da daha fazla HS-SCCH'yi maksimum 32 olmak üzere hücre başına iletebilir. Her bir UE, bu kanalların dört tanesine kadarını eşzamanlı denetler (HS-SCCH takımı olarak bilinen).

HS-SCCH, diğer aşağı yönde fiziksel kanallar gibi, dağılır ve toplanır.

Şekil 5.7 HS-SCCH'nin fiziksel kanal yapısını gösterir. Birinci slot, HS-PDSCH alımlaması için kanal açma kod takımı (7 bit) ve modülasyon şeması (1 bit) gibi kritik bilgileri taşır. Birinci slotı aldıktan sonra UE'nin bilgiyi çözmek ve HS-PDSCH'yi almaya hazırlanmak için sadece bir zaman dilimi vardır.



Şekil 5.7 HS-SCCH'nin yapısı (Ref: 3GPP TS 25.212 4.6)

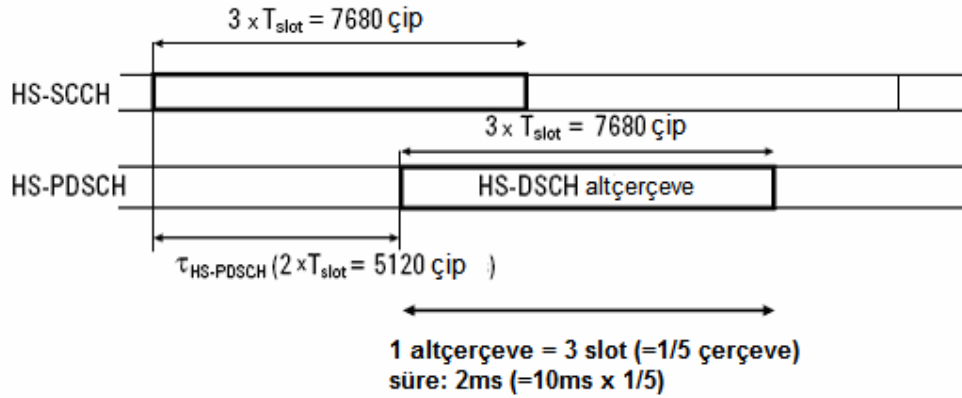
Tek bir HS-DSCH'ye kopyalanan HS-PDSCH'lerin (ya da kod kanalları) sayısı 1 ile 15 arasında dinamik bir şekilde değişir. Dikgen değişken yayılım faktör (OVSF) kodları kullanılır. Çoklu kodların sayısı ve verilen bir HS-DSCH'den kopyalanan HS-PDSCH'ler için denk kaydırma HS-DSCH üzerinde işaretlenir. Kaydırmadaki (O) çoklu kodları (P) şöyle ayrılır: Cch, 16, 0 ... Cch, 16, O+P-1. İkinci ve üçüncü slotlar, iletim blok boyutu (6 bit), HARQ bilgileri (3 bit), artıklık ve takım versiyonu (3 bit), ve de yeni veri göstergesi (1 bit) gibi HS-DSCH kanal kodlama bilgilerini taşırlar. Üç slot'un verileri 16 bitlik UE kimliği ile kaplıdır.

5.9 Aşağı Yönde Fiziksel Kanal Zamanlaması

Şekil 5.8 bir BTS'nin HS-SCCH alt çerçevesi üzerindeki HS-PDSCH alt çerçevesi –örneğin modülasyon planı- ile ilgili kontrol bilgisini nasıl gönderdiğini gösterir.

BTS, HS-PDSCH' i iletmeye başlamadan önce HS-SCCH alt çerçevesinin iki slotunu (veya 5,120 çip) iletir. Böylece, HS-SCCH ve HS-PDSCH bir slot (HS-SCCH'nin üçüncü slotsı) boyunca örtüşürler.

HS-PDSCH alt çerçevesi'nin çözülmesine ait bilgi, HS-SCCH alt çerçevesinin başlangıcında/başında aktarılmalıdır ve UE, hızlı bir şekilde HS-SCCH'yi çözmelidir ki UE HS-PDSCH' yi kaçırmassın.



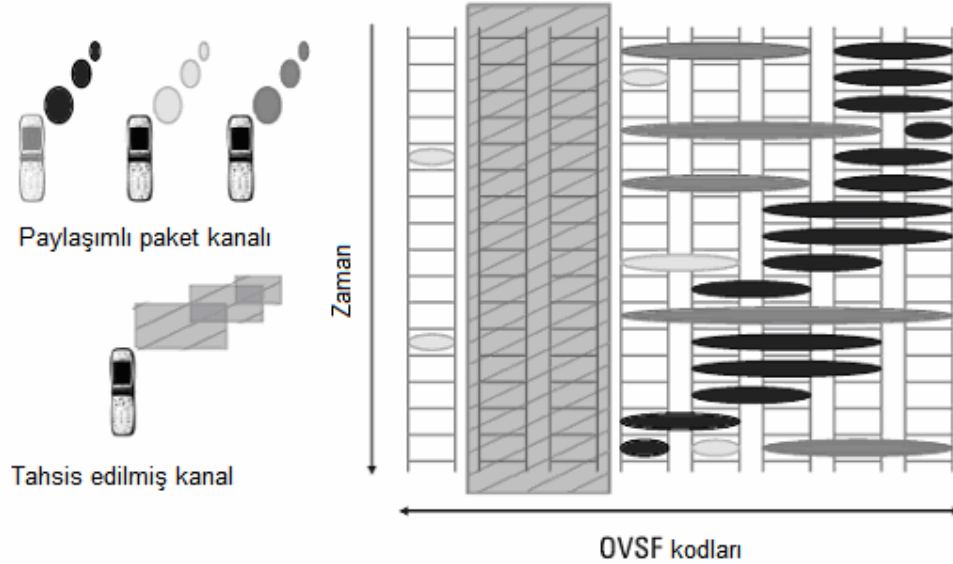
Şekil 5.8 Aşağı yönde fiziksel kanalların zamanlaması (Ref: 3GPP TS 25.211 7.8)

5.10 Aşağı Yönde CDM ve TDM'nin Kullanımı

Daha önceden belirtildiği üzere, kod alan çoğullaması (CDM) ve zaman alan çoğullamasının (TDM) her ikisi de HSPDA' da kullanılır.

Şekil 5.9'da gösterildiği gibi, çoklu UE'ler dikgen değişken yayılım faktör (OVSF) boşluk kodlarının farklı parçalarını kullanarak aynı alt çerçevede bilgi alabilir.

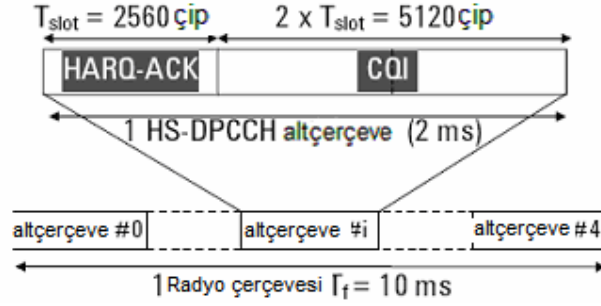
W-CDMA Sürüm 99'da kullanılan DPCH gibi özgül kanal ile HSDPA' da kullanılan HS-PDSCH gibi paylaşılmış paket kanal arasındaki temel fark paylaşılmış paket kanalın zaman tanım bölgesinde birçok kullanıcıyı da çoklayabilmesidir.



Şekil 5.9 Aşağı yönde kod ve zaman çoğullaması
 (Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

5.11 Yukarı Yönde Fiziksel Kanal Yapısı

HS-DPCCH, aşağı yönde HS-DSCH iletimine bağlı yukarı yönde geribesleme işaretlenmesini taşır. Bu işaretlenme HARQ alınılmasını (HARQ-ACK) ve kanal kalite göstergelerini (CQI) içerir, şekil 5.10'da gösterildiği üzere. Her 2 ms altçerçevesi –tıpkı aşağı yönde fiziksel kanallarındaki gibi- her bir slotsı 2,560 çiplik 3 slot içerir. HARQ-ACK HS-DPCCH altçerçevesinin birinci slotsında taşınır ve CQI de ikinci ve üçüncü slotlarda taşınır.



Slot formatı #i	Kanal bit hızı (kb/s)	Kanal sembol hızı (ks/s)	SF	Bit/altçerçeve	Bit/slot	Çerçeve başına iletilen slot
0	15	15	256	30	10	3

Şekil 5.10 HS-DPCCH'nin yapısı (Ref: 3GPP TS 25.211 5.2.1)

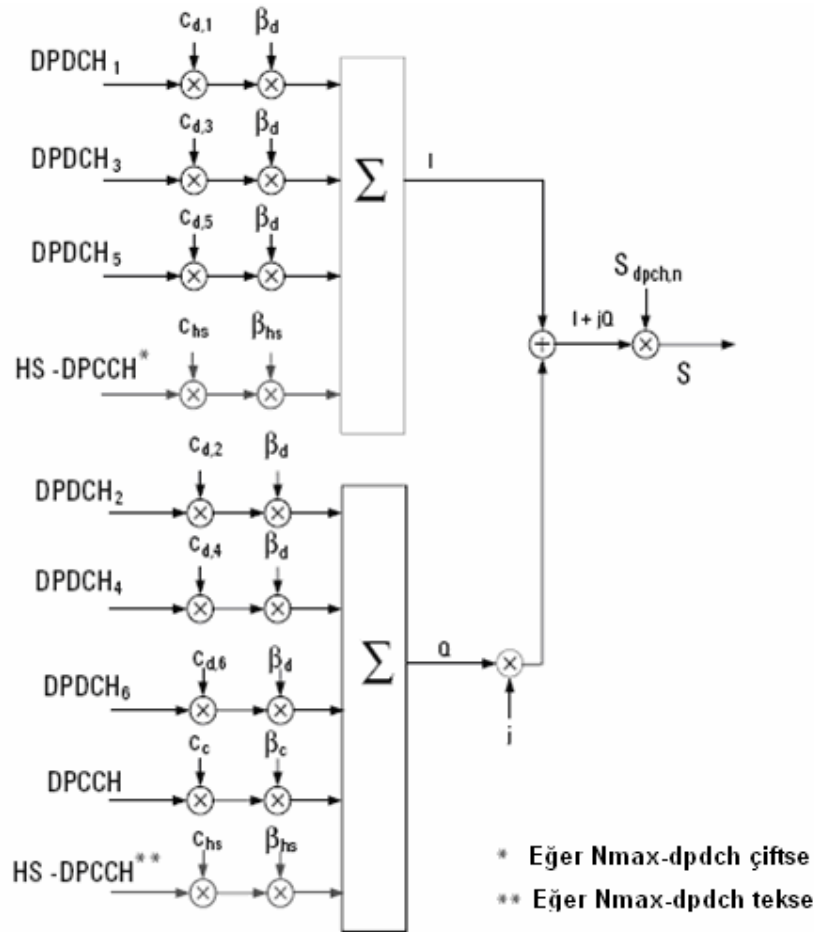
Her bir radyo bağında en çok bir tane HS-DPCCH vardır. HS-DPCCH sadece bir W-CDMA yukarı yönde DPCCH ile beraber bulunabilir.

HARQ-ACK ve CQI kodlaması için iki farklı yol kullanılır. HARQ-ACK bilgisi (1 bit), ACK 1 ve NACK 0 olarak kodlanırken, 10 bite kodlanır. CQI bilgisi, bir (20,5) kod kullanarak kodlanır. Kodlanmış bitler direkt olarak HS-DPCCH'ye kopyalanır.

CQI'nın geribesleme çevrimi 2ms'den sonsuzluğa (çalışamaz) kadar önceden tanımlanmış durumlarda ağ parametresi olarak kurulabilir. Şunu belirtmek gerekir ki aktif bir HS-DPCCH hiçbir HARQ-ACK veya CQI bilgisinin iletilmediği slotlara sahip olabilir. Böylelikle HS-DPCCH çoğuşmuş bir kanaldır.

5.12 Yukarı Yönde Yayılma ve Karıştırma

Şekil 5.11 uydu yer bağı yayılma ve karıştırmayı sağlayan süreci gösterir. IQ toplamalı blok üzerinde mümkün iki HS-DPCCH pozisyonu vardır. İletimde kullanılan DPDCH'lerin sayısının çift olması durumunda HS-DPCCH I-toplama yolunu takip eder, tek olma durumunda ise HS-DPCCH Q- toplama yolunu takip eder.



Şekil 5.11 HS-DPCCH için I ve Q toplamaları (Ref.3GPP 25.213 4.2.1)

I ve Q eksenlerindeki toplam gücü dengelemek için HS-DPCCH kanal açma kodu DPDCH kanalının işleklik durumuna göre farklılık gösterir. Çizelge 5.1'in gösterdiği gibi, örneğin sadece bir DPDCH kullanılırken HS-DPCCH, 64'lük bir kanal açma kodu ile Q yolu üzerindedir. Üç DPDCH kullanılırken HS-DPCCH 32'lik kodu ile Q yolundadır.

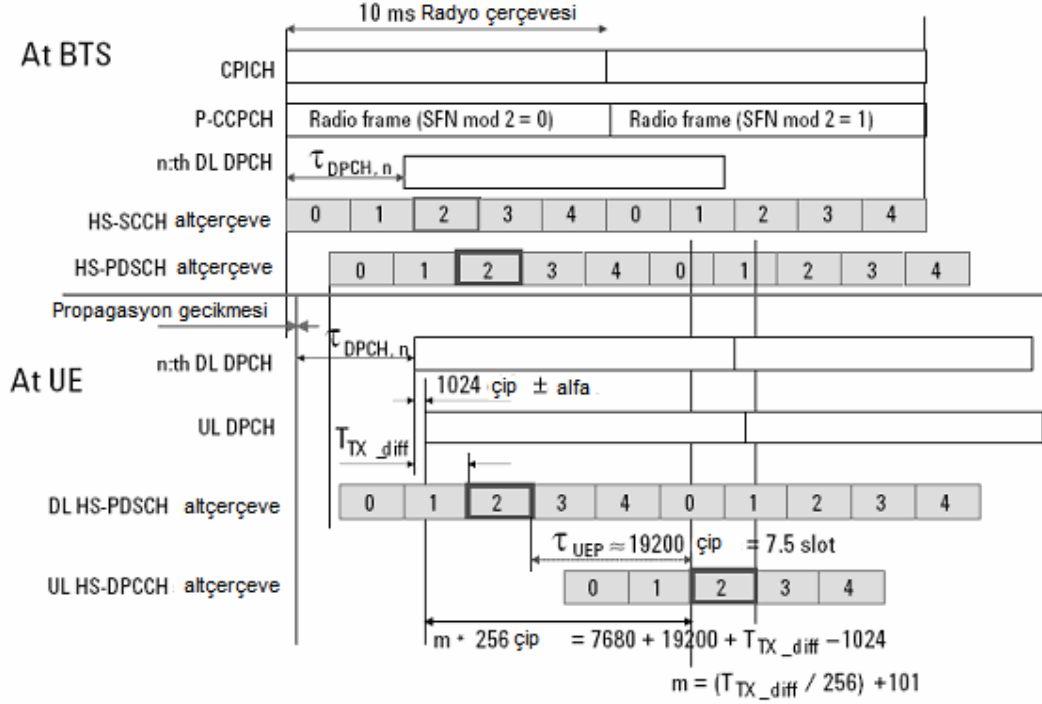
Çizelge 5.1 HS-DPCCH kanal açma kodu (Ref: 3GPP TS 25.213 4.3.1.2)

HS-DPCCH Kanallaşma kodu	
N_{max-dpdch}	Kanallaşma kodu C_{ch}
1	C _{ch,256,64}
2, 4, 6	C _{ch,256,1}
3, 5	C _{ch,256,2}

HS-DPCCH'nin güç seviyesi, uydu yer bağlı DPCCH'ya bir denge olarak kurulur. B_{hs} değeri, yüksek katmanlarıyla işaretlenmiş HARQ-ACK ve CQI alanlarının güç dengelerinden doğar.

5.13 Yukarı Yönde ve Aşağı Yönde Fiziksel Kanalların Radyo Çerçeve Zamanlaması

Yukarı yönde ve aşağı yönde fiziksel kanalların radyo çerçeve zamanlaması Şekil 5.12’de gösterilmiştir. HS-SCCH 0 altçerçevesi W-CDMA 10 ms radyo çerçevesi ile sıralanır.



Şekil 5.12 Aşağı ve yukarı yönde fiziksel kanalların zamanlaması (Ref: 3GPP TS 25.211 7.7 ve 7.8)

HS-DPCCH, benzer aşağı yönde HS-PDSCH altçerçevesinden sonra yaklaşık olarak 7.5 slot (19,200 chip) ile iletilir. HS-DPCCH üzerindeki UE'den gelen ACK/NACK yanıtının zamanlaması açık bir şekilde tanımlanır, böylece BTS, ilettiği her bir altçerçeve için yanıtın ne zaman geleceğini bilecektir.

HS-DPCCH iletim zamanı, yukarı yönde DPCH ve aşağı yönde DPCH ile altçerçevesi arasındaki iletim zamanı farkına dayanır.

Aşağı yönde HS-PDSCH altçerçevesinin başlangıcından yukarı yönde HS-DPCCH altçerçevesinin başlangıcına kadarki toplam süre bir şekilde üç altçerçeveden daha büyüktür.

Bu aşağı yönde ve yukarı yönde zamanlama bilgisi, HARQ süreçleriyle ilişkili olarak bu tezde tekrardan ele alınacaktır.

5.14 Saydama Karşı Saydam Olmayan Veri Servisleri

Kablosuz iletişimlerde, iki temel veri iletim tipi vardır.

- saydam—sabit hız, değişken hatalar (yeniden iletim yok)
- saydam olmayan—değişken hız, sıfır hata (yeniden iletim var)

HSDPA saydam olmayan veri iletimini kullanır. Kodlama gerçek zamanda değişir. Üretilen iş tahmin edilemez ve RF koşullarına bağlıdır. Amaç, en az radyo özkaynakları kullanarak çokça veriyi mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde iletmektir. Bu amaca ulaşmak için iki farklı bağ uyarlama teknikleri kullanılır: uyarlanabilir modülasyon ve kodlama (AMC) ve karma otomatik hata durumunda yineleme (HARQ).

5.15 Uyarlanabilir Modülasyon ve Kodlama (AMC)

Bağlantı uyarlaması , HSDPA'nın üretilen veri işini arttırdığı önemli metotlardan biridir. Kullanılan teknik, AMC, kanal koşullarına bağlı olarak aşağı yönde modülasyon-kodlama şemasını her bir kullanıcı için değiştirir. İletilen işaretin gücü, altçerçeve aralığı üzerinden sabit tutulur ve modülasyon ve kodlama biçimleri alınan geçerli işaret kalitesi veya alıcıdaki kanal koşullarına uyacak şekilde değiştirilir. Bu senaryoda, BTS'ye yakın kullanıcılar tipik olarak yüksek kod hızlarıyla yüksek derecede modülasyon ile görevlendirilirler (Örneğin 0.89lik bir etkin kod hızlı 16 QAM). Ancak, modülasyon-derecesi ve kod hızı BTS ile mesafe arttıkça azalacaktır. Daha önceden değinildiği üzere, 1/3 hızlı turbo kodlama kullanılır ve farklı etkin kod hızları çeşitli hız-uyumlama parametreleri aracılığıyla elde edilir.

HSDPA'da, UE kanal koşullarını BTS'ye HS-DPCCH'deki yukarı yönde kanal CQI alanı yoluyla bildirir. CQI değeri 0'dan 30'a kadar olabilir. (0 değeri “erişimin dışında” yı gösterir) Her bir CQI değeri belli bir iletim blok boyutu, birkaç HS-PDSCH'leri, modülasyon formatları, dayanak güç ayarlamaları, sanal IR yastık boyutu ve belli bir UE kategorisi için RV parametrelerine karşılık gelir.

Çizelge 5.2 1’den 6’ya UE Kategorileri için CQI çizelgesinden kodlama parametreleri (Ref: 3GPP TS 25.214 6A.2)

CQI Değeri	İletim blok büyüklüğü	HS-PDSCH Sayısı	Modülasyon	Baz alınan güç (dB)	N_{IR}^1	RV
0	Limit Dışı					
1	137	1	QPSK	0	9600	0
15	3319	5	QPSK	0	9600	0
16	3565	5	16QAM	0	9600	0
30	7168	5	16QAM	-8	9600	0

UE, geçerli bağlantı koşulları için teorik olarak kabul edilebilir blok hata oranı sağlayan (BLER) parametrelere karşılık gelen maksimum CQI değerini bildirir.

Bu durumda rapor edilen CQI değeri BTS tarafından diğer parametrelerle birlikte UE’ye bir sonraki paket iletimi için uygun kodlama konfigürasyonunu tayin etmek için kullanılır. Belli bir haberleşme için kodlama konfigürasyonunu tam olarak tanımlamak için BTS aşağıdaki parametreleri seçmelidir.

- iletim blok büyüklüğü
- modülasyon tipi—QPSK veya 16 QAM
- fiziksel yer uydu bağlı kodların sayısı (1’den 15’e)
- hız-uyumlama parametreleri: sanal IR yastık boyutu ve RV (veya veri yerleştirme şeması)

Böylece, sınırlı sayıda CQI değerleri olsa bile BTS’nin belli bir iletimi seçebileceği binlerce konfigürasyon vardır.

5.16 Etkin Kod Hızı ve Nominal Veri Hızı

İletim blok büyüklüğü, modülasyon tipi ve fiziksel aşağı yönde kodların sayısı şekil 6'da daha önce gösterildiği gibi etkin kod hızını tayin eder. Nominal veri hızı, HSDPA'da 2 ms olarak sabitlenmiş iletim zaman aralığı ile (TTI) bölünmüş iletim blok büyüklüğünden doğrudan hesaplanabilir.

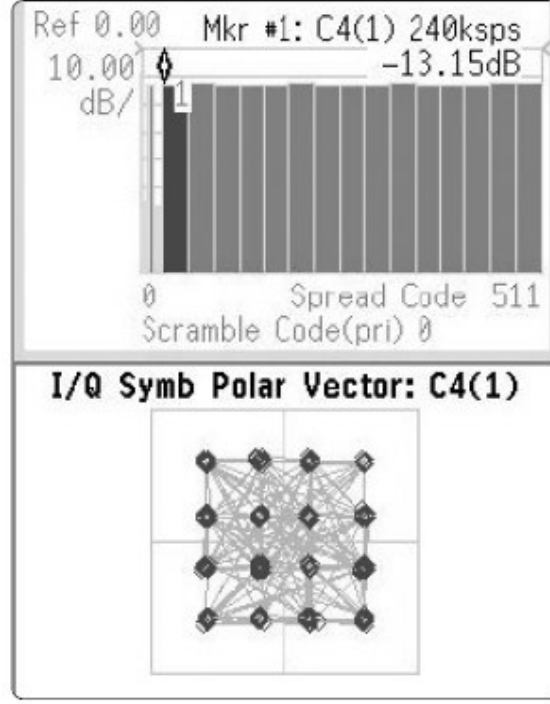
Bu nedenle, HSDPA'da modülasyon tipi, etkin kod hızı ve çoklu kodların sayısı değiştirilerek birçok nominal veri hızları (veya iletim blok büyüklükleri) elde etmek mümkündür. Nominal veri hızı, direkt olarak HSDPA'da 2ms'de sabit olan iletim zaman aralığı (TTI) ile bölünmüş iletim blok boyutundan hesaplanabilir.

Böylelikle, HSDPA'da bir çok nominal veri hızlarını elde etmek (veya iletim blok boyutları), modülasyon tipini, etkin kod hızını ve çoklu kodların sayısını değiştirerek mümkündür. Bu parametreler her altçerçeve (2 ms) için uydurulabilir.

5.17 Maksimum Veri Hızı

Örneğin, en büyük iletim blok büyüklüğü 27,952 bit'tir, ki bu değer 13.976 Mb/s lik en yüksek veri hızına karşılık gelir ($27,952 \text{ bit}/2\text{ms} = 13.976 \text{ Mb/s}$). Bu veri hızı 16 QAM, 0.9714 etkin kod hızı ve 15 HS-PDSCHs kullanılarak elde edilir.

Gerçek hayatta, HSDPA için 14 Mb/s rakamı ulaşılabilir bir değer değildir. Fiziksel olarak böyle bir kanalı yapılandırmak mümkündür, fakat bunun kullanılabildiği bir yer yoktur. Kanal konfigürasyonu mükemmele yakın bağlantı koşulları gerektirir.



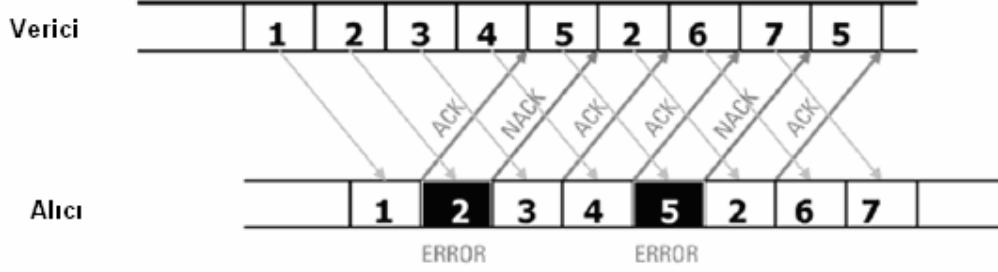
Şekil 5.13 15HS-PDSCHs 'nin kod tanım bölgesi gösterilişi (üst) ve tek bir HS-PDSCH'nin 16 QAM takım gösterilişi. (Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

Gerçekçi en tepe veri hızları muhtemelen 14 Mb/s den çok daha düşük olmalıdır. Bir örnek olarak, Release 5’de UE için en sıkı “tek bağlantı” uygunluk test gereksinmesi 1.6 nominal veri hızlı beş-kodlu QPSK kanalına dayanır. Gerekli işlem hacmi 1.269 Mb/s’dir. Sürüm 5’de UE için en sıkı “geri beslemeli çeşitleme” uygunluk test gereksinmesi 2.332 Mb/s nominal veri hızlı dört-kodlu 16 QAM kanalına dayanır. Bu durumda gerekli işlem hacmi 1.5 Mb/s’dir. Bu test durumlarının her ikisinde de işaretin gürültünün 10 dB üzerinde olması gerekir ve UE hücre gücünün yarısını harcar.

5.18 Karma ARQ (HARQ)

Karma otomatik yineleme istemi (HARQ) ileri beslemeli hata düzeltmesi (FEC) ve önceki başarısız girişimlerden elde edilen bilgileri ileriki kodlamada kullanılması için saklayan ARQ metotlarını birleştiren bir tekniktir.

HARQ kapalı bir bağlantı-uyarlama tekniğidir. Oysa AMC açık C/I veya modülasyon ve kodlama formatı oluşturmak için benzer ölçümleri kullanır, HARQ yeniden iletim kararları için bağlantı-tabaka alındılarını (ACK/NACK) kullanır. Başka bir ifadeyle, AMC kaba veri-hızı seçimi sağlar, oysa HARQ kanal koşullarına dayanan ince veri-hızı ayarı sağlar. Şekil 5.14'e bakınız.



Şekil 5.14 HARQ yeniden-iletim kararları almak için bağ-tabakası alındılarını kullanır
(Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

5.19 HARQ Yeniden-İletim (Ref: 25.858 7.1)

Yeniden-iletim için, HARQ başlangıç iletiminde kullanıldığı gibi aynı iletim-blok setini kullanır -- ve böylece aynı sayıda bilgi bit'i --. Bununla beraber, farklı bir modülasyon şeması, kanal açma- kod seti – kanal açma-kod setinin büyüklüğünü de içeren – veya iletim gücü kullanılabilir.

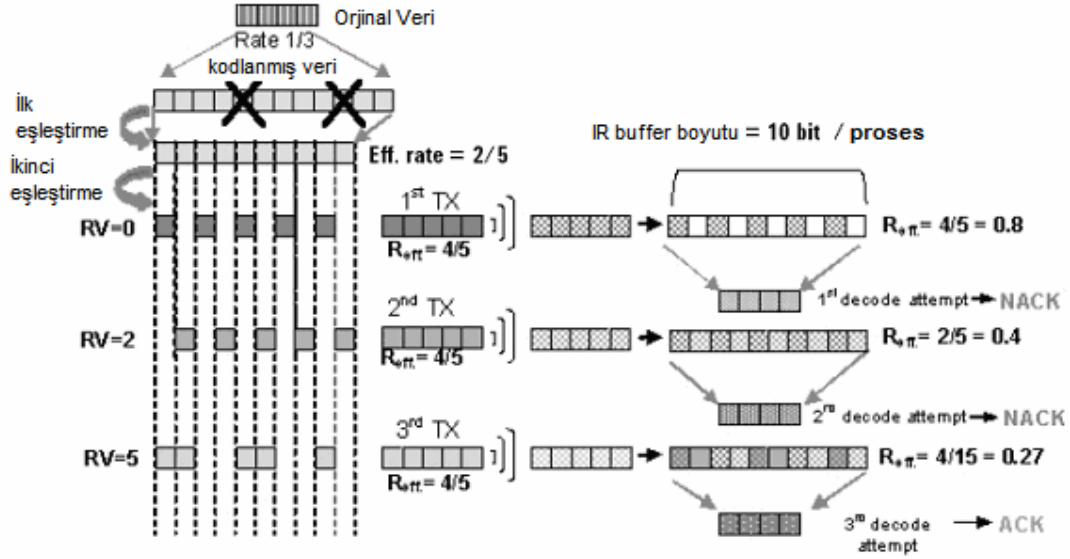
Sonuç olarak, yeniden-iletim için mevcut kanal bit sayısı başlangıç iletim sayısından farklı olabilir.(Kanal bit'leri havada aktüel olarak iletilen bit'lerdir.) Bundan başka, kanal bit'lerinin sayısı aynı kalsa bile, kanal bit seti farklı olabilir.

İlave yeniden-iletim gereksinimlerini en aza indirmek için, HARQ uygun mesaj çözücülerini sağlamak için iki “soft-combining” şemasından birini kullanır:

- takip birleştirmeli (CC) hatalı olarak algılanmış bir paketin özdeş bir sürümünü göndermeyi içerir, alınan kopyalar çözümlenmeden önce çözücü tarafından birleştirilir.
- artımlı artıklık (IR) orijinal setle artımlı olarak birleştirilen farklı bir bit setini göndermeyi içerir, böylece artık verinin miktarını ve yayında oluşan hatalardan kurtulma olasılığını artırır.

5.20 Artan Fazlalığın Kullanımı

Şekil 5.15 IR şemasının nasıl işlediğini gösterir.



Şekil 5.15 HARQ yeniden iletim için artan fazlalığın kullanımı
(Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

Bu örnekte basitlik için 10 bit/işlemleri buffer büyüklüklü teorik bir IR ve tek bir işlem kabul edilmiştir. Orijinal veri (4 bit) CRC eklendikten sonraki veri bloğuna karşılık gelir. Veri 1/3 hızda kodlanır ve birinci hız-uyumlama safhasının bir parçası olarak noktalanır. Bu safhada çıkış bitlerinin sayısı bu durumda 10 bit olan IR buffer büyüklüğüyle eşleştirilir.

İkinci hız-uyumlama safhası veriyi bir kez daha noktalar. Her biri farklı RV’e karşılık gelen farklı veri setlerine yüklenir. Bunlar, burada grinin üç tonu ile gösterilmiştir – koyu, orta ve açık. Verilen herhangi bir iletimde bu veri setlerinden sadece biri gönderilecektir.

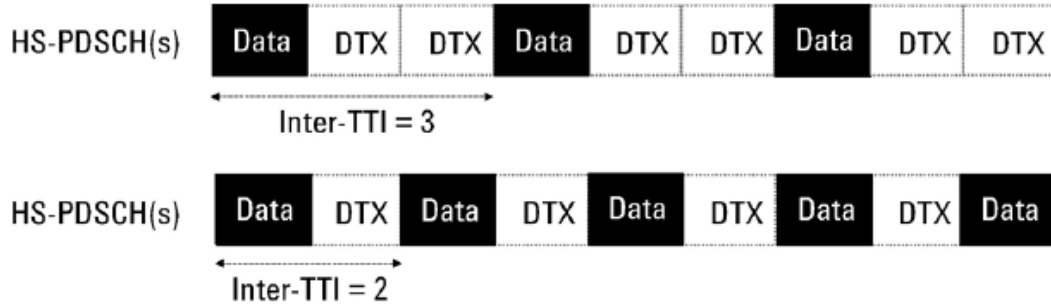
4/5lük bir etkin kod hızı doğuracak şekilde yayında (OTA) beş koyu gri bit (RV=0) gönderilir. Yani her orijinal veri biti için yayında 1+1/4 bit iletilir. UE’ye ulaşan veri demodüle edilir, takma bitlerle doldurulur ve IR buffer’ına sıkıştırılır. Bundan sonra veri Şekil 5.15’in sol üstünde gösterilen dört

Şerit biti (orijinal veri) sağlayacak şekilde belli bir hata olasılığı ile çözülür. Bu blok CRC'ye karşı kontrol edilir ve eğer hatalı bulunursa saklanır ve yeniden iletimi için bir NACK gönderilir.

Yeni bir iletim gönderildiğinde farklı bir RV veya delme şeması kullanılır ve yayında beş orta gri bit gönderilir. UE' de orta gri bitler, 2/5lik bir etkin kod hızı sağlayacak şekilde orijinal iletimin koyu gri bitleri ile yeniden birleştirilir. Şimdi her veri biti için çözülecek $2 \frac{1}{2}$ bit vardır, bu da başarı olasılığını artırır. Bununla beraber, sonuçlar CRC' ye karşı kontrol edildiğinde ve blok hala hatalı ise, yeni iletim işlemi tekrar başlar. Bir başka RV veya delme şeması kullanılır ve bunlar birinci ve ikinci iletimden koyu ve orta gri bitlerle UE' de birleşen ve yayında gönderilen açık gri bitler olarak belirir. Şunu da belirtmek gerekir ki kodlanmış bitlerin bir kısmı ya da tamamı daha önceden gönderilmiş kodlanmış bitlerin bir tekrarı olsa bile yeni RV ek bir artık veri sağlar. Üçüncü iletimden sonra etkin kod hızı $4/15$ 'tir – her bir veri biti için şimdi $3 + \frac{3}{4}$ bit vardır. Veri sonunda doğru olarak çözülür ve bir ACK geri gönderilir. Eğer blok hala hatalı ise bir NACK gönderilecek ve bir blok için müsaade edilebilir maksimum haberleşme sayısına bağlı olarak yine daha fazla RVler iletilebilecek. 16 QAM formatları durumunda farklı RVler sadece farklı delme şemalarına değil aynı zamanda farklı takım varyasyonlarına ya da yeniden düzenlemelerine karşılık gelebilir.

5.21 İç-TTI aralığı

HSDPA iletim zaman aralığı (TTI) daima 2 ms'dir. Böylece 1 altçerçeveye eş değerdir. İç-TTI aralığı şekil 5.16'da görüldüğü gibi aynı UE iletimleri arasındaki TTI'lerin (altçerçevelerin) sayısını gösterir.



Şekil 5.16. İç-TTI aralığı UE iletimleri arasındaki altçerçevelerin sayısıdır.

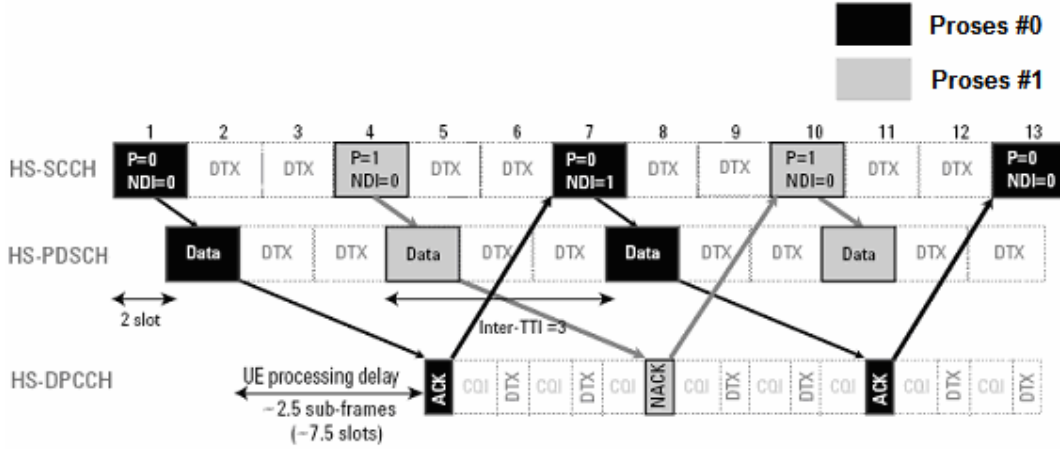
(Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

UE'nin desteklemek zorunda olduğu minimum iç-TTI aralığı 1 veya 2 veya 3'tür. Bu değer, HS-DSCH kategorisine bağlıdır (daha sonra tanımlanacak). 1'in minimum iç-TTI aralıklı UE her alt çerçevenin verisini almalıdır, 2 değeri için, diğer her alt çerçevenin, ve 3 değeri için ise her üç altçerçevenin. Bu nedenle, en yetenekli UE'ler 1'in minimum iç-TTI aralığına sahiptir.

5.22 HARQ işlemleri

HSDPA sistemi, veri için bir ACK veya NACK alıncaya kadar yeniden bir veri bloğu iletmez. UE'nin doğru bir şekilde BTS iletimini gerçekleştirdiğini gösteren ilgili ACK/NACK yanıtı alması BTS için yaklaşık olarak 5 altçerçeve zamanı alır. Bu nedenle, tek bir HARQ işlemi için iç-TTI aralığı en az altıdır.

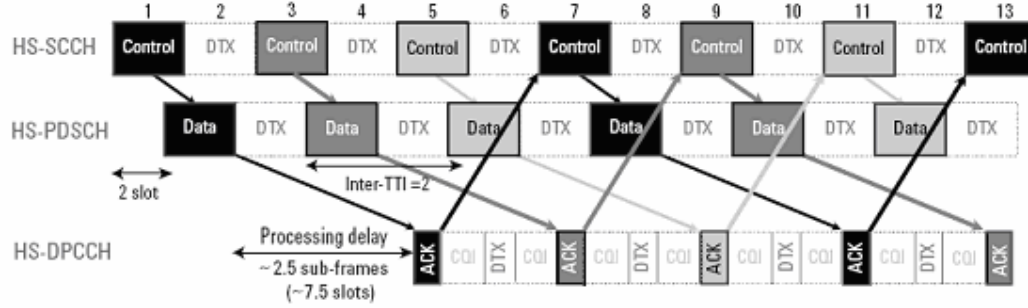
İşlem hacmini engelleyecek veri bloğu iletimi ve ACK/NACK yanıtının alımı arasındaki zaman kaybını önlemek için çoklu bağımsız HARQ işlemleri paralel olarak koşulabilir. Bu da özgün UE'ye veri hızını artırır.



Şekil 5.17 Bağımsız HARQ işlemleri paralel olarak koşulabilir
(Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

Şekil 5.17 iki HARQ işlemi ve üçün bir iç-TTI'sını göstermektedir. Her bir HARQ işlemi, taşıyıcı ve alıcı arasındaki işlemleri birleştirmek için kullanılan belirleyici (şekilde P=0 veya 1) ile sınırlanır. Yeni veri göstergesi (NDI) veri bloklarını ayırt etmek için kullanılır. HS-SCCH aynı işlem içinde 0

ile 1 arasındaki NDI değerini değiştirerek iletilen yeni veriyi gösterir. Bu örnekte işlem 1 bir paketin yeniden iletimiyle sonuçlanan bir NACK alır. NDI değeri 0 olarak kalır. İkiye denk bir iç-TTI aralığı ve üç HARQ işlemi ile (Şekil 5.18’de gösterildiği gibi), işlem hacmi 3’ün iç-TTI aralıklı ve iki HARQ işlemli (Şekil 5.17’de gösterildiği gibi) işlem hacminin 1.5 katıdır.



Şekil 5.18 İşlem hacmi TTI aralığı azaltılarak artırılabilir
(Ref. Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note)

Üçün minimum iç-TTI aralıklı UE, iki HARQ işlemi desteklemelidir. İkinin minimum iç-TTI aralıklı UE, üç HARQ işlemi desteklemelidir. Birin minimum iç-TTI aralıklı UE, altı HARQ işlemi desteklemelidir ki bu da bu doğrultuda iletebilecek maksimum işlem sayısıdır. Yazılıma dayalı hafıza, HARQ işlemleri arasında bölünmüştür. BTS, UE sınıfının kaldırabileceği maksimuma kadar herhangi bir sayıda işlemi seçer.

UE’nin destekleyebileceği minimum aralık değeri, Çizelge 5.3’de anlatılan HS-DSCH kategorisine bağlıdır. Şunu belirtmek gerekir ki kategori 11 ve 12’deki UE sadece QPSK’yı destekler.

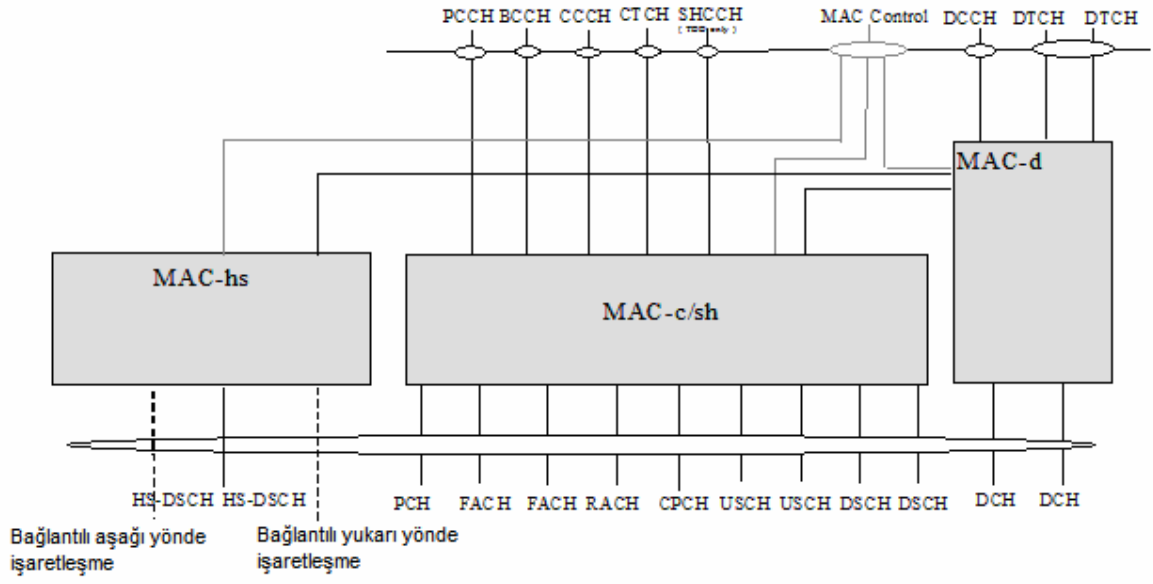
Çizelge 5.3 Kullanıcı cihazı kategorileri (Ref: 3GPP TS 25.306 4.5.3)

HS-DSCH kategorisi	Alınan max HS-DSCH kodlarının sayısı	Min iç-TTI aralığı	Bir HS-DSCH içinde alınan HS-DSCH iletim bloklarının max bit sayısı	Kanal bitleri sayısı
Kategori 1	5	3	7298	19200
Kategori 2	5	3	7298	28800
Kategori 3	5	2	7298	28800
Kategori 4	5	2	7298	38400
Kategori 5	5	1	7298	57600
Kategori 6	5	1	7298	67200
Kategori 7	10	1	14411	115200
Kategori 8	10	1	14411	134400
Kategori 9	15	1	20251	172800
Kategori 10	15	1	27952	172800
Kategori 11	5	2	3630	14400
Kategori 12	5	1	3630	28800

6. MAC MİMARİSİ

6.1 HS-DSCH MAC Mimarisi – UE Tarafı

Şekil 6.1 genel MAC mimarisini gösterir. HS-DSCH üzerinden alınan veri MAC-hs'ye işlenir. HS-DSCH için iletim format kombinasyonlarına izin verildiği gibi MAC-hs'deki parametreleri düzenlemek için MAC-c/sh ve MAC-d'a benzer şekilde RRC tarafından MAC Control SAP ile MAC-hs yapılandırılır. İlgili aşağı yönde işaretizasyon HS-DSCH'nin desteklenmesi için bilgi taşır, oysa ilgili yukarı yönde işaretizasyon geribeslemeli bilgi taşır.

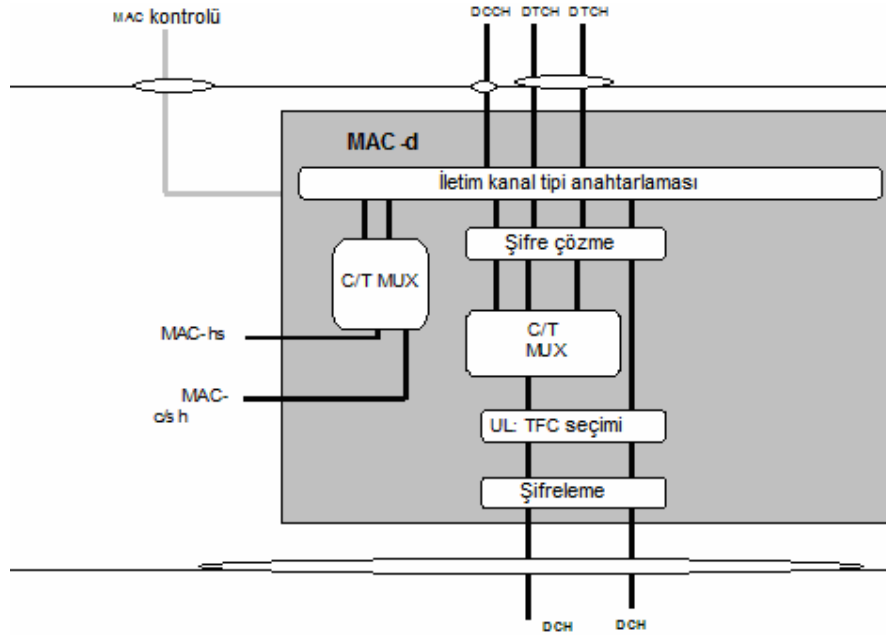


Şekil 6.1 HS-DSCH ile UE taraflı MAC mimarisi
 (Ref.3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UTRA High Speed Downlink Packet Access*. Release 4. 3GPP TR 25.950)

6.2 MAC-d'nin Ayrıntıları

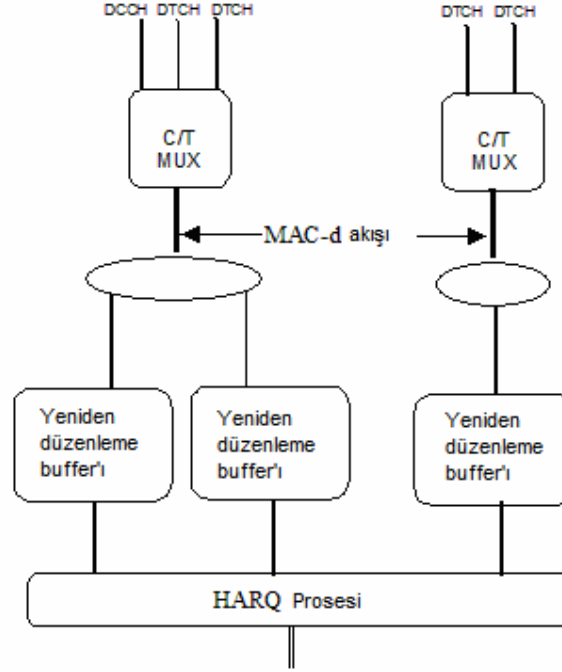
MAC-d varlığı MAC-hs varlığına (entity) bir bağ ilave edilmesiyle değiştirilir. MAC-hs ve MAC-c/sh olan bağlar bir UE' de eş zamanlı yapılandırılmaz.

MAC-d'deki C/T MUX varlığı ve MAC-hs'deki yeniden düzenleme yastığı arasındaki kopyalama yüksek katmanlar tarafından yapılandırılır. Tek bir düzenleme yastığı, bir C/T MUX varlığını planlar ve birçok düzenleme yastığı aynı C/T MUX varlığını planlayabilir.



Şekil 6.2 MAC-d mimarisi

(Ref.3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UTRA High Speed Downlink Packet Access*. Release 4. 3GPP TR 25.950)



Şekil 6.3 UE’de birlikte çalışan MAC-hs’leri gösteren basitleştirilmiş mimari
 (Ref.3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UTRA High Speed Downlink Packet Access. Release 4. 3GPP TR 25.950*)

6.3 MAC-c/sh’nin Ayrıntıları – UE Tarafı

UE tarafındaki MAC-c/sh, HS-DSCH için değişikliğe uğramamıştır.

6.4 MAC-hs’nin Ayrıntıları – UE Tarafı

MAC-hs HS-DSCH özgül fonksiyonlarını kullanır. Aşağıdaki modelde MAC-hs aşağıdaki kavramları kapsar:

- HARQ:

HARQ varlığı, HARQ protokolünü kullanmaktan sorumludur. Her bir TTI’daki her bir HS-DSCH için bir HARQ süreci olacaktır. ARQ işlevsel varlığı karma HARQ için gerekli olan bütün işleri kullanır. Örneğin ACKs veya NACKs’in oluşturulmasından sorumludur. Karma

-

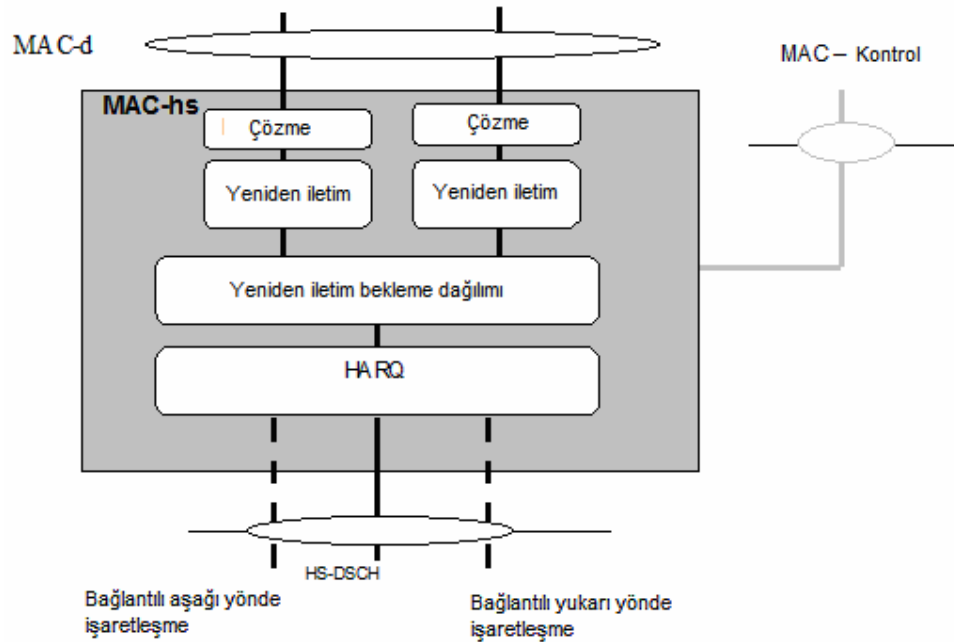
- ARQ protokolünün detaylı yapılandırılması MAC-Kontrol Sap'ı üzerinde RRC tarafından sağlanır.

- Yeniden düzenleme:

Yeniden düzenleme varlığı alınan TSN'ye göre alınmış veri bloklarını organize eder. Ardışık TSN'li veri blokları alımlama ile taşınır. Bir kronometre mekanizması ardışık olmayan veri bloklarının yüksek katmalara iletimini belirler. Her bir öncelik sınıfı için bir yeniden düzenleme varlığı vardır.

Aşağıdakilere müsaade edilir:

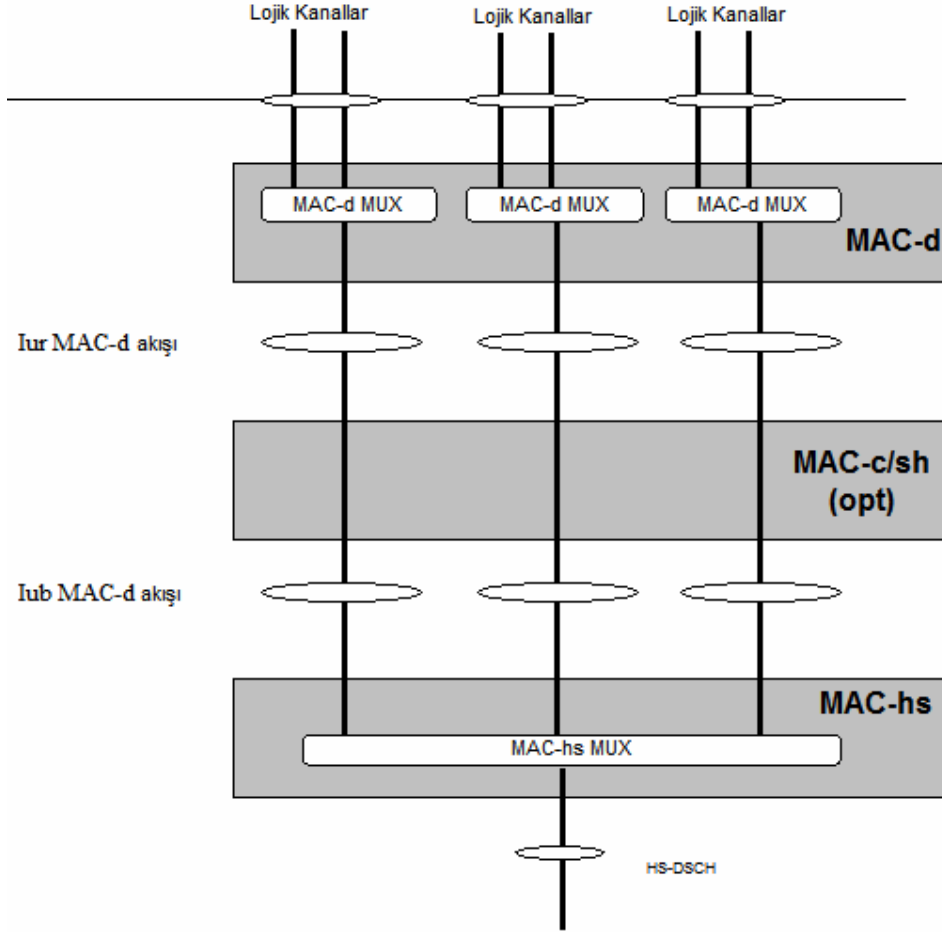
- Bir MAC-hs PDU sadece aynı önceliğe sahip bir MAC-d PDU içerir ve aynı MAC-d akışından.
- Farklı MAC-d PDU büyüklükleri verilen bir MAC-hs PDU'da desteklenebilir.



Şekil 6.4 UE tarafı MAC mimarisi/MAC-hs ayrıntıları
(Ref.3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; UTRA High Speed Downlink Packet Access. Release 4. 3GPP TR 25.950)

Şekil 6.5 UTRAN tarafında genel MAC mimarisi
(Ref.3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UTRA High Speed Downlink Packet Access*. Release 4. 3GPP TR 25.950)

UTRAN tarafında HS-DSCH için çoğullama zinciri aşağıda gösterilmiştir:



Şekil 6.6 MAC çoğullamasının UTRAN tarafı
 (Ref.3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UTRA High Speed Downlink Packet Access*. Release 4. 3GPP TR 25.950)

6.7 MAC-hs'nin Ayrıntıları – UTRAN Tarafı

MAC-hs, HS-DSCH'da iletilen veri kullanımından sorumludur. Bundan başka, HS-DSCH'a paylaştırılan fiziksel kaynakların yönetiminden de sorumludur. MAC-hs, MAC-Kontrol SAP aracılığıyla RRC tabakasından yapılandırma parametrelerini alır. MAC-hs'de her bir MAC-d PDU için bir kullanım önceliği olacaktır. MAC-hs, dört farklı işlevsel kavramı kapsar:

- Akış Kontrolü:

Bu, MAC-c/sh'lı konfigürasyon durumunda MAC-c/sh'deki ve MAC-c/sh'sız konfigürasyon durumunda MAC-d'deki akış kontrol fonksiyonuna ortak akış kontrol fonksiyonudur. Her ikisi birlikte, dinamik tarzda hava arayüzünün iletim kapasitelerini de göz önüne alarak, MAC-c/sh ile MAC-hs arasında (MAC-c/sh 'lı konfigürasyon durumda) veya MAC-d ve MAC-hs arasında (MAC-c/sh'sız konfigürasyon durumunda) kontrollü bir veri akışı sağlar. Bu fonksiyon, HS-DSCH sıkışıklılığının bir sonucu olarak katman 2 işaretleme gecikme süresini sınırlandırmayı ve yeniden iletilmiş veriyi azaltmayı amaçlar. Akış kontrolü her bir MAC-d akışı için her bir öncelik sınıfı için bağımsız olarak sağlanır.

- Zaman Çizelgelemesi/Öncelik İşlemesi:

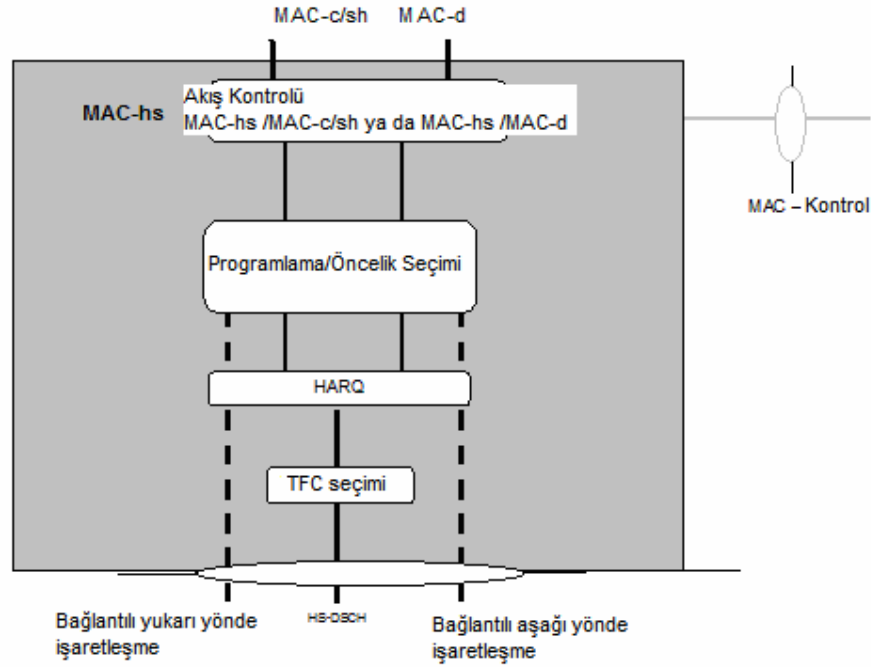
Bu fonksiyon HARQ varlıkları ve öncelik sınıflarına göre olan veri akışları arasındaki HS-DSCH kaynaklarını yönetir. İlgili yukarı yönde işaretizasyondan alınan durum raporlarına dayanarak ya yeni bir iletme ya da yeniden iletme karar verilir. Daha ileri olarak servis yapılan her bir yeni veri bloğu için öncelik sınıf tanıtıcısı ve TSN belirler. Uygun iletim önceliğini korumak için herhangi bir anda HARQ sürecinde yeni bir iletim başlatılabilir. HS-DSCH içinde TSN her bir öncelik sınıfı için tektir ve her bir yeni veri bloğu için artırılır. HARQ tabakasından kaynaklanan yeni iletimlerle beraber aynı TTI içinde RLC tabakasından kaynaklanan yeniden iletimler de dâhil olmak üzere yeni iletimlerin planlanmasına izin verilmez.

- HARQ:

Bir HARQ varlığı, bir kullanıcı için karma ARQ işlevselliğini kullanır. Bir HARQ varlığı, birçok bekle ve dur HARQ protokolleri örneğini (HARQ süreci) destekleyebilir. Her bir TTI için bir HARQ süreci olacaktır.

- TFRI seçimi:

HS-DSCH'da iletilecek veri için uygun iletim formatı ve kaynak kombinasyonun seçimidir.



Şekil 6.8 UTRAN tarafı MAC mimarisi/MAC-hs ayrıntıları
 (Ref.3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UTRA High Speed Downlink Packet Access*. Release 4. 3GPP TR 25.950)

7. SİSTEM KAPASİTESİ VE PERFORMANS

Trafik ve sistem simülasyon model ve parametrelerinin bazı simülasyon sonuçları ile ilk olarak taslağı çıkartılır. Simülasyon sonuçları çeşitli hızda ve çeşitli programda farklı HARQ şemalarının performanslarını karşılaştırır. A2IR'nin Lucent teklifinin, zamanlama ve AMC gibi diğer teknolojilerle birlikte, diğer tekniklerin birçoğundan daha iyi çalıştığını gösterir.

7.1 Trafik Modeli

Performans çalışmaları, web tarayıcısı veri uygulamaları için yürütüldü. Her bir kullanıcının (tüm kullanıcılar aktif oturumdadırlar) belli bir zaman web sayfası yüklemesinden geçtiği veya paket çağrından ve sonrasında bir sonraki paket çağrından önce belli bir zaman sayfaya göz atmakla geçirdiği varsayılır. Her bir paket çağrısı yüklenmiş web sayfasındaki nesneleri müşterek olarak gösteren paketleri uzlaştırır. Web sayfası boyutu, bir paket çağrısındaki paketler arasındaki iç-aralık zamanları ve paket çağrıları arasındaki iç-aralık zamanı (inceleme zamanı) Çizelge 7.1'de dağılımları taslak olarak gösterilmiş dağıtımlarla birlikte rastgele değişkenler olarak düşünülür. Bu dağıtımlar 3GPP standart vücudundaki katılımcı ülkeler tarafından kararlaştırılmış ve HSDPA teknik raporunda listelenmiştir. 1500 bitlik bir Internet paket büyüklüğü bu çalışmada tahmin edilir. Simülasyon zamanını azaltmak için yapılan bir değişiklik ortalama inceleme zamanını 5 saniyeye düşürerek tepe sistem yüklemesini başarmak için gerekli olan UE sayısını azaltmak içindi. (tip değerler 40 saniye ya da daha fazlası olabilir.)

7.2 Sistem Parametreleri ve Kabuller

HSDPA teknik raprunda anlaşma sağlanan temel sistem-düzey simülasyon parametreleri Çizelge 7.2’de listelenmiştir. Buna göre asagidaki kabuller yapılmıştır:

- Radyo gücünün yüzde yetmişi (70%) HSDPA için mümkündür.
- 3 km/hr ve 30 km/hr hızlı tek yol Rayleigh sönümlü kanal kabul edilir.
- HARQ yeniden iletimleri için maksimum bir üst sınır yoktur.
- Kanal kalite ölçme ve ACK/NACK geribeslemeleri hatasızdır.
- Kanal kalite geribesleme ertelemesi, Node-B’nin aldığı zaman UE’nin yaptığı ölçüm arasındaki zaman aralığıdır, 6 dilim olarak kabul edilir..
- ACK/NACK ertelemesi, iletimin sonundan UE’ye ve Node-B’nin ACK veya NACK aldığı zaman aralığıdır, 3 dilim olarak kabul edilir.

Çizelge 7.1 Sistem simülasyonları için kullanılan trafik modeli

Proses	Rastgele Değişken	Parametreler
Paket çağrı büyüklüğü	Kesme ile eşitlik	$A = 1.1$, $k = 4.5$ KB, $m = 2$ MB, $\mu = 25$ KB
Paket çağrılar arası süre	Geometrik	$\mu = 5$ saniye
Paket büyüklüğü	MTU boyutuna göre ayrılmıştır	Ör; 1500 oktet
Paket çağrı başına paket sayısı	Deterministik	Paket çağrı boyutu ve MTU’ya bağlıdır
Paket varış zaman aralıkları	Geometrik	$\mu = \text{MTU s boyut/tepe bağlantı hızı}$ (e.g. $[1500 \text{ oktet} * 8]/2 \text{ Mb/s} = 6 \text{ ms}$)

Çizelge 7.2 Temel sistem düzey simülasyon varsayımları

Parametre	Açıklama/Varsayım	Yorumlar
Hücre Tipi	Altıgen,3 sektörlü	
İstasyonlar arası mesafe	2800 m	
Anten Modeli		Sadece yatay model belirtilmiştir
Propagasyon modeli	$L = 128.1 + 37.6 \log_{10}(R)$	R
CPICH Gücü	-10 dB	
Diğer Ortak Kanallar	-10 dB	
HSDPA'ya atanan iletim gücü	Max. toplam hücre gücünün %70'i	
Yavaş Zayıflama	UMTS 30.03'de modellenmiştir	
Yavaş zayıflama salınımı	8 dB	
Sektörler arası korelasyon	1.0	
BTS'ler arası korelasyon	0.5	
Yavaş zayıflama korelasyon mesafesi	50 m	
Taşıyıcı Frekansı	2000 MHz	
BS anten kazancı	14 dB	
UE anten kazancı	0 dBi	
UE gürültü figürü	9 dB	
Max. tekrar iletim sayısı	Limitsiz	hızlı HARQ ile yeniden iletim
Hızlı HARQ şeması	Adaptif olmayan veya adaptif IR	
BS toplam Tx gücü	44dBm'ye kadar	
Aktif set boyutu	3	Max boyut
Çerçeve süresi	3 slot ya da 2ms	
Programlama	Max C/I	
Hızlı zayıflama modeli	Jakes spektrumu	Üretilen

- TTI, 3 düğüm ya da 2 ms'de sabittir.
- Bir TTI içindeki UE'ye paralel iletimler, CDM aracılığıyla desteklenir. Ancak TTI içerisinde farklı HARQ kanalları üzerinde UE'ye eş zamanlı iletimlere izin verilmez.
- Maksimum C/I programcısı, HARQ şemalarının karşılaştırmaları için kullanılır. Fakat diğer programcılar için birkaç sonuç örneği elde edilir. Komşu çağrılarının tam güçte iletim sağladığı farz edilir ve HSDPA istatistikleri sadece merkez hücrede toplanır.
- Kesirli kurtarılan güç (FRP) kavramı kullanılır. FRP, eksik zamanlama ile görevlendirilmiş alıcıdaki RAKE parmağı ile ilgilidir. FRP, alıcıda yakalanan enerjinin kesrini gösterir ve

yakalanmamış güç kendiliğinden karışımın kaynağı olur. FRP, işaret gücüyle sönen güç ile birlikte toplanır beyaz gürültü kaynağı şeklinde biçimlenir. FRP için böylesi bir modelin sonucu iş elde edilebilir maksimum SINR’i geliştirmektir. 0.98’lik bir FRP bu tip simülasyonlarda kullanılır ve sonuç olarak gerçekleştirilebilir maksimum C/I 16.9 dB olacaktır.

7.3 Veri Hızları ve MCS Seçimi

MCS seçimi için kullanılan veri hızı çizelgeleri, **Çizelge 7.3**’de gösterilir. Kod bloğu, 1/5 taban hızlı turbo kod kullanarak kodlanmış bir bit grubunu işaret eder. Diğer tüm kod hızları ve alt bloklar kodlanmış bitleri uygun bir şekilde delerek/tekrar ederek oluşturulurlar. MCS seçimi çizelge ile çeşitli şekillerde taşınabilmesine rağmen aşağıdaki yaklaşım sonuçları elde etmek için kullanılırdı. Kullanılabilir kodların sayısına ve hizmet bekleyen verilere bağlı olarak o an kanalda desteklenebilecek en iyi MCS seçilir. Bir kullanıcının hizmet bekleyen verileri en yakın kod blok büyüklüğüne kadar toplanabilir. A²IR şeması için, MCS ve birkaç kod hem iletim sonrasında hem de yeniden iletim için seçilebilir. Kod bloklarının ilk iletimi her zaman kendinden çözülebilen (bu durumda “kendinden çözülebilen” terimi o iletim için kod hızının birden küçük olduğunu gösterir; kendinden çözülebilen olmayanlar ise kod hızı biri aşan iletimlerdir), ancak yeniden iletimler her zaman kendinden-çözülebilen olmak durumunda değildir. Eğer bir yeniden iletim hız çizelgesinde “X” olarak işaretlenmiş girişlerden birine karşılık gelirse yeniden iletim kendinden çözülebilen değildir. Bu tip yeniden iletimler için sadece QPSK modülasyonu kullanılır ve kod hızı buna uygun seçilir.

7.4 Performans Metrikleri

Kullanılan işlem hacmi metrikleri; yayında (OTA) işlem hacmi, servis işlem hacmi ve paket çağrı işlem hacimleri ve aşağıda gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 OTA &= \frac{\text{Toplam iyi bitler}}{(\text{İletimler ile sağlanan toplam slotlar}) \times \text{slot süresi}} \\
 \text{Servis İşlem Hacmi} &= \frac{\text{Toplam iyi bitler}}{\text{Toplam slotlar} \times \text{slot süresi}} \\
 \text{Paket çağrı işlem hacmi} &= \frac{1}{\text{Paket çağrılarının sayısı}} \\
 &\quad \times \sum_{j=1}^{N_{\text{pkt_calls}}} \frac{j \text{ kadar paket sayısındaki bitler}}{j \text{ kadar paket sayısının süresi}}
 \end{aligned}$$

Çizelge 7.3 Veri hızı ve MCS çizelgesi

Kodların Sayısı	Kod Blok Büyüklükleri, Veri Hızları ve MCS						
	1280 bits	2560 bits	3840 bits	5120 bits	7680 bits	11520 bits	15360 bits
	640 Kb/s	1280 Kb/s	1920 Kb/s	2560 Kb/s	3840 Kb/s	5760 Kb/s	7680 Kb/s
10	QPSK, 0.13	QPSK, 0.27	QPSK, 0.4	QPSK, 0.53	QPSK, 0.8	16QAM, 0.6	16QAM, 0.8
8	QPSK, 0.17	QPSK, 0.33	QPSK, 0.5	QPSK, 0.67	16QAM, 0.5	16QAM, 0.75	X
6	QPSK, 0.22	QPSK, 0.44	QPSK, 0.67	16QAM, 0.44	16QAM, 0.67	X	X
4	QPSK, 0.33	QPSK, 0.67	16QAM, 0.5	16QAM, 0.67	X	X	X
2	QPSK, 0.67	16QAM, 0.67	X	X	X	X	X

MCS - Modülasyon ve kodlama şeması

QAM - Dik aç genlik modülasyonu

QPSK - Dik aç faz kaydırmalı anahtarlama

Kullanım şöyle tanımlanır:

$$\text{Kullanım} = \frac{\text{İletimlerle sağlanan toplam slotlar}}{\text{Toplam slotlar}}$$

OTA, iletim gerçekleştiği zaman hangi bit hızlarının elde edilebildiğini gösterir ve yüke bağlılığı şu sebepten doğar: yük ağır olduğu ve kanal-duyarlılığı zaman çizelgelemesi kullanıldığında seçilmiş kullanıcı için elde edilebilir veri hızı ortalama olarak daha yüksektir. Servis işlem hacmi OTA'ya kıyasla teklif edilen yüke daha bağlıdır, çünkü kullanılmamış slotları sıfır işlem hacmine sahip sayılırlar. Paket çağrı işlem hacmi, daha genel anlamda, yüklemeler için gerekli olan cevap zamanını temsil eder. Şunu belirtmek önemlidir ki yukarıda tanımlandığı gibi paket çağrı işlem hacmi kullanıcılara göre değil, tüm paket çağrılarına göre olan ortalamadır. Böylece, bir maksimum C/I programlayıcısı (adaletsiz bir programlayıcı) ve ağır yük için bu metrik iyi kullanıcıların paket çağrıları tarafından idare edilir. Paket çağrı işlem hacmi metriği kullanıcıları eşit olarak ölçmediğinden tüm kullanıcılar için aynı servis kalitesi ve doğru bir ölçümü temsil etmez. Apsisten daha büyük ortalama paket çağrı işlem hacmi kullanan kullanıcıların oranını gösteren paket çağrı işlem hacmi kümülatif dağılım fonksiyonunu (CDF) ek olarak göz önüne almak büyük bir öneme sahiptir. CDF'in belirlenmesinde kullanılan her bir örnek, bireysel kullanıcıların paket çağrılarına göre ortalaması alınmış paket çağrı işlem hacmidir. Gerçekte bu, belli bir ortalama işlem hacmine ulaşan kullanıcıların belli bir yüzdesine dayanan sistem kapasitesini tayin etmede operatörler için oldukça anlamlıdır. Örneğin, operatörler HS-DSCH ile işlem yapmak isteyebilirler; öyle ki 100 kb/s altındaki paket çağrı işlem hacimli kullanıcıların yüzdesi %5'den azdır. Tüm paket çağrılarına göre ortalaması alınmış paket çağrı işlem hacmi metriği bu anlamda çok yanıltıcı olabilir. Bu nedenle,

ortalama metrikleri kullanan şemaları sistem kapasitesin gerçek ölçümü olan CDF'lerle karşılaştırmak önemlidir.

7.5 Simülasyon Sonuçları

Aşağıdaki alt bölümlerde şemalar karşılaştırılacaktır. (Tüm şemalar orijinal iletim ve yeniden iletim arasında sabit zaman bağıntısı olmayan dur-ve-bekle [SAW]'ye dayanır, yani bir asenkron bağıntılı)

- Birleştirilmesiz hızlı fiziksel tabaka ARQ (saf bağ uyarlaması).
- Takip birleştirmeli HARQ. Takip birleştirmeli kod hızında bir azalmaya değil, her bir yeniden iletim ile işaret gürültü oranında bir artmaya sebep olur. Bu da her bir yeniden iletimle aynı eşlik bitlerinin yeniden iletilmesinden dolayıdır.
- Uyarlamasız artan fazlalıklı (NAIR) HARQ. İsminden de anlaşılacağı gibi bu teknik, her bir yeniden iletimle işaret gürültü oranında bir artma ve genel olarak da kod hızında bir azalmaya sebep olan artan fazlalığa dayanır. “Uyarlamasız” ifadesi, modülasyon şemasının orijinal iletimde olduğu gibi yeniden iletim için aynı olması gerektiği gerçeğini gösterir.
- A2IR'li HARQ. Lucent tarafından önerilen ve 3GPP standartlarına uyarlanmış bu şema IR' ye dayanır ve modülasyonun yeniden iletim zamanında değiştirilmesine izin verir.

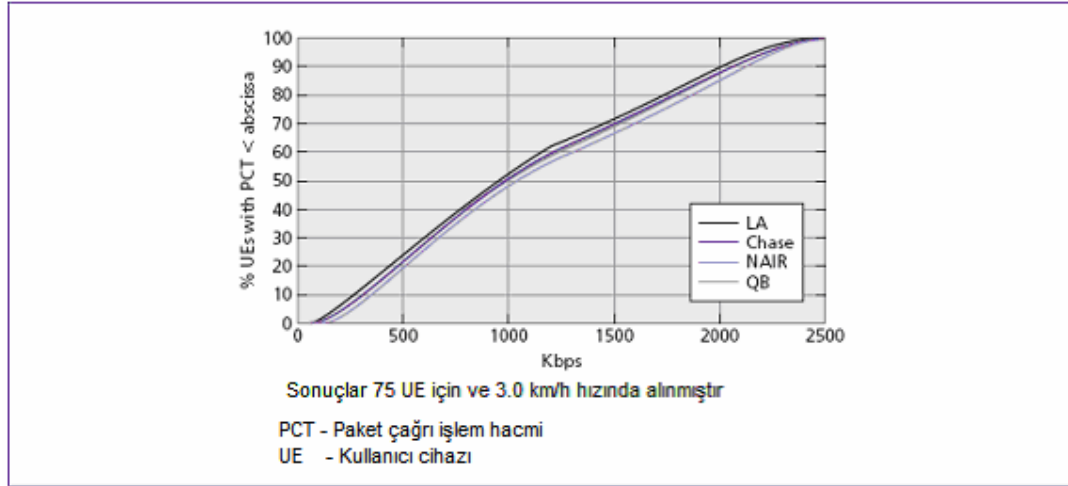
3 km/hr'da performans. Şekil 7.1 ve Çizelge 7.4'ün sonuçları, her ne kadar HARQ'den elde edilen kazançların kendisi oldukça küçük olsa da, 3 km/hr'de A2IR'nin en iyi performans sağladığını gösterir. Bu durum, üç HARQ şemalarının – Takip birleştirmeli, NAIR ve A2IR- saf bağ uyarlamasının performansına oldukça yakın olduğu gerçeğinden açık olarak görülür. Sonuç şaşırtıcı değildir çünkü 3km/hr'de kanal çok yavaş değişir ve AMC kazançların çoğunu sağlar. Ancak CQI'deki ölçüm ve niceleme hataları göz önüne alınırsa birleştirilmeli HARQ düşük hızlarda bile oldukça büyük kazançlar sağlayabilir. Ek olarak, hız çizelgesinden elde edilen veri hızı öge boyunun düşük olduğu bazı durumlarda A2IR düşük hızlarda önemli kazançlar sağlayabilir.

30 km/hr'da Performans. 30 km/hr'da geribeslemeli gecikme (6 zaman dilimi veya 4ms olduğu kabul edilen) kanal kalitesi ölçüm zamanı ile Node-B'nin kanal kalitesi raporunu aldığı zaman arasındaki geribeslemeli gecikme, kanalın zaman içinde değişmiş olan kanal için yeter derecede büyüktür. Tam olarak bu gibi durumlarda AMC, HARQ'nun sağladığı MCS seçimine ek bir sağlamlığa ihtiyaç duyar.

Çizelge 7.4 Farklı HARQ seçenekleri için ortalama işlem hacmi metrikleri.*

HARQ şeması	OTA (Kb/s)	Paket çağrı işlem hacmi (Kb/s)	Servis işlem hacmi (Kb/s)	Kullanım
LA	2621	1108	2561	0.98
Chase	2653	1149	2584	0.97
NAIR	2717	1171	2631	0.97
A ² IR	2704	1200	2587	0.96

Sonuçlar 75 UE için ve 3.0 km/h hızında alınmıştır



Şekil 7.1 Farklı HARQ şemaları için paket çağrı işlem hacimli CDF'lerinin karşılaştırılması (Ref. “Evolution of UMTS Toward High-Speed Downlink Packet Access” Bell Labs Technical Journal)

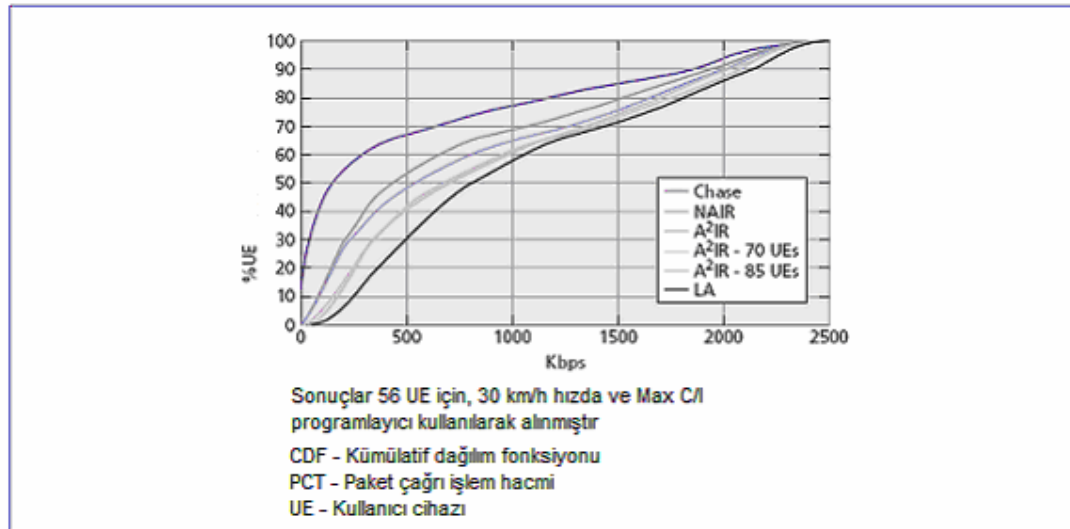
Şekil 7.2’teki kullanıcı paket çağrı işlem hacimli CDF’ler (aynı zamanda Çizelge 7.5’e de bakilmalı) bu durumda HARQ birleştirmenin gerekli olduğuna işaret ederken Takip birleştirmeli’nin de saf bağ uyarlamasından çok daha iyi bir performans sergilediğini gösterir. Bundan başka, iki IR şeması, NAIR ve A2IR, Takip Birleştirmeli’den çok daha iyi performansa sahiptir ve IR kullanarak yeniden iletimlerle elde edilen kodlama kazanç sağlar. Sonuç olarak, iki IR şemaları karşılaştırarak A2IR NAIR’dan önemli ölçüde daha iyi bir performans sağlar. Bu durum artık enerji kullanarak yapılan hız seçimiyle olan uyarlanırlılığın büyük oranda çoklu kullanıcı çeşitliliğinden yararlanabildiğini gösterir. A2IR için UE’lerin sayısını artırmaya devam edersek 70 UE’li A2IR’in performansının 56 UE’li NAIR’in performansına yakın olduğunu görürüz. Böylece A2IR sistem kapasitesinde

NAIR'den en az %30 daha fazla kazanç sağlar. A2IR şeması bağ uyarlamasından elde edilen kapasitenin iki katından daha fazla kapasite sağlar ve takip birleştirmeli'ye oranla sistem kapasitesinde %50'den daha iyi bir gelişme sağlar. 70 UE'li (85 UE'ler) A2IR için paket çağrı işlem hacimleri ile 56 UE'li NAIR'i (Takip) karşılaştırdığımızda benzer kazançlar gözlenir. Paket çağrı işlem hacimli CDF'lerin karşılaştırılması önemlidir çünkü 56 UE'li A2IR'ler için ortalama işlem hacimlerini sadece takip birleştirmeli ya da 56 UE'li NAIR ile karşılaştırdığımız takdirde kazanç %10'dan daha azdır. Dolayısıyla, ortalama işlem hacimleri, isminden de anlaşılacağı gibi, diğer HARQ birleştirme yöntemlerine oranla A2IR ile elde edilen gerçek kazançları saklar.

Çizelge 7.5 Farklı HARQ seçenekleri için ortalama işlem hacim metrikleri.*

HARQ şeması	OTA (Kb/s)	Paket çağrı işlem hacmi (Kbps)	Servis işlem hacmi (Kb/s)	Kullanım
LA	1369	775	1369	1.00
Chase	1756	855	1724	0.98
NAIR	1957	1004	1851	0.95
A ² IR	2129	1075	1960	0.92
A ² IR-70 UEs	2375	982	2310	0.97
A ² IR-85 UEs	2629	929	2621	1.00

Sonuçlar 56 UE için ve 30 km/h hızında alınmıştır



Şekil 7.2 Farklı HARQ şemaları için paket çağrı işlem hacimli CDF'lerin karşılaştırılması

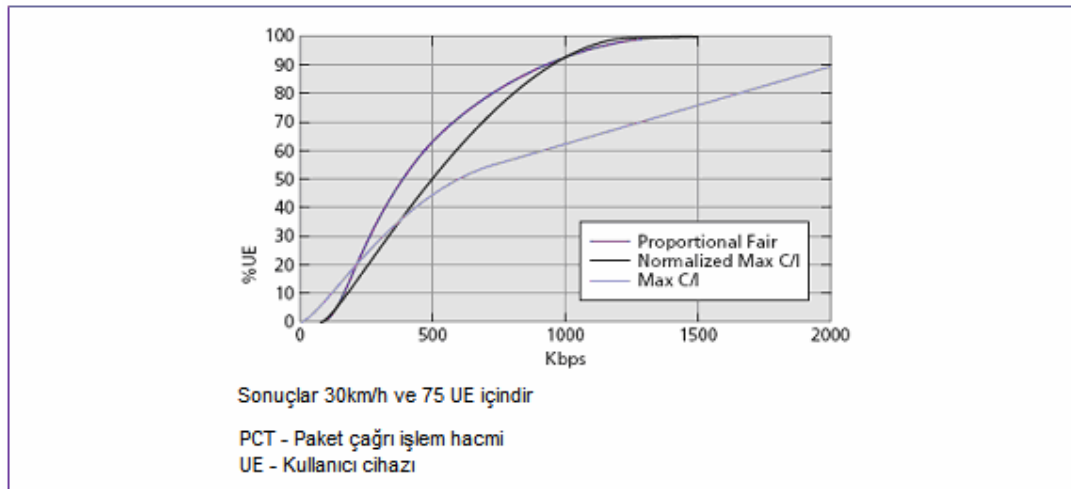
(Ref. "Evolution of UMTS Toward High-Speed Downlink Packet Access" Bell Labs Technical Journal)

Programcı karşılaştırması. Kullanılan programcı tüm uygulanabilen sistemi ve kullanıcı işlem hacimlerini belirlemede önemli rol oynar. Max C/I programcısı yüksek sistemli işlem hacmi elde eder ancak bu oldukça adaletsizdir, çünkü zayıf olanlı kullanıcılarla kıyaslandığında genellikle iyi geometrilere (yani yer ve gölge zayıflamasına bağlı ortalama kanal koşulları) kullanıcılar seçecektir. Ek olarak, bazen de en tepedeki kullanıcılardan (yani ortalama kanal koşulunun üstünde seyir eden) seçmez. Normalize edilmiş Max C/I programcı kullanıcı tarafından denenerek ortalama geometriyi çıkartır ve programlama anında en iyi sönümlleme değerli kullanıcıyı seçer. Kullanıcıların tümü aynı hızda sönümlü olasılık dağılım fonksiyonuna sahipse bu durumda bu şema ortalama olarak tüm kullanıcıların eşit bir şekilde programlanması kolaylığını sağlar (sonsuz hizmet bekleyen durum -backlog- için). Bundan başka, her bir kullanıcı kendisinin bağlı tepe noktasına yakın seçildiğinden elde edilen tüm sistem işlem hacmi Max C/I programcısıyla karşılaştırıldığında rekabet edebilir ya da daha yüksek olabilir. Kanal koşullarını ihmal etmeden doğruluk sağlayan diğer bir programcı orantılı adil bir programcıdır (proportional fair scheduler).

Çizelge 7.6 Ortalama işlem hacimlerinin üç programcıyla karşılaştırılması.*

Programlayıcı	OTA (Kb/s)	Paket çağrı işlem hacmi (Kb/s)	Servis işlem hacmi (Kb/s)	Kullanım
Max C/I	2488	984	2449	0.98
Normalized Max C/I	2475	507	2429	0.98
Proportional Fair	2294	564	2261	0.99

*Results are for 30 km/h and 75 UEs.



Şekil 7.3 Farklı HARQ şemaları için paket çağrı işlem hacimli CDF'lerin karşılaştırılması (Ref. "Evolution of UMTS Toward High-Speed Downlink Packet Access" Bell Labs Technical Journal)

Orantılı adil programcıda her bir kullanıcının şu ana kadar elde ettiği ortalama işlem hacmi korunur. Her bir programlama anında kullanıcı için geçerli kayan ortalama iş hacmi ile normalize edilmiş (direkt olarak kanal kalitesi ile orantılı) halen geçerli bit hızının en yüksek değerli kullanıcısı iletim için seçilir. Böylece, orantılı adil programcı hem kanal kalitesini hem de önceden elde edilen iş hacmini göz önüne alır. CDF'lerin üç programcı ile karşılaştırılmasına bir örnek Şekil 7.3 'de gösterilmiştir ve ortalama işlem hacimlerine karşılık gelenler Çizelge 7.6'dır. Beklenildiği gibi, daha iyi bir doğruluk sağladıklarında normalize edilmiş Max C/I ve orantılı adil programcı CDF'in alt ucunda Max C/I'den daha iyi ve üst ucunda ise daha kötüdür.

8. MATLAB Programıyla Gerçekleştirilen HSDPA Simülasyon Programı

Matlab programında HSDPA oluşumunun adım adım gerçekleştiği ve aşağı yönde belli erişim hızlarına ulaşıldığı bir program yazılmıştır. Girilen parametrelere göre ulaşılabilecek tüm sonuçlara ulaşılmış ve tüm farklı durumlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Ulaşılan maksimum hız 4.689 Mbps'dir fakat kullanılacak olan bit sayıları artırılarak bu hız çok daha yüksek seviyelere çıkarılabilir.

Programda kullanılan mantık ve parametreler şu şekildedir:

Programda birbirinden farklı 6 ayrı blok kullanılmıştır. Bunlar H_set şeklinde belirtilmiştir. H_set=0 girildiğinde parametreler özel olarak belirlenebilir fakat diğer H_set'ler girildiğinde programda önceden belirlenmiş değerler çalışır.

Programda kullanılan parametreler modülasyon tipi(QAM veya QPSK), bit sayısı, çerçeve sayısı, işaret gürültü oranı, kanal tipi, fiziksel kanal sayısı, veri hızı ve TTI değeridir.

Her H_set değerine göre yukarıda belirtilen değerler değişmekte dolayısıyla çok değişik hızlara ve birçok kombinasyona ulaşmak mümkündür.

Programın amacı bir HSDPA prosesini olduğu gibi gerçekleştirmektir yani Şekil 5.5'de akış şeması gösterildiği üzere CRC ekleme→ Kod karıştırma→Kod bloklarına ayırma→Kanal kodlama→HARQ fonksiyonu→Fiziksel kanal ayırımı→HS-DSCH kanallarının oluşturulması→QPSK veya 16QAM'da modüle etme ve fiziksel kanalların oluşturulup bu kanallar üzerinde aşağıda yönde hızlara ulaşmaktır.

Aşağıda programın kendisi ve buna bağlı olan sonuçlar çıkartılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

HSDPA Simülasyon Programı

% Turbo Kod Parametreleri

% polinom ureteci

```
g_turbo = [1 0 1 1
           1 1 0 1];
```

% karistirma parametreleri

```
g_scrambling = [1 zeros(1,10) 1 0 1 1 0 1];
```

% delme paterni

```
pun_pattern = [1
                1
                0
                1];
```

% kuyruk paterni

```
tail_pattern = [1 1 1
                 1 1 1
                 1 1 1
                 1 1 1];
```

```
nsc_flag = 0;
```

% parametreler icin sorgulama

```
H_set = input( 'Bir H_set sec (1-6) ya da ozel parametre icin 0 gir: ' );
```

```
if ( sum( H_set == [0 1 2 3 6] ) )
```

```
    modulation= input("\nQPSK icin 0 QAM icin 1 gir: ' ');
```

```
elseif ( sum( H_set == [4 5] ) )
```

```
    fprintf( '\nBu H_set icin sadece QPSK kullanilir.\n' );
```

```
    modulation = 0;
```

```

else
    error( 'Bu H_set desteklenmiyor' );
end

if (H_set == 0)
    TTI_distance = input( 'TTI gir (1, 2, or 3): ' );
    K_info = input( 'K_info (cerceve basina bilgi bitlerinin sayisi): ' );
    P = input( 'P (fiziksel kanal sayisi): ' );
    X_set = input( 'X_set (fazlalik surumu, e.g. [0 2 5 6]): ' );
    N_IR = input( 'N_IR (sanal IR buffer buyuklugu): ' );
elseif(H_set == 1)
    TTI_distance = 3;
elseif (H_set == 2)
    TTI_distance = 2;
elseif ( (H_set == 3)|(H_set==6) )
    TTI_distance = 1;
elseif (H_set == 4)
    TTI_distance = 3;
elseif (H_set == 5)
    TTI_distance = 2;
end

if (modulation == 0)
    % QPSK
    if (H_set == 6)
        K_info = 6438;
    elseif ( H_set > 0 )
        K_info = 3202;
    end
end

```



```

if (H_set > 0)
    P = 5;
    % fazlalik surumlerinin sirasi
    X_set = [0 2 5 6];
end

```

```

U = 960;
% takimyildiz diyagramini yarat
% S_matrix = Create2D( 4, 'HSDPA', [] );
S_matrix = CreateConstellation( 'HSDPA', 4 );

```

```

elseif (modulation == 1)
    % QAM
    if (H_set == 6)
        K_info = 9377;
    elseif ( H_set > 0 )
        K_info = 4664;
    end

```

```

if (H_set > 0)
    P = 4;
    % fazlalik surumlerinin sirasi
    X_set = [6 2 1 5];
end

```

```

U = 1920;

% takimyildiz diyagramini yarat
% S_matrix = Create2D( 16, 'HSDPA', [] );
S_matrix = CreateConstellation( 'HSDPA', 16 );

```

```

else
    error('modulasyon 0 ya da 1 olmalı');
end

% AWGN mi yoksa Rayleigh fading mi
channel_type = input('\nChannel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): ');
if ( sum( channel_type == [0 1] ) == 0)
    error( 'gecersiz secim' );
end

% Es/No'ı ve kac deneme olacagini sor
EsNodB = input('\nEs/No gir dB: ');
number_frames = input('\nkac cerceve simule edilecek: ');

if ( H_set == 4 )
    N_IR = 7200;
elseif ( H_set > 0 )
    N_IR = 9600;
end

% derived constants
K_crc = K_info + 24; % add CRC bits

% bir bloktan fazlaya ihtiyac var mi
number_codewords = ceil( K_crc/5114 ); % blokların sayısı
data_bits_per_frame = ceil( K_crc/number_codewords ); % herbir blokun uzunluğu
if (number_codewords*data_bits_per_frame ~= K_crc)
    K_crc = number_codewords*data_bits_per_frame;
    fprintf( '\nUyari %d eklenmiş bitlerin daha öncelikli bulunmaya ihtiyacı var\n', K_crc-K_info-24 );
end

```

```

N_TTI = 3*data_bits_per_frame + 12;
N_data = P*U;
M = length( X_set ); % maksimum HARQ yeniden iletim sayisi
symbols_per_frame = number_codewords*N_data/(2^(modulation+1));

% varsayilan degerler
turbo_iterations = 14; % 14 turbo de-kodlama sayisi
demod_type = 2; % sabit log-MAP
decoder_type = 2; % sabit log-MAP

input_somap_c = zeros(1,number_codewords*N_data); % demodulator verisi

code_interleaver = CreateUmtsInterleaver( data_bits_per_frame );

% SNR
EsNo = 10^(EsNodB/10);
variance = 1/(2*EsNo);

% kanal zayiflama katsayilari (AWGN icin 1 gir)
a = 1;

trials = zeros(1,M);
frame_errors = zeros(1,M);
bit_errors = zeros(1,M);

fprintf( '\nFor each frame, the number below indicates how many HARQ transmissions before
success\n(x indicates failure after last attempt)\n\n' );

% karistirma sirasini uret
pnsequence = PnGenerator( K_crc, g_scrambling );

for (frame=1:number_frames)

```

```

% Rastgele veri uret
data_unscrambled = round( rand( 1, K_crc ) );

% Karistir
data_scrambled = mod( data_unscrambled + pnsequence, 2 );

% Turbo kodlama
codeword = TurboEncode( data_scrambled, code_interleaver, pun_pattern, tail_pattern, g_turbo,
nsc_flag, g_turbo, nsc_flag );

% Sanal buffer uret
LLR_buffer = zeros(number_codewords,N_TTI);

for (harq_transmission=1:M)
    % sayiciyi artir
    trials( harq_transmission ) = trials( harq_transmission ) + 1;

    % Hiz eslestirme
    [channel_streams] = HarqMatch( codeword, X_set(harq_transmission), N_IR, modulation, P );

    % Module et
    harq_codeword = reshape( channel_streams', 1, number_codewords*N_data);
    % yenilendi
    % s = Mod2D( harq_codeword, S_matrix );
    s = Modulate( harq_codeword, S_matrix );

    % Eger gerekliyse zayiflama uret
    if (channel_type==1) % block Rayleigh fading
        a = sqrt(0.5)*( randn( 1, 1) + j*randn( 1, 1) );
    end

```

```

% Gurultu ekle
noise = sqrt(variance)*( randn(1,symbols_per_frame) + j*randn(1,symbols_per_frame) ); %
complex noise
r = a*s + noise;

% Demodule et
symbol_likelihood = Demod2D( r, S_matrix, EsNo, a*ones(1,symbols_per_frame) );
bit_likelihood = Somap( symbol_likelihood, demod_type, input_somap_c );

% Birbirinden ayirma
[LLR] = HarqDematch( reshape( bit_likelihood, U, number_codewords*P)',
X_set(harq_transmission), N_IR, N_TTI, number_codewords );

% Sanal buffer'i yenile
LLR_buffer = LLR_buffer + LLR;

% Kodu coz
[detected_data, errors, output_decoder_c ] = TurboDecode( LLR_buffer, data_scrambled,
turbo_iterations, decoder_type, code_interleaver, pun_pattern, tail_pattern, g_turbo, nsc_flag,
g_turbo, nsc_flag );

% Eger gerekliyse hata sayaclarini yenile ve tekrar ilet
if ( errors(turbo_iterations) )
    % errors remain
    frame_errors( harq_transmission ) = frame_errors( harq_transmission ) + 1;
    bit_errors( harq_transmission ) = bit_errors( harq_transmission ) + errors( turbo_iterations );
    if (harq_transmission == M)
        fprintf( 'x' ); %
    end
else
    fprintf( '%d', harq_transmission ); % iletim girisiminden sonraki basari

```

```

% Karistirma sonrasi ayristirilan veri
detected_data_unscrambled = mod( pnsequence + detected_data, 2 );
break;
end
end
end

% Cikis download hizini hesapla
number_correct_bits = K_info*(trials(1)-frame_errors(M));
blocks_transmitted = sum( trials );
throughput = number_correct_bits/(blocks_transmitted*TTI_distance*2);

fprintf( '\n\nThroughput at %3.1f dB = %4.0f kbps\n', EsNodB, throughput );

```

Program çalıştırılarak oluşturulan kombinasyonlar:

1. H_SET=0, QPSK, K_info=3202, P=5, X_set=0, N_IR=7202, AWGN, Es/No=10dB, çerçeve sayısı=5, U=960(veri hızı)

Bir H_set sec (1-6) ya da ozel parametre icin 0 gir: 0

QPSK icin 0 QAM icin 1 gir: 0

TTI gir (1, 2, or 3): 3

K_info (cerceve basina bilgi bitlerinin sayisi): 3202

P (fiziksel kanal sayisi): 5

X_set (fazlalik surumu, e.g. [0 2 5 6]): 0

N_IR (sanal IR buffer buyuklugu): 7202

Channel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): 0

Es/No gir dB: 10

kac cerceve simule edilecek: 5

Throughput at 10.0 dB = 534 kbps

Bir H_set sec (1-6) ya da ozel parametre icin 0 gir: 0
 QPSK icin 0 QAM icin 1 gir: 0
 TTI gir (1, 2, or 3): 2
 K_info (cerceve basina bilgi bitlerinin sayisi): 3202
 P (fiziksel kanal sayisi): 5
 X_set (fazlalik surumu, e.g. [0 2 5 6]): 0
 N_IR (sanal IR buffer buyuklugu): 7202
 Channel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): 0
 Es/No gir dB: 10
 kac cerceve simule edilecek: 5
Throughput at 10.0 dB = 801 kbps

Bir H_set sec (1-6) ya da ozel parametre icin 0 gir: 0
 QPSK icin 0 QAM icin 1 gir: 0
 TTI gir (1, 2, or 3): 1
 K_info (cerceve basina bilgi bitlerinin sayisi): 3202
 P (fiziksel kanal sayisi): 5
 X_set (fazlalik surumu, e.g. [0 2 5 6]): 0
 N_IR (sanal IR buffer buyuklugu): 7202
 Channel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): 0
 Es/No gir dB: 10
 kac cerceve simule edilecek: 5
Throughput at 10.0 dB = 1601 kbps

Yukarıda oluşturulan 3 kombinasyonda QPSK modülasyonu kullanılmıştır. Kullanılan bit sayısı 3202, fiziksel kanal sayısı 5, çerçeve sayısı 5 ve veri hızı 960 kbps seçilmiştir. İlk durumda TTI=3, ikinci durumda TTI=2, üçüncü durumda ise TTI=1 verilmiş ve üç farklı çıkış hızı elde edilmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek hız TTI=1’de elde edilmiştir çünkü TTI=1’de aynı anda toplam 6 HARQ prosesi gerçekleştirilebilmektedir. Halbuki TTI=3’de aynı anda gerçekleştirilen HARQ proses sayısı 2, TTI=2’de ise bu sayı 3’dür.

Yukarıda elde edilen değerlerde 1.6 Mbps hızına ulaşılmıştır. Bu hız TTI=3'de 534kbps, TTI=2'de 801 kbps'de kalmıştır.

2. H_SET=1, QAM, TTI=3, K_info=4664, P=4, X_set=0, N_IR=7202, AWGN, Es/No=10dB, çerçeve sayısı=4, U=1920(veri hızı)

Bir H_set sec (1-6) ya da özel parametre için 0 gir: 1

QPSK için 0 QAM için 1 gir: 1

Channel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): 0

Es/No gir dB: 10

kac cerceve simule edilecek: 4

Throughput at 10.0 dB = 777 kbps

Yukarıda oluşturulan blokta QAM modülasyonu kullanılmıştır. Kullanılan bit sayısı 4664, fiziksel kanal sayısı 4, çerçeve sayısı 4, TTI=3 ve veri hızı 1920 kbps seçilmiştir. **Ulaşılan hız 777 kbps'dir.**

3. H_SET=2, QAM, TTI=2, K_info=4664, P=4, X_set=0, N_IR=7202, AWGN, Es/No=10dB, çerçeve sayısı=4, U=1920

Bir H_set sec (1-6) ya da özel parametre için 0 gir: 2

QPSK için 0 QAM için 1 gir: 1

Channel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): 0

Es/No gir dB: 10

kac cerceve simule edilecek: 4

Throughput at 10.0 dB = 1166 kbps

Yukarıda oluşturulan blokta QAM modülasyonu kullanılmıştır. Kullanılan bit sayısı 4664, fiziksel kanal sayısı 4, çerçeve sayısı 4, TTI=2 ve veri hızı 1920 kbps seçilmiştir. **Ulaşılan hız 1.16 Mbps'dir. Görüldüğü gibi TTI=2 seçildiğinde hız daha da artmıştır.**

4. H_SET=3, QAM, TTI=1, K_info=4664, P=4, X_set=0, N_IR=7202, AWGN, Es/No=10dB, çerçeve sayısı=4, U=1920

Bir H_set sec (1-6) ya da özel parametre için 0 gir: 3

QPSK için 0 QAM için 1 gir: 1

Channel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): 0

Es/No gir dB: 10

kac cerceve simule edilecek: 4

Throughput at 10.0 dB = 2332 kbps

Yukarıda oluşturulan blokta QAM modülasyonu kullanılmıştır. Kullanılan bit sayısı 4664, fiziksel kanal sayısı 4, çerçeve sayısı 4, TTI=1 ve veri hızı 1920 kbps seçilmiştir. **Ulaşılan hız 2.33 Mbps'dir. Görüldüğü gibi TTI=1 seçildiğinde hız TTI=2 ve TTI=3'e oranla çok daha artmıştır.**

5. H_SET=6, QAM, TTI=1, K_info=9377, P=4, X_set=0, N_IR=9600, AWGN, Es/No=10dB, çerçeve sayısı=4, U=1920

Bir H_set sec (1-6) ya da özel parametre için 0 gir: 6

QPSK için 0 QAM için 1 gir: 1

Channel type (AWGN ise 0, Rayleigh block fading ise 1 gir): 0

Es/No gir dB: 10

kac cerceve simule edilecek: 4

Throughput at 10.0 dB = 4689 kbps

Yukarıda oluşturulan blokta QAM modülasyonu kullanılmıştır. Kullanılan bit sayısı 9377, fiziksel kanal sayısı 4, çerçeve sayısı 4, TTI=1 ve veri hızı 1920 kbps seçilmiştir. **Ulaşılan hız 4.68 Mbps'dir. Görüldüğü gibi bit sayısı 2 katına çıkarıldığında hız da 2 katına çıkmış ve aşağı yönde tam 4.68 Mbps hızına ulaşılmıştır.**

Şu anda üniversiteler ve çeşitli özel kurumlar tarafından yapılan araştırmalarda en büyük iletim büyüklüğü olarak 27.952 bit kullanılmıştır ve ulaşılan hız 13.976 Mbps'dir. Yukarıda yapılan MATLAB uygulamasında ise 9377 bitle 4.68 Mbps hızına ulaşılmıştır.

Buradan çıkarılan sonuç şudur ki iletilen bit sayısı arttıkça, aynı zamanda iletim zaman aralığı yani TTI=1 seçildiği müddetçe ve diğer parametrelerle de oynanarak çok daha büyük hızlara ulaşmak mümkün olduğu görülmüştür. Şu an için teoride yapılan çalışmalarla TTI=1 için aynı anda 6 farklı HARQ işlemi mümkün olmaktadır fakat belki bu sayının ileriki yıllarda daha da artabilme ihtimali vardır. Böyle bir durumda 14Mbps'den çok daha yüksek hızlara çıkabilmek mümkün görünmektedir. Aynı şey modülasyon yöntemi açısından da söylenebilir. Şu an için en iyi radyo koşullarında 16 QAM kullanılmakla birlikte halen yapılmakta olan denemeler ve deneyler sonucunda ileriki yıllarda 32 QAM, 64QAM ve hatta 256QAM'e kadar çıkıldıkça ulaşılan hızlar 100Mbps'e kadar kadar aşağı yönde veri indirme imkanı sağlayacaktır.

MODÜLASYON	TTI	BİT SAYISI	ÇIKIŞ
QPSK	3	3202	534kbps
QPSK	2	3202	801kbps
QPSK	1	3202	1.601Mbps
QAM	3	4664	777kbps
QAM	2	4664	1.166Mbps
QAM	1	4664	2.332Mbps
QAM	1	9377	4.689Mbps

9. SONUÇ

Sekizinci bölümde de görüldüğü üzere simülasyon sonuçlarında bakıldığında QPSK modülasyonu kullanılarak TTI=3 seçildiğinde 534kbps, TTI=2 seçildiğinde 801kbps ve TTI=1 seçildiğinde ise 1.6Mbps hızlarına ulaşıldığı görülmüştür. Bunun sebebi TTI=3’de aynı anda gerçekleştirilen HARQ işleminin 2, TTI=2’de bu değerin 3, TTI=1’de ise 6 olmasından kaynaklanmaktadır. Aynı anda gerçekleştirilen HARQ işlemi arttıkça çok daha yüksek hızlara çıkıldığı görülmüştür.

Yapılan simülasyonda QPSK için yapılan aynı işlemler QAM modülasyonu için de yapılmıştır ve bulunan sonuçlar hayli dikkat çekicidir. QAM’de TTI=3 seçildiğinde 777kbps, TTI=2 seçildiğinde 1.11Mbps ve TTI=1 seçildiğinde ise 2.33Mbps hızlarına ulaşıldığı görülmüştür. QPSK’ya göre QAM’de daha yüksek veri hızlarının elde edilmesinin nedeni QAM’de QPSK’ya göre 16 farklı durumun oluşmasıdır ve bu konu üçüncü bölümde modülasyon tipleri kısmında incelenmiş ve ayrıca MATLAB’de modellemesi de yapılmıştır. QAM’de giriş biti sayısını 9377’ye çıkardığımızda ulaştığımız hızın 4.68Mbps olduğu görülmüştür. Böylece yüksek sayıda bitler ve yüksek tipte modülasyon teknikleri kullanıldığında hedeflenen hızların çok yüksek seviyelere çıkacağı görülmüştür.

Sonuç olarak HSDPA’nın asıl amacı olan yüksek hızlarda aşağı yönde veri indirmeye olanak sağlayan hızlara ulaşıldığı simülasyonlarla görülmüştür

İncelenen tüm sayısal modülasyon teknikleri, HSDPA’nın UMTS’deki yeri ve ayrıca HSDPA yapısının detaylı bir şekilde incelenmesi ve modellenmesinden onra HSDPA ile ilgili avantajları aşağıda şu şekilde sıralayabiliriz:

- Veri paket iletiminin planlanması gibi bazı kilit fonksiyonların getirilmesi ve yeniden iletimlerin (iletim hatalarında) hava arabirimine yakın baz istasyonuna işlenmesi.
- İletim için paket planlamayı hızlandırmak için daha kısa çerçeveye uzunlukları kullanılması.
- Yeniden iletim sonucu ortaya çıkan hava arabirimi yükünü asgariye indirmek için artan fazlalık kullanılması.
- Farklı kullanıcılar arasında hava arabirimi kanalını kolaylaştırmak için yüksek hızlı aşağı yönde paylaşımlı kanalı (HS-DSCH) olarak bilinen yeni bir ulaştırma kanalı türünün benimsenmesi

- Radyo bağlantısının kalitesine göre modülasyon düzeni ve kodlamanın uyarlanması.

HSDPA, 15 ülkenin her birinde ticari donanım ve yazılım üzerinde hayata geçti ve 3.6Mbps veri indirme hızına ulaştı. Dünya çapında operatörler, kullanıcılara daha hızlı ticari servisler sunabilmenin çabası içindeler ve bu süreçte 3.Nesil-3G/HSDPA destekli servislerin olanaklarını keşfediyorlar.

WCDMA teknolojisinin bir üst adımı olan HSDPA, 14.4Mbps veri hızında İnternet bağlantı hızına olanak sağlıyor. Böylece operatörler sistem kapasitelerini ikiye katlıyorlar ve etkileşimli servisler için yanıt süresi daha hızlı oluyor.

Mekandan bağımsız olarak e-posta göndermemize, çevrimiçi müzik dinlememize, video izlememize ve internet servislerine erişmemizi sağlayan mobil geniş-bant, HSDPA sayesinde bizlere bu olanakları getiriyor. Operatörler ise bu teknoloji ile geniş kitlelere yönelik servisler pazara sunabiliyorlar.

KAYNAKLAR

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UE Radio Transmission and Reception (FDD)*. Release 6. 3GPP TS 25.101 (V.6.8.0)

3rd Generation Partnership Project, Termination Performance Specification; *Radio Transmission and Reception (FDD)*. Release 6. 3GPP TS 34.121 (V.6.1.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *BS Radio Transmission and Reception (FDD)*. Release 6. 3GPP TS 25.141 (V.6.a.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (FDD)*. Release 5. 3GPP TS 25.211 (V.5.7.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *Multiplexing and Channel Coding (FDD)*. Release 5. 3GPP TS 25.212 (V.5.a.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *Spreading and Modulation (FDD)*. Release 5. 3GPP TS 25.213 (V.5.6.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *Physical Layer Procedures (FDD)*. Release 5. 3GPP TS 25.214 (V.5.b.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UE Radio Access Capabilities*. Release 5. 3GPP TS 25.306 (V.5.b.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *HSDPA Overall Description*. Release 5. 3GPP TS 25.308 (V.5.7.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *Medium Access Control (MAC) Protocol Specification*. Release 5. 3GPP TS 25.321 (V.5.b.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *High Speed Downlink Packet Access Physical Layer Aspects*. Release 5. 3GPP TR 25.858 (V.5.0.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *High Speed Downlink Packet Access: lub/lur Protocol Aspects*. Release 5. 3GPP 3GPP TR 25.877 (V.5.1.0)

3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network; *UTRA High Speed Downlink Packet Access*. Release 4. 3GPP TR 25.950 (V.4.0.0)

Agilent Technologies “*Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*” Application Note

Arnab Das, Nandu Gopalakrishnan, Teck Hu, Farooq Khan, Ashok Rudrapatna, Ashwin Sampath, Hsuan-Jung Su, Said Tatesh, and Wenfeng Zhang (2002) “*Evolution of UMTS Toward High-Speed Downlink Packet Access*” Bell Labs Technical Journal

Hewlett Packard, Digital Modulation in Communication Systems

www.3gpp.org

www.umtsworld.com

http://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 27.11.1978

Doğum yeri İstanbul

Lise 1989-1996 Eskişehir Kılıçoğlu Anadolu Lisesi

Lisans 1996-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Fak.
Elektronik ve Haberleşme Bölümü

Çalıştığı kurumlar

2001-2005 AVEA.

2005-2007 T-Mobile USA

2007-Devam ediyor MOTOROLA