

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

UMTS ÇEKİRDEK ŞEBEKE TASARIMI

Elektronik ve Haberleşme Müh. Gökay TULUM

**FBE Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Haberleşme Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aktül KAVAS

İSTANBUL, 2010

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

UMTS ÇEKİRDEK ŞEBEKE TASARIMI

Elektronik ve Haberleşme Müh. Gökalp TULUM

**FBE Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Haberleşme Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aktül KAVAS

Yrd. Doç. Dr. Aktül Kavas
Kavas

Yrd. Doç. Dr.
Lütfiye DURAK ATA
a. Durak

Prof. Dr. Aydın Akın
Akın

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖNSÖZ	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ	1
2. UMTS ÇEKİRDEK ŞEBEKESİ	3
2.1 Giriş	3
2.2 Mobil Şebekelerin Gelişimi	3
2.2.1 1. Nesil Mobil Şebekeler.....	3
2.2.2 2. Nesil Mobil Şebekeler.....	4
2.2.3 2,5. Nesil Mobil Şebekeler.....	5
2.2.4 3.Nesil Mobil Şebekeler.....	5
2.3 UMTS Sistem Mimarisi	6
2.3.1 UMTS Radyo Erişim Şebekesi.....	7
2.3.2 UMTS Çekirdek Şebekesi.....	9
2.3.2.1 Devre Anahtarlama Şebeke.....	11
2.3.2.2 Paket Anahtarlama Şebeke.....	13
2.4 Trafik Yönetimi	14
2.4.1 Mobil Kullanıcıdan Sabit Şebeke Kullanıcısına Doğru Trafik	14
2.4.2 Sabit Şebeke Kullanıcısından Mobil Kullanıcısına Doğru Trafik.....	15
2.4.3 Paket Veri Protokol İçerik Aktivasyonu	16
3. DEVRE ANAHTARLAMALI ŞEBEKE	18
3.1 Devre Anahtarlama Şebeke Mimarisi.....	18
3.2 Devre Anahtarlama Şebeke Arayüz Protokolleri	18
3.2.1 Devre Anahtarlama Şebeke Arayüzleri	18
3.2.2 UTRAN Arayüzleri İçin Genel Protokol Modeli	19
3.2.2.1 Yatay Katmanlar	19
3.2.2.2 Dikey Düzlemler.....	19
3.2.3 Iu-CS Arayüzü Protokol Yığını.....	20
3.2.3.1 Devre Anahtarlama Iu Radyo Şebekesi Kontrol Düzlemi.....	21
3.2.3.2 Devre Anahtarlama Iu Taşıma Şebekesi Kontrol Düzlemi.....	22
3.2.3.3 Devre Anahtarlama Iu Kullanıcı Düzlemi	22
3.2.4 Nb Arayüzü Protokol Yığını	24
3.2.4.1 Kontrol Düzlemi	24
3.2.4.2 Kullanıcı Düzlemi.....	24
3.2.5 Mc Arayüzü Protokol Yığını.....	25
3.2.6 Nc Arayüzü Protokol Yığını	26
3.3 Devre Anahtarlama Şebekede Kullanıcı Düzlemi Planlaması.....	26

3.3.1	MGW Konumlandırılması	27
3.3.1.1	Ayrık Mimarili MGW	27
3.3.1.2	Merkezi Mimarili MGW	28
3.3.2	Uçtan uca Trafik Matrisi	29
3.3.3	Şebeke Trafiğinin Yönlendirilmesi	29
3.3.3.1	AAL2 Şebekesi	29
3.3.3.2	AAL2 Trafiğinin Yönlendirilmesi	30
3.3.4	Yönlendirilen Trafiğin Omurgada Oluşturacağı Bant Genişliği	30
3.3.4.1	Erlang B	30
3.3.4.2	AMR Kodlanmış Konuşma için Gerekli Bant Genişliği	31
3.3.4.3	Devre Anahtarlama için Gerekli Bant Genişliği	31
4.	PAKET ANAHTARLAMALI ŞEBEKE	32
4.1	Paket Anahtarlama Şebeke Mimarisi	32
4.2	Paket Anahtarlama Şebeke Arayüz Protokolleri	32
4.2.1	Iu-PS Arayüzü Protokol Yığını	32
4.2.1.1	Paket Anahtarlama Iu Radyo Şebekesi Kontrol Düzlemi	33
4.2.1.2	Paket Anahtarlama Veri Kullanıcı Düzlemi	33
4.2.2	Gn Arayüzü Protokol Yığını	33
4.2.3	Gi Arayüzü Protokol Yığını	34
4.3	Paket Anahtarlama Şebeke Planlaması	35
4.3.1	Şebeke Elemanlarının Boyutlandırılması	35
4.3.1.1	SGSN Boyutlandırılması	35
4.3.1.2	GGSN Boyutlandırılması	36
4.3.2	Arayüz Planlaması	36
4.3.2.1	Paket Anahtarlama Iu Arayüzü Planlaması	36
4.3.2.2	Gn Arayüzü Planlaması	37
4.3.2.3	Gi Arayüzü Planlaması	38
5.	ATM TAŞIMA ŞEBEKESİ	39
5.1	Genel	39
5.2	Taşıma Şebekesi Seçimi	39
5.3	ATM Taşıma Şebekesi	40
5.3.1	Asenkron Transfer Modu	40
5.3.2	ATM Adaptasyon Katmanı 2	40
5.3.3	ATM Şebeke Topoloji Seçimi	41
5.4	MPLS	43
5.4.1	Trafik Yönlendirme	44
6.	UMTS'DE HİZMET KALİTESİ	46
6.1	UMTS'de Hizmet Kalitesi	46
6.1.1	UMTS Hizmetlerine Genel Bakış	46
6.2	QoS Mimarisi	47
6.2.1	QoS Sınıfları	48
6.2.2	QoS Parametreleri	49
7.	ÇEKİRDEK ŞEBEKE TASARIMI VE PLANLAMASI	51
7.1	Çekirdek Şebeke Planlanması Temelleri	51
7.1.1	Çekirdek Şebeke Planlamanın Amacı	51
7.1.1.1	Şebeke Analizi	52

7.1.1.2	Şebeke Boyutlandırılması	52
7.1.1.3	Taşıma Şebekesi İşaretleşmesi ve Arayüz Planlaması	55
7.1.1.4	Arayüz Boyutlandırılması	55
7.2	Çekirdek Şebeke Planlama	56
7.2.1	Arayüz Planlama Yöntemi	56
7.2.1.1	Iub Arayüzünde Devre Anahtarlama Kanalı Sayısı Hesabı	57
7.2.1.2	Iub Arayüzünde Oluşan Toplam Devre Anahtarlama Trafik Miktarı Hesabı	58
7.2.1.3	Iub Arayüzünde Oluşan Paket Anahtarlama Trafik Miktarı Hesabı	59
7.2.1.4	Devre Anahtarlama Iu Trafik Hesabı	59
7.2.1.5	Paket Anahtarlama Iu Trafik Hesabı	60
7.2.2	Çekirdek Şebeke Planlama Yöntemi	61
8.	ÖRNEK BİR UMTS ÇEKİRDEK ŞEBEKESİNİN TASARIMI	62
8.1	Giriş	62
8.2	Genel Çekirdek Şebeke Özellikleri	62
8.3	Kullanıcı Trafik Değerleri	63
8.4	Trafik Hesapları	64
8.4.1	Her Bölgedeki B Düzümü Sayısı	64
8.4.2	Bölgelerden Üretilen Trafik Miktarı	64
8.4.3	Çekirdek Şebeke Düzümlerinin Yerleştirilmesi	71
8.4.4	Devre anahtarlama Şebeke Tasarımı	71
8.4.5	Paket Anahtarlama Şebeke Tasarımı	76
8.4.6	MSC, HLR/AUC Sayılarının hesaplanması	83
8.5	ATM Omurga Şebekesinin Tasarımı	85
8.5.1	Omurga Şebeke Topolojisi	85
8.5.2	ATM Hatlarında Bölgeler Arası Trafik	85
8.5.2.1	Devre Anahtarlama Trafik için Trafik Miktarı	86
8.5.2.2	Paket Anahtarlama Trafik için Trafik Miktarı	86
8.5.2.3	ATM Hatlarının Belirlenmesi	87
9.	SONUÇ	91
	KAYNAKLAR	92
	EKLER	94
	Ek 1 Mobil Kullanıcıdan Harici Şebekelere olan Trafik	95
	Ek 2 Şebeke içi Mobil Kullanıcı Trafik	98
	Ek 3 SGSN/GGSN Sayıları	101
	Ek 4 Devre Anahtarlama Trafik Miktarı	103
	ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMA LİSTESİ

3GPP	Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi Third Generation Partnership Project
AAL	ATM Uyumlaştırma Katmanı ATM Adaptation Layer
AAL2	ATM Uyumlaştırma Katmanı 2 ATM Adaptation Layer 2
AAL5	ATM Uyumlaştırma Katmanı 5 ATM Adaptation Layer 5
ALCAP	Erişim Bağlantısı Denetimi Uygulama Kısım Access Link Control Application Part
AMPS	Gelişmiş Mobil telefon Sistemi Advanced Mobile Telephony System
AMR	Adaptif Çoklu Hız Adaptive Multi-Rate
ATM	Asenkron Transfer Mod Asynchronous Transfer Mode
AUC	Doğrulama Merkezi Authentication Center
BICC	Taşıyıcıdan Bağımsız Çağrı Kontrol Bearer Independent Call Control
CC	Çağrı Kontrol Call Control
CDMAone	Kod Bölmeli Çoklu Erişim-1 Code Division Multiple Access-1
CN	Çekirdek Şebeke Core Network
CS	Devre Anahtarlama Circuit Switched
CS-MGW	Devre Anahtarlama – MGW Circuit Switched - MGW
D-AMPS	Sayısal AMPS Digital AMPS
EDGE	GSM Evrimi için Geliştirilmiş Veri Hızları Enhanced Data rates for GSM Evolution

EIR	Kimlik Bilgileri Veritabanı Equipment Identity Register
ETSI	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frekans Bölmeli Çiftleme Frequency Division Duplex
GGSN	Ağ geçidi GPRS Destek Düzümü Gateway GPRS Support Node
GoS	Servis Kalitesi Grade of Service
GPRS	Paket Anahtarlama Radyo Hizmeti General Packet Radio Service
GSM	Küresel Mobil Haberleşme Sistemi Global System for Mobile Communications
GTP	GPRS Tünel Protokolü GPRS Tunneling Protocol
GTP-C	GTP-Kontrol GTP-Control
GTP-U	GTP- Kullanıcı GTP- User
HLR	Abone Bilgileri Kalıcı Veritabanı Home Location Register
IP	İnternet Protokolü Internet Protocol
IPv4	IP versiyon 4 IP version 4
IPv6	IP versiyon 6 IP version 6
Iu-CS	Iu arayüzü – Devre Anahtarlama Iu Interface – Circuit Switched
Iu-PS	Iu arayüzü – Paket Anahtarlama Iu Interface – Packet Switched
Iu-UP	Iu Kullanıcı Kısmı Iu User Part

LDP	Etiket Dağıtım Protokolü Label Distribution Protocol
LER	Etiket Sınır Yönlendiricileri Label Edge Router
LSP	Etiket Anahtarlama Yolu Label Switching Path
LSR	Etiket Anahtarlama Yönlendiricilerinden Label Switching Router
M3UA	MTP3 Kullanıcı Uyumlaştırma Katmanı MTP3 User Adaption Layer
ME	Mobil Cihaz Mobile Equipment
MEGACO	MGW Kontrol MGW Control
MGW	Medya Geçit Santralleri Media Gateway
MM	Hareketlilik Yönetimi Mobility Management
MPLS	Çoklu Protokol Etiket Anahtarlama Multi Protocol Label Switching
MSC	Mobil Anahtarlama Merkezi Mobile Services Switching Center
MTP	Mesaj İletim Kısım Message Transport Part
MTP3	Mesaj Transfer Kısım 3 Message Transfer Part Layer 3
MTP3-B	Mesaj Transfer Kısım 3- Geniş bant Message Transfer Part Layer 3-Broadband
Nb-UP	Nb kullanıcı Kısım Nb Application Part
NMT	Nordic Mobil Telefon Nordic Mobile Telephony
Node-B	B Düğümü Node-B

PDC	Kişisel Sayısal Haberleşme Personal Digital Communication
PDP	Paket Veri Protokol Packet Data Protocol
PS	Paket Anahtarlama Packet Switched
PSTN	Kamu Telefon Şebekesi Public Switched Telephony Network
PVC	Sürekli Sanal Devre Permanent Virtual Circuit
RANAP	Radyo Erişim Şebekesi Uygulama Kısım Radio Access Network Application Part
RFC 1490	Frame Relay Üzerinden Çoklu Protokol Bağlantısı Multiprotocol Connection over Frame Relay
RLP	Radyo Bağlantı Protokolü Radio Link Protocol
RNC	Radyo Şebeke Kontrol Denetleyicisi Radio Network Controller
RNS	Radyo Şebeke Alt sistemleri Radio Network Subsystem
SAAL	İşaretleşme ATM Uyumlaştırma Katmanı ATM Adaptation Layer for Signalling
SCCP	İşaretleşme Bağlantı Kontrol Kısım Signaling Connection Control Part
SCTP	Akış Kontrol Taşıma Protokolü Stream Control Transport Protocol
SGSN	GPRS Servis Düğümü Serving GPRS Support Node
SHO	Yumuşak Geçiş Soft Handover
SM	Oturum Yönetimi Session Management
SSCF-NNI	Şebeke Düğüm Arayüzü Özel servis Koordinasyon Fonksiyonu Service Specific Co-ordination Function-Network Node Interface

SSCOP	Özel Servis Odaklı Bağlantı Protokolü Service Specific Connection Oriented Protocol
STC	İşaretleşme Taşıma dönüştürücüsü Signaling Transport Converter
STM-1	Senkron Transfer Modu 1 Synchronous Transport Mode level-1
SVC	Anahtarlamalı Sanal Devre Switched Virtual Circuit
TACS	Genel Erişim Haberleşme Sistemi Total Access Communication System
TAF	Terminal Uyumlaştırma Fonksiyonu Terminal Adaptation Function
TCP	İletim Kontrol Protokolü Transmission Control Protocol
TDD	Zaman Bölmeli Çiftleme Time Division Duplex
TDMA	Zaman Bölmeli Çoklu Erişim Time Division Multiple Access
UDP	Kullanıcı Veri bloğu Protokolü User Datagram Protocol
UE	Kullanıcı Cihazı User Equipment
UMTS	Evrensel Mobil Haberleşme Sistemi Universal Mobile Telecommunications System
U-SIM	Kullanıcı cihazı UMTS Abone Kimlik Modülü UMTS Subscriber Identity Modüle
UTRAN	UMTS Karasal Radyo Erişim Şebekesi UMTS Terrestrial Radio Access Network
QoS	Hizmet Kalitesi Quality of Service
VAF	Konuşma Aktivitesi Faktörü Voice Activity Factor
VC	Sanal Kanal Virtual Channel

VCC	Sanal Kanal Bağlantı Virtual Channel Connection
VCI	Sanal Kanal Tanımlayıcı Virtual Channel Identifier
VLR	Ziyaretçi Abone Bilgileri Veritabanı Visitor Location Register
VP	Sanal Yol Virtual Path
VPI	Sanal Yol Tanımlayıcı Virtual Path Identifier
VPN	Özel Sanal Şebeke Virtual Private Network
WCDMA	Geniş bant Kod Bölmeli Çoklu Erişim Wideband Code Division Multiple Access

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Mobil şebekelerin gelişimi	3
Şekil 2.2 UMTS sistem mimarisi.....	7
Şekil 2.3 UTRAN mimarisi.....	8
Şekil 2.4 Devre anahtarlama mimari	10
Şekil 2.5 Paket anahtarlama mimari	10
Şekil 2.6 UMTS sistemindeki devre ve paket anahtarlama şebekeler.....	11
Şekil 2.7 Devre anahtarlama şebeke	12
Şekil 2.8 Paket anahtarlama şebeke.....	13
Şekil 2.9 Mobil kullanıcıdan sabit şebeke kullanıcısına doğru trafik.....	15
Şekil 2.10 Sabit şebeke kullanıcıdan mobil kullanıcısına doğru trafik	15
Şekil 2.11 Paket veri protokol içerik aktivasyonu	16
Şekil 3.1 Devre anahtarlama şebeke arayüzleri.....	19
Şekil 3.2 UTRAN arayüzleri için genel protokol modeli	20
Şekil 3.3 Devre anahtarlama Iu arayüzü protokol yığını	21
Şekil 3.4 Nb arayüzü protokol yığını.....	24
Şekil 3.5 Mc arayüzü protokol yığını	25
Şekil 3.6 Nc arayüzünün protokol yığını	26
Şekil 3.7 Ayrık mimarili MGW yapısı.....	28
Şekil 3.8 Merkezi mimarili MGW yapısı.....	28
Şekil 3.9 AAL2 anahtarlama kullanılmayan ATM taşıma şebekesi	29
Şekil 3.10 Üç bölgeden oluşan AAL2 şebekesi	30
Şekil 4.1 Paket anahtarlama şebeke mimarisi ve arayüzleri	32
Şekil 4.2 Paket anahtarlama Iu arayüzü protokol yığını	32
Şekil 4.3 Gn Arayüzü Protokol Yığını.....	34
Şekil 4.4 Gn arayüzü protokol yığını.....	34
Şekil 4.5 RNC-SGSN bağlantısı.....	37
Şekil 5.1 UMTS taşıma şebekesi.....	39
Şekil 5.2 ATM hücre çoğullama.....	40
Şekil 5.3 Devre anahtarlama şebekede AAL2 yolu.....	41
Şekil 5.4 Ağ şebeke topolojisi	42
Şekil 5.5 Hiyerarşik şebeke topolojisi.....	42
Şekil 5.6 Örnek bir MPLS omurgası.....	44
Şekil 5.7 MPLS başlık formatı	44
Şekil 5.8 MPLS'nin ATM etiket formatı	45

Şekil 6.1 Taşıyıcı hizmet kavramı	46
Şekil 6.2 UMTS taşıyıcı hizmetlerinin hiyerarşik modeli	48
Şekil 7.1 Çekirdek şebeke planlama yöntemi.....	51
Şekil 7.2 Şebeke trafik akışı	53
Şekil 7.3 Anahtarlama elemanı eklenmiş şebeke	54
Şekil 8.1 1. Bölgedeki trafiğin dağılımı	72
Şekil 8.2 2. bölgedeki trafiğin dağılımı.....	72
Şekil 8.3 3. bölgedeki trafiğin dağılımı.....	73
Şekil 8.4 4. bölgedeki trafiğin dağılımı.....	73
Şekil 8.5 5. bölgedeki trafiğin dağılımı.....	74
Şekil 8.6 Şebekeye MGW düğümlerinin eklenmesi.....	76
Şekil 8.7 Her bölgede SGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğin dağılımı	77
Şekil 8.8 1.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğin dağılımı.....	77
Şekil 8.9 2.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğin dağılımı.....	78
Şekil 8.10 3.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğin dağılımı.....	78
Şekil 8.11 4.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğin dağılımı.....	79
Şekil 8.12 5.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğin dağılımı.....	79
Şekil 8.13 MGW ve GSN düğümlerinin şebekedeki yeri ve sayısı.....	83
Şekil 8.14 MSC ve HLR cihazının şebekeye yerleştirilmesi	84
Şekil 8.15 ATM omurga şebeke topolojisi.....	85
Şekil 8.16 ATM hatları ve isimleri	87

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 6.1 UMTS taşıyıcı hizmetlerinin desteklemesi gereken bilgi kalite özellikleri	47
Çizelge 6.2 UMTS Taşıyıcı hizmetlerinin QoS sınıfları.....	49
Çizelge 6.3 QoS parametrelerinin listesi.....	50
Çizelge 8.1 Kullanıcıların bölgelere dağılımı	62
Çizelge 8.2 Her bölgedeki trafiğin dağılımı.....	63
Çizelge 8.3 Trafiğin bölgeler arasındaki dağılımı	63
Çizelge 8.4 Bölgelerde harici şebekelerle yapılan bağlantılar	63
Çizelge 8.5 Kullanıcı trafik değerleri.....	64
Çizelge 8.6 B düğümlerinin bölgelere dağılımı.....	64
Çizelge 8.7 Iub arayüzü üzerindeki trafik miktarı	67
Çizelge 8.8 Iu arayüzü üzerindeki trafik miktarı.....	71
Çizelge 8.9 Şebeke düğümlerinin bölgelere göre dağılımı	71
Çizelge 8.10 Harici şebeke trafiğinin bölgeler arasındaki dağılımı.....	74
Çizelge 8.11 Şebeke içi mobil trafiğinin bölgeler arasındaki dağılımı.....	75
Çizelge 8.12 MGW ürünleri ve Erlang kapasiteleri	75
Çizelge 8.13 Paket anahtarlama trafiğinin dağılımı	81
Çizelge 8.14 SGSN GGSN ürünleri kapasiteleri.....	82
Çizelge 8.15 Gerekli SGSN ve GGSN sayıları	82
Çizelge 8.16 MSC kapasitesi.....	83
Çizelge 8.17 HLR/AUC kapasitesi.....	83
Çizelge 8.18 ATM hatları üzerindeki toplam devre anahtarlama trafik miktarı.....	86
Çizelge 8.19 Bölgeler arasındaki paket anahtarlama trafik yükü.....	87
Çizelge 8.20 Devre anahtarlama trafik yönlendirme çizelgesi ve trafik miktarları.....	88
Çizelge 8.21 Paket anahtarlama trafik yönlendirme çizelgesi ve bant genişlikleri.....	89
Çizelge 8.22 Gerekli STM-1 Sayısı.....	90

ÖNSÖZ

Bana, bu tez sırasında yol gösteren ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen başta Yrd. Doç. Dr. Aktül Kavas olmak üzere benim yetişmemi ve bugünlere gelmemi sağlayan, hepsi birbirinden değerli tüm hocalarıma, benden hiçbir maddi ve manevi desteği esirgemeyen ve gönülleri hep benimle olan aileme, beni her zaman destekleyen ve dostluklarını gösteren tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ocak 2010

Gökalp Tulum

ÖZET

Bu tezde UMTS sistemi için çekirdek şebeke tasarımı anlatılmıştır. Bu amaçla çekirdek şebeke tasarımında kullanılacak devre anahtarlama ve paket anahtarlama şebekeleri ile ATM tabanlı taşıma şebeke teknolojisi ele alınarak incelenmiştir.

Bu incelemelerde mobil şebeke evrim aşamaları anlatılarak UMTS şebeke elemanları ve şebeke arayüzleri tanıtılmıştır. Kullanıcı trafik hesaplamaları devre anahtarlama ve paket anahtarlama şebeke için gösterilmiştir. Çekirdek şebeke planlaması ve boyutlandırmasından bahsedilerek çekirdek şebekede kullanılan protokoller anlatılmıştır.

2. nesil haberleşme teknolojileri üzerine kurulacak olan bir şebekede, şebeke maliyetini sınırlı tutabilmek için ATM teknolojisinin hem paket hem devre anahtarlama hizmetlerin ortak bir taşıma katmanı üzerinden iletilebilmesini sağlaması ayrıca gelişen teknoloji ile kullanılmaya başlanabilecek IP tabanlı sistemler için uygun bir geçiş teknolojisi olması nedeniyle ATM teknolojisi kullanılmıştır.

Çalışmada örnek bir UMTS çekirdek şebekesi tasarlanmıştır. Tasarımda taşıma şebekesi ATM tabanlı seçilmiştir. Tasarım aşamaları ve trafik hesaplamaları adım adım gösterilmiştir. Gerekli düğüm sayıları ve omurga hat sayıları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: UMTS, devre anahtarlama, paket anahtarlama, ATM, çekirdek şebeke tasarımı

ABSTRACT

In this thesis, UMTS core network design has been explained. For this reason, circuit switched and packet switched networks which can be used in core networks has been investigated in details. Also ATM based transport network technology investigated in details.

In this investigations, mobile network evolutions phases has been described and UMTS network elements and network interfaces have been introduced. Also traffic calculations for both circuit switched and packet switched services have been explained. Planning and dimensioning of core network have been considered and the protocols used in the core network described.

In a network which evolved from second generation communication technologies, using a ATM based common transport plane for circuit switched and packet switched services reduce network costs. Also it paves the way of transition to IP based systems.

In this thesis, example of UMTS core network has been designed. ATM has been selected as a transport technology in order to design the user plane of the core network. Design phases and traffic calculations have been explained step by step. Required node and backbone trunk numbers have been given as a result of the design.

Keywords: UMTS, circuit switched, packet switched, ATM, core network planning

1. GİRİŞ

Telgrafla sınırlı bir başlangıç yapan, telefonun keşfi ile de bireysel iletişimin yolunu açan haberleşme teknolojileri; mobil telefonların ilk nesli olan analog mobil telefonlar ve 2. nesil sayısal sistemlerden sonra günümüzde cep telefonu, akıllı telefon gibi mobil cihazlara yüksek hızlı internet erişimi gibi yüksek hız ve bant genişliği gerektiren hizmetleri sunmaktadır. Bu hücresel haberleşme standart ve teknolojilerinin genel adı olan 3. nesil ile kullanıcıları fiziksel olarak olmasa da iletişim imkanları açısından yakınlaştırmaktadır.

3. nesil mobil haberleşme sistemlerinin genel amacı, kullanıcılara internet tabanlı ve çoklu ortam hizmetlerini hızlı ve verimli bir biçimde verebilmektir. 3. nesil sistemler tarafından sağlanacak hizmetler, birinci ve ikinci nesil sistemler tarafından sağlanan ses ağırlıklı hizmetler ile karşılaştırıldığında, veri ağırlıklı hizmetler olarak karakterize edilebilir. Bu hizmetler, kullanıcıya çoklu ortam yetenekleri kazandıracaktır. Bir başka deyişle kullanıcıya veri, müzik ve gerçek zamanlı video gibi çeşitli hizmetler eş zamanlı olarak sağlanabilecektir. 3. nesil haberleşme sistemleri, kullanıcılarına çoklu ortam haberleşmesi, internet erişimi, hareketli ve hareketsiz resim transferi için gerekli hizmet kalitesini sağlayabilmek amacıyla yüksek veri hızlarını destekleyebilmelidir. İnternet erişimi gibi bazı veri hizmetleri, aboneden mobil istasyona olan iletimde daha fazla kapasite gerektirecektir. Veri transferinin asimetrik olmasına neden olan bu türden gereksinimlerin, kablosuz veri haberleşmesi trafiğinin artmasına paralel olarak gelecek yıllarda daha yoğun olması beklenmektedir.

Avrupa’da 3. nesil standartlarının oluşturulmasına ilişkin ayrıntılı çalışmalar, 3. Nesil Ortaklık Projesi’ne (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) devredilene kadar Avrupa Haberleşme Standartları Enstitüsü (European Telecommunication Standards Institute, ETSI) tarafından sürdürülmüştür. Standartlaştırma konusundaki teknik çalışmalar 1999 yılının başında 3GPP’ye devredilmiştir. Mobil haberleşme tarihinde ilk olarak dünyanın tüm bölgelerindeki teknoloji geliştiren kuruluşlar 3GPP çatısı altında işbirliği yaparak, 3. nesil kablosuz haberleşme için küresel standartlar belirlemekte ve bu süreç halen devam etmektedir. Bu sayede, günümüzde dünyanın farklı bölgelerinde kullanılan sistem standartları arasındaki uyumsuzluk sorununun getirdiği kısıtlamalar ve dezavantajlar da ortadan kaldırılmış olacaktır.

Bu tezde ana amaç, Evrensel Mobil Haberleşme Sistemi (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS) çekirdek şebekesinin nasıl tasarlandığının incelenmesidir.

2. bölümde Mobil şebekelerin gelişim aşamaları anlatılmıştır. UMTS sistemi mimarisi incelenerek şebeke elemanları ve arayüzleri tanıtılmıştır. Tasarımı yapılacak çekirdek şebekede çağrılarının nasıl işlendiğini göstermek için bazı örnekler verilmiştir.

3. bölümde UMTS devre anahtarlama taşıma şebekesi tasarımı genel olarak anlatılmıştır. Devre anahtarlama hizmetleri için arayüz protokolleri tanımlanmıştır. Devre anahtarlama şebeke için katmanların planlaması ve boyutlandırması açıklanmıştır. Ayrıca devre anahtarlama hizmetleri için bant genişliği hesabı gösterilmiştir.

4. bölümde UMTS paket anahtarlama taşıma şebekesi genel olarak anlatılmıştır. Paket anahtarlama hizmetleri için arayüz protokolleri açıklanmıştır. Paket anahtarlama şebeke planlama koşulları gösterilmiştir.

5. bölümde ATM tabanlı UMTS taşıma şebekesi tasarımı detaylı olarak ele alınmıştır. Topoloji seçimi, adresleme ve yönlendirme planlaması ele alınmıştır. Ayrıca MPLS şebeke tasarımı da anlatılmıştır.

6. bölümde UMTS hizmet kalitesi kavramı üzerinde durulup 7. bölümde çekirdek şebeke planlamasının temellerine değinilerek planlama yöntemi anlatılmıştır. Planlama yöntemlerinin temelleri olan şebeke analizi, şebeke elemanlarının boyutlandırılması, arayüz ve işaretleşme planlaması konuları açıklanmıştır.

8. bölümde örnek bir ATM tabanlı UMTS çekirdek şebekesi tasarlanmıştır. Trafik miktarı hesabı, düğüm sayısı hesabı ve ATM omurga tasarımı adım adım gösterilmiştir.

9. bölümde sonuçlar verilmiştir.

2. UMTS ÇEKİRDEK ŞEBEKESİ

2.1 Giriş

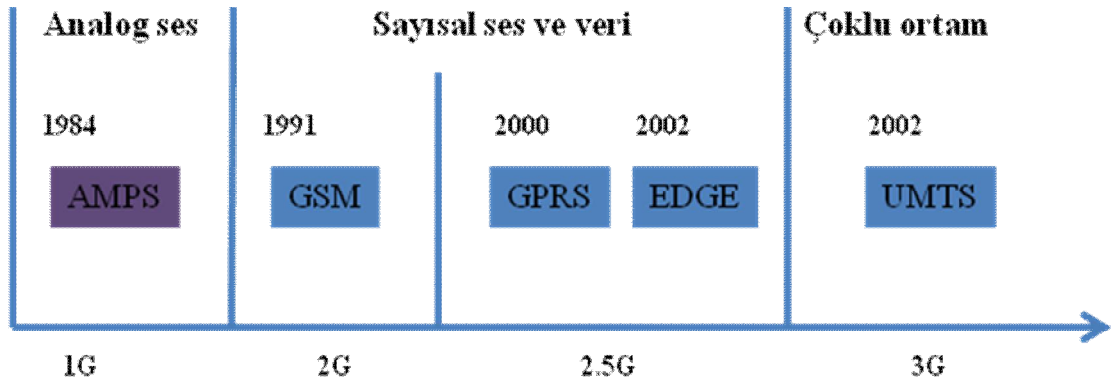
3. nesil haberleşme teknolojileri, mobil şebekelerin ilk nesli olan analog mobil şebekeler ve 2. nesil sayısal sistemlerden sonra günümüzde mobil cihazlara yüksek hızlı internet erişimi ve video alışverişi gibi yüksek hız ve geniş bant genişliği gerektiren hizmetleri sağlayabilme amacıyla tasarlanmıştır.

Mobil haberleşme sistemleri, başlangıçta sadece ses iletimine imkan vermektedir. Geliştirilen her yeni nesil mobil haberleşme teknolojisi ile birlikte verilen hizmetlerin sayısı ve çeşitliliği artmıştır. 3. nesil mobil haberleşme teknolojisi, 1. nesil ve 2. nesil sistemlerin sağladığı ses ağırlıklı iletişim ortamına ek olarak esas itibarı ile veri iletimine odaklanmaktadır.

Tezde ele alınan 3. nesil teknolojilerinden biri olan UMTS temel radyo erişim tekniği olarak Geniş bant Kod Bölmeli Çoklu Erişim (Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA) kullanan 3. nesil mobil haberleşme sistemine verilen genel isimdir.

2.2 Mobil Şebekelerin Gelişimi

Kullanıcıların ihtiyaçlarına bağlı olarak gelişen mobil haberleşme sistemlerinin sınıflandırılması Şekil 2.1’de verildiği gibidir [1].



Şekil 2.1 Mobil şebekelerin gelişimi

2.2.1 1. Nesil Mobil Şebekeler

Mobil haberleşmenin temeli olan hücre kavramı 1970’li yılların başlarında ortaya atılmış ve 1. nesil mobil haberleşme sistemleri geliştirilmiştir. 1. nesil sistemlerde bilgi iletimi analog biçimde yapılmış ve sadece ses iletimi yapmak mümkün olmuştur. Dünyada kullanılan farklı 1. nesil sistemlerin kendi aralarında uyumsuz olmaları ve analog 1. nesil sistemlerin

kullanıcıların farklı ve çeşitli hizmetlere yönelik artan taleplerini tam olarak karşılayamamaları nedeni ile yeni bir mobil teknolojiye ihtiyaç duyulmuştur.

Dünyada kullanılan 1. nesil sistemlerin bazıları aşağıda verildiği gibidir:

- İskandinav ülkelerinde Nordic Mobil Telefon (Nordic Mobile Telephony, NMT)
- Amerika’da Gelişmiş Mobil telefon Sistemi (Advanced Mobile Telephony System, AMPS)
- İngiltere’de Genel Erişim Haberleşme Sistemi (Total Access Communication System, TACS)

1. nesil sistemler için Avrupa’da 450 ve 900 Mhz, Amerika ve Japonya’da 900 Mhz frekans aralığı kullanılmıştır [2].

2.2.2 2. Nesil Mobil Şebekeler

2. nesil mobil şebekeler sayısal bilgi iletimi temeline dayanmaktadır. 2. nesil sistemler ses iletimi tabanlı olsa da veri iletimi kavramı ilk kez bu nesilde ortaya çıkmıştır. 2. nesil şebekeler ses haberleşmesinde başarılı olmalarına rağmen veri hizmetleri açısından sınırlı olmaları nedeniyle artan ihtiyaçları karşılayamamışlardır.

2. nesil sistemlere örnek olarak aşağıdaki sistemler verilebilir:

- Sayısal Gelişmiş Mobil telefon Sistemi (Digital AMPS, D-AMPS)
- Kod Bölmeli Çoklu Erişim-1 (Code Division Multiple Access, CDMAone)
- Kişisel Sayısal Haberleşme (Personal Digital Communication, PDC)
- Küresel Mobil Haberleşme Sistemi (Global System for Mobile Communications, GSM)

Görüldüğü gibi 2. nesil mobil şebekelerde tıpkı 1. nesil mobil şebekelerde olduğu farklı mobil sistemler kullanılmıştır. 2. nesil sistemlerde farklı mobil sistemler farklı seviyede hareketlilik, kapasite ve kapsama alanına sahip farklı uygulamalara hizmet etmektedir. Ayrıca bu sistemlerin birçoğu birbirleri ile uyum gösterememektedir. Ülkemizde de kullanılan GSM sistemi 1 milyardan fazla abone tarafından kullanılan ve uluslararası dolaşım sağlayan en başarılı 2. nesil mobil hücreli sistemdir [3].

1990’ların başlarında geliştirilen GSM sistemi 9.6 Kb/sn hıza kadar veri iletimini desteklemektedir. Ayrıca 900 Mhz, 1800 Mhz ve 1900 MHz frekans aralıklarında çalışmaktadır [2].

2.2.3 2,5. Nesil Mobil Şebekeler

İnternetin her alanda kullanılmaya başlanması, mobil haberleşmeye olan ilgideki artış ve 2. nesil şebekeler üzerinden sunulan veri hizmetlerine olan talepteki artış gibi gelişmeler dikkate alınarak Paket Anahtarlama Radyo Hizmeti (General Packet Radio Service, GPRS) ve GSM Evrimi için Geliştirilmiş Veri Hızları (Enhanced Data rates for GSM Evolution, EDGE) gibi 2,5. nesil sistemler kullanılmak sureti ile mevcut 2. nesil şebekeler üzerinden daha hızlı veri iletimine imkan sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak ses odaklı olan 2. nesil sistemleri yüksek hızda veri iletim taleplerini karşılamakta yeterli olamamıştır.

GPRS sistemi mevcut GSM şebekesi üzerinden yüksek hızlı ve uçtan uca paket veri iletimi sağlayan bir teknolojidir. Veri hızları teorik olarak 9 ile 115 Kb/sn arasındadır. Uygulamada ise veri hızları 50 Kb/sn seviyelerinde gerçekleşmektedir. GSM sisteminde kullanılan modülasyon metodunun değiştirilmesi ile oluşturulan EDGE sistemi ile ise veri hızları 384Kb/sn seviyelerine çıkartılmıştır [2].

2.2.4 3.Nesil Mobil Şebekeler

3. nesil standartların oluşturulabilmesi için yapılan çalışmalarda 3. nesil sistemlerin başarısı için gerekli olan temel faktörler hızlı internet erişimi gibi geniş bantlı hizmetleri veya çoklu ortam uygulamalarını desteklenmesi ve 2. nesil sistemlerden geliştirilerek bu sistemlerle uyumlu çalışması olarak söylenebilir.

Günümüzde mobil haberleşmedeki ihtiyaçlar 3. nesil haberleşme sistemi olan UMTS teknolojisi ile giderilmektedir. UMTS, hareket halindeki bir kullanıcıya ses, veri ve çoklu ortam hizmetler gibi geniş bantlı hizmetler sunan bir sistemdir. UMTS 2. nesil sistemlere yapılan yatırımların korunabilmesi için var olan mobil sistemlerin üzerine inşa edilmiştir.

Üçüncü nesil telsiz haberleşmesinin temellerini ve standartlarını ortaya koymak için kurulan 3GPP tarafından bu mobil haberleşme sisteminin temel ilkeleri [4]:

- Dar bantlı ses haberleşmesinden gerçek zamanlı ve geniş bantlı çoklu ortam hizmetlerine kadar çok geniş bir yelpazedeki tüm haberleşme hizmetlerinin verilebilmesi.
- Yüksek hızlı haberleşmenin sağlanabilmesi
- Simetrik ve asimetrik veri haberleşmesi yapılabilmesi
- Hem paket anahtarlama hem de devre anahtarlama hizmetlerinin her ikisinin de verilebilmesi

- İyi kalitede haberleşmenin sağlanması
- İkinci nesil telsiz haberleşme sistemlerine göre daha yüksek kapasite ve daha iyi spektrum verimliliği olması
- İkinci nesil telsiz haberleşme sistemleri ve uydu haberleşme sistemleri ile birlikte çalışabilen bir sistem olması
- Geniş kitlelere ulaşabilmesi için ekonomik olarak verimli olması ve açık evrensel standartlara dayanması

olarak belirlenmiştir.

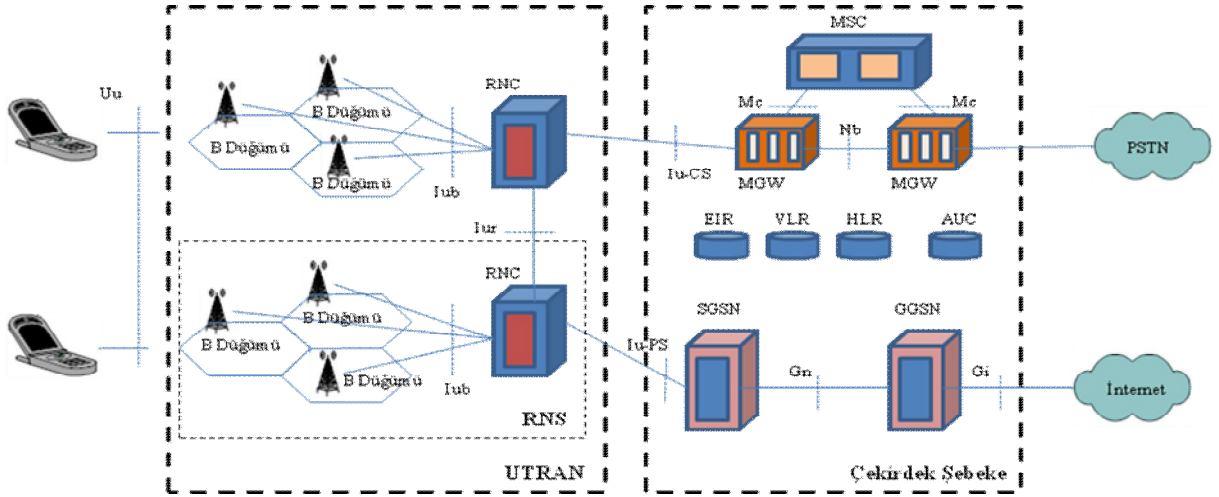
WCDMA radyo erişim teknolojisine sahip olan UMTS, iletim hızını kullanıcı başına 2 Mb/sn seviyelerine çıkartmaktadır [2].

2.3 UMTS Sistem Mimarisi

UMTS sistem mimarisi UMTS Karasal Radyo Erişim Şebekesi (UMTS Terrestrial Radio Access Network, UTRAN) ve Çekirdek Şebeke (Core Network, CN) olmak üzere başlıca iki gruba ayrılır [5]. UTRAN, radyo bağlantıları ile ilgili fonksiyonları gerçekleştirir. Çekirdek şebeke ise bağlantıların kurulmasından, yönetilmesinden ve harici şebekelerle bağlantı kurulmasından sorumludur.

Bu iki gruba ek olarak Kullanıcı Cihazı (User Equipment, UE) sistemi tamamlayan diğer bir grup olarak değerlendirilir. Kullanıcı cihazı UMTS Abone Kimlik Modülü (UMTS Subscriber Identity Module, U-SIM) ve Mobil Cihaz (Mobile Equipment, ME) birleşiminden oluşmaktadır. Mobil cihazı Uu arayüzü üzerinden, radyo haberleşmesi için kullanılan bir radyo terminalidir. U-SIM ise abonenin kimlik bilgilerini tutan, doğrulama algoritmasını gerçekleştiren, doğrulama ve şifreleme bilgilerini saklayan akıllı karttır.

UMTS sistem mimarisi Şekil 2.2’de görüldüğü gibidir [6].



Şekil 2.2 UMTS sistem mimarisi

2.3.1 UMTS Radyo Erişim Şebekesi

UMTS sisteminin gelişim sürecinde 2. nesil haberleşme sistemlerine göre göze çarpan en önemli özellik radyo erişim şebekesinin değiştirilmesidir. UMTS sisteminin kullanılmaya başlanması ile birlikte radyo erişim teknolojisi olarak WCDMA kullanılmaya başlanmıştır. WCDMA radyo erişim teknolojisi 2. nesil haberleşme sistemlerinde kullanılan Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access, TDMA) teknolojisine göre daha verimli spektruma sahiptir. Ayrıca TDMA teknolojisine göre paket transferine daha uyumludur. WCDMA teknolojisi sayesinde eş zamanlı olarak farklı kullanıcılar değişken hızda veri iletimi yapabilmektedir.

WCDMA sistemi TDMA ile karşılaştırıldığında daha büyük veri hızlarında haberleşmeyi sağladığından 5MHz gibi daha büyük bant genişliği kullanmaktadır.

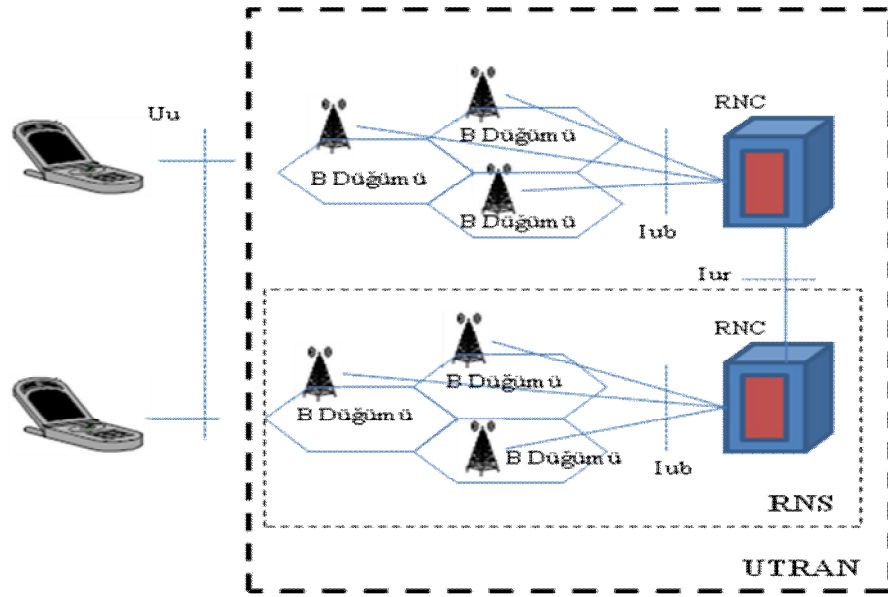
WCDMA haberleşmesinde veri trafiğinin planlanması yük bazlıdır. GSM ve GPRS haberleşmesinde planlama zaman dilimi bazlıdır. WCDMA teknolojisinde Frekans Bölmeli Çiftleme (Frequency Division Duplex, FDD) ve Zaman Bölmeli Çiftleme (Time Division Duplex, TDD) olmak üzere iki temel çalışma modu bulunmaktadır.

FDD modu, biri şebekeye biri de kullanıcıya doğru olmak üzere bir frekans çiftine ihtiyaç duyar. FDD modu kentsel ve kırsal alanlarda geniş alan kapsama amacıyla tasarlanmıştır. Bu kip eş zamanlı gerçekleşmesi gereken ses ve video gibi uygulamalar için uygun olup tam hareketliliğe imkan tanımaktadır.

TDD modu, tek frekans bandının çift yönlü veri aktarımı için kullanılması anlamına gelmektedir. Bu amaçla veri belirli zaman aralıkları süresince ya kullanıcıya doğru ya da şebekeye iletilebilir.

UMTS radyo erişim şebekesi 2. nesil radyo erişim şebekesi teknolojisi ile uyumlu olmadığı için mobil şebekeye bu teknolojinin eklenebilmesi için Radyo Şebeke Kontrol Denetleyicisi (Radio Network Controller, RNC) ve B Düzümü (Node-B) adında iki yeni şebeke elemanı tasarlanmıştır. Bu iki yeni eleman ve WCDMA radyo erişim teknolojisinin birleştirilmesi ile ise UMTS radyo erişim şebekesi ortaya çıkmıştır.

Şekil 2.3’de görüldüğü üzere UTRAN RNC ile kendisine bağlı bir veya daha fazla B düğümünün oluşturduğu Radyo Şebeke Alt sistemlerinden (Radio Network Subsystem, RNS) meydana gelmektedir. RNC’ler birbirlerine Iur arayüzü ile bağlanmaktadır. RNC ile B düğümleri ise Iub arayüzü üzerinden haberleşmektedir.



Şekil 2.3 UTRAN mimarisi

Radyo erişim şebekesinde bulunan şebeke elemanları ve başlıca özellikleri genel olarak şu şekildedir:

B Düzümü: B düğümü UMTS sisteminde baz istasyonu görevini üstlenmektedir. WCDMA hava arayüzü ile şebeke arasındaki şebeke cihazıdır. B düğümü elemanı içerisinde bulunan WCDMA verici sistemi radyo arayüzündeki işareti veri paketlerine dönüştürerek Iub arayüzü üzerinden RNC'ye göndermektedir. WCDMA alıcı sistemi ise gelen veri paketlerini radyo arayüzüne dönüştürmektedir. B düğümü işlevlerinin bazıları aşağıdaki gibidir:

- Hava arayüzü üzerinden iletim ve alım
- Modülasyon/Demodülasyon
- CDMA fiziksel kanal kodlaması

RNC: RNC, UMTS sisteminde radyo erişim şebekesi ile çekirdek şebekeyi birbirine bağlayan şebeke cihazıdır. RNC, radyo kaynaklarının kontrolünden sorumludur. B düğümleri üzerindeki trafik yükünü kontrol ederek Iub ve Iur arayüzleri üzerindeki veriyi yönlendirmektedir. Kullanıcı cihazlarına olan bağlantıların yönetiminden RNC sorumludur. RNC'nin işlevleri arasında:

- Radyo kaynak denetimi
- Şebekeye kabul denetimi
- Kanal tahsisi
- Şifreleme
- Kullanıcı cihazının bir B düğümünden diğerine aktarılması

Radyo erişim şebekesinde tanımlanan arayüzler kısaca şu şekildedir:

Uu Arayüzü: Kullanıcı cihazı ile B düğümü arasında bulunan bu arayüz WCDMA radyo arayüzü olarak bilinir. Uu arayüzü, kullanıcı cihazının sistemin sabit kısmına erişmesini sağlayan arayüzdür.

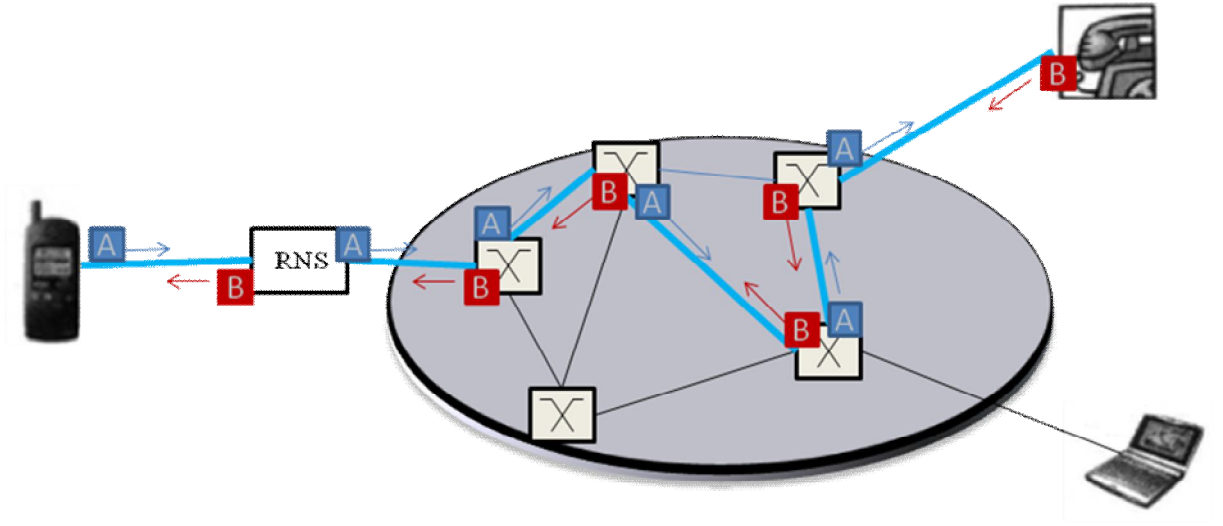
Iur Arayüzü: Bir RNC ile diğer RNC arasındaki arayüzdür. RNC'ler arasındaki işaretleşmeyi sağlayan Iur arayüzü fiziksel bir arayüz değildir. Bu arayüz iki farklı RNC'yi Medya Geçit Santralleri (Media Gateway, MGW) aracılığı ile birbirine bağlamaktadır.

Iub Arayüzü: B düğümü ile RNC arasındaki arayüzdür. Bu arayüzde devre anahtarlama ses ve veri ile paket anahtarlama veri trafiği taşınmaktadır.

2.3.2 UMTS Çekirdek Şebekesi

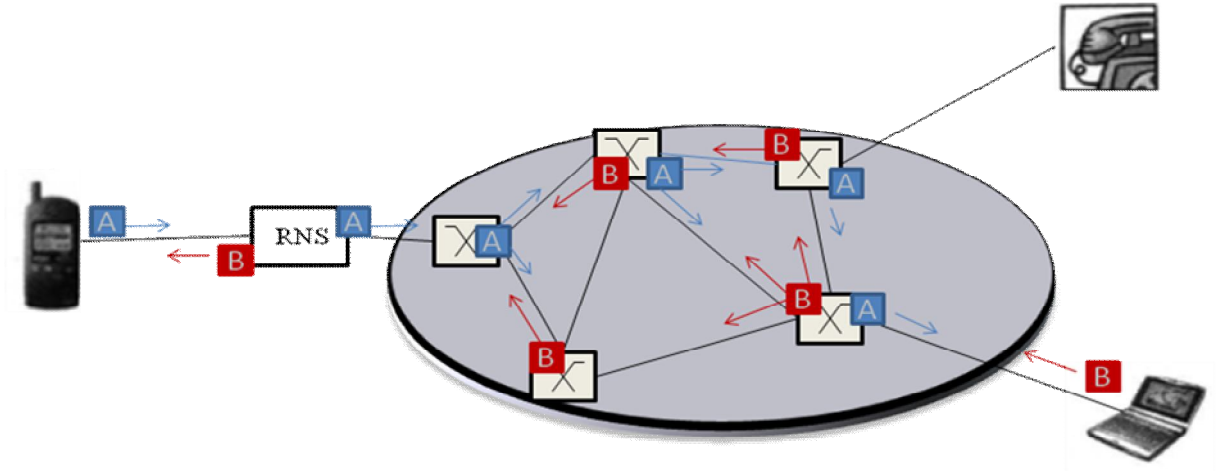
UMTS sistemindeki çekirdek şebekenin fonksiyonu bağlantı fonksiyonlarını yerine getirme (kullanıcı bağlantıları, paket yönlendirme), kullanıcı bilgilerini saklama ve güncelleme (konum, güvenlik, ücretlendirme), UMTS ile harici paket anahtarlama ve devre anahtarlama şebekeleri bağlamaktır. UMTS çekirdek şebeke sistemi devre anahtarlama (Circuit Switched, CS) ve paket anahtarlama (Packet Switched, PS) şebeke olarak ikiye ayrılmaktadır.

Devre anahtarlama ve paket anahtarlama şebekeler arasındaki temel fark, bağlantının gerçekleştirilebilmesi için devre anahtarlama kullanıcılarına tahsis edilmesi gereken kaynaklardır. Şekil 2.4'den de görüldüğü gibi devre anahtarlama görüşmenin başından sonuna kadar tahsis edilen hattın korunması gerekmektedir [1].



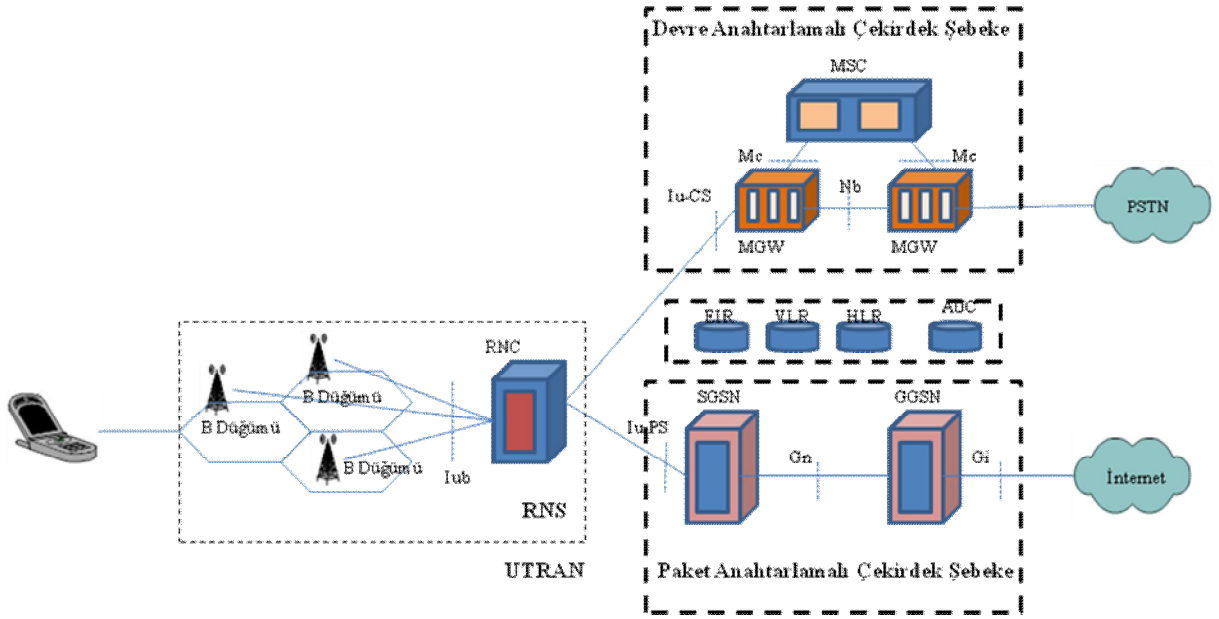
Şekil 2.4 Devre anahtarlama mimari

Paket anahtarlama mimarisinde ise haberleşme için herhangi bir bağlantı yolunun kurulmasına gerek yoktur. Veri paketleri halinde iletilir ve gönderilmek istenen bilgi şebeke içinde düğümden düğüme ilerleyerek hedefe ulaşmaktadır. Şekil 2.5’de paket anahtarlama mimari verilmiştir [1].



Şekil 2.5 Paket anahtarlama mimari

UMTS sisteminde devre anahtarlama mimarisinin kullanılmasının nedeni devre anahtarlama mimarisinin paket anahtarlama mimarisine göre gecikmeye daha duyarlı olmasıdır. Ses verisi gibi gerçek zamanlı servisler devre anahtarlama mimarisini kullanırken, veri tabanlı sistemler paket anahtarlama mimarisini kullanmaktadır. Şekil 2.6’da UMTS sistemindeki devre ve paket anahtarlama mimarileri verildiği gibidir.

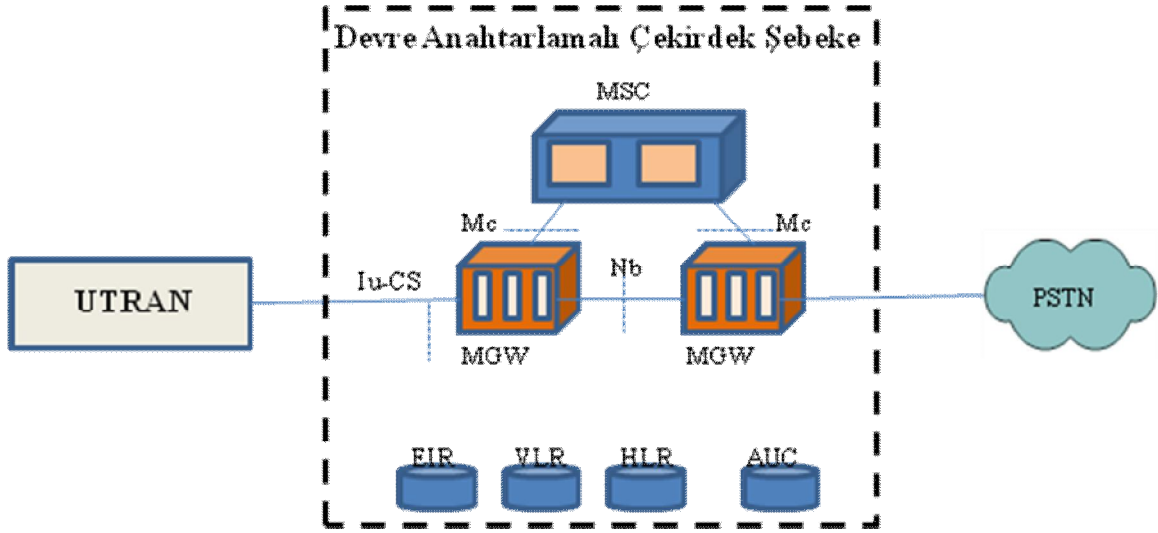


Şekil 2.6 UMTS sistemindeki devre ve paket anahtarlama şebekeleri

2.3.2.1 Devre Anahtarlama Şebeke

Devre anahtarlama şebekede gerçek zamanlı ses trafiği UTRAN ile harici şebekeler arasında taşınmaktadır. Devre anahtarlama şebekede Mobil Anahtarlama Merkezi (Mobile Services Switching Center, MSC), Medya Geçit Santralleri (Media Gateway, MGW) ve abone bilgilerinin kaydedildiği veri tabanları mevcuttur.

2. nesil sistemlerde hem ses verisi iletimi hem de bağlantı kontrol işlemleri MSC tarafından yapılmaktadır. Fakat bu pratikte beklenen performansı sağlamamaktadır. UMTS sisteminde bu iki farklı işlemi iki farklı düğüme dağıtma fikri ortaya çıkmıştır. UMTS sisteminde 2. nesil sistemlerdeki MSC elemanı, Devre Anahtarlama Medya Geçit Santralleri (Circuit Switched Media Gateway, CS-MGW) olarak adlandırılan MGW ve devre anahtarlama yapıdaki MSC elemanı olarak ikiye ayrılmıştır [7]. UMTS sisteminde MSC kontrol fonksiyonları ile ilgilenirken kullanıcı verisinin iletimi ve fiziksel bağlantıların kurulması MGW'ler tarafından yapılmaktadır. Bu yapıda bir MSC çoklu MGW kontrolü yapabilmektedir. Bu sayede yüksek veri hızında yeni servislerin yeni MGW'ler ekleyerek mobil şebekeye eklenebilmesi sağlanmıştır. Ayrıca servis sağlayıcısı şebekesindeki kullanıcı katmanının uzunluğunu MGW düğümleri ekleyerek ve çıkartarak optimize edebilmektedir. Şekil 2.7'de devre anahtarlama şebeke görülmektedir.



Şekil 2.7 Devre anahtarlama şebeke

Devre anahtarlama çekirdek şebekede bulunan şebeke elemanları ve başlıca özellikleri genel olarak şu şekildedir:

MSC: MSC, UTRAN ve Kamu Telefon Şebekesi (Public Switched Telephony Network, PSTN) gibi devre anahtarlama harici şebekelerin bağlantılarında devre bağlama hizmetlere ilişkin kontrol katmanı fonksiyonlarını yürütür. MSC'nin işlevlerinin bazıları aşağıdaki gibidir:

- MGW kontrolü
- PSTN hizmetleri kontrolü
- Hareketlilik kontrolü
- Doğrulama

MGW: MGW devre anahtarlama trafik için taşıma ve kullanıcı düzlemi kurulması fonksiyonlarını yürütür. Ayrıca kullanıcı verisinin kodlanması işlemlerinden sorumludur. MGW'nin işlevleri arasında:

- Ses verisinin kodlanması
- Taşıyıcı bağlantılarının kurulması ve çözülmesi
- Güvenlik yönetimi
- Yönlendirme ve anahtarlama
- Servis kalitesi (GoS) yönetimi

Devre anahtarlama şebekede tanımlanan arayüzler şu şekildedir:

Iu-CS: RNC ile MGW arasındaki arayüzdür. Bu arayüzde devre anahtarlama ses ve veri trafiği taşınmaktadır. Bu arayüzde kullanıcı verisini taşımak için Asenkron Transfer Modu (Asynchronous Transfer Mode, ATM) taşıma şebekesinde ATM Uyumlaştırma Katmanı 2 (ATM Adaptation Layer-2, AAL2) kullanılmaktadır [8].

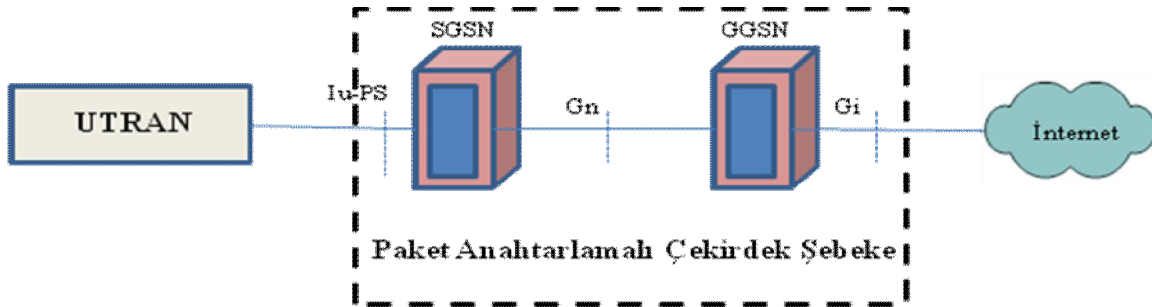
Mc: Mc arayüzü MSC ile MGW arasında MGW kontrolü için kullanılan arayüzdür.

Nb: Nb arayüzü MGW'ler arasında veri iletimi için kullanılan arayüzdür.

Nc: Nc arayüzü MSC'ler arasında kontrol işaretleşmesi için kullanılır.

2.3.2.2 Paket Anahtarlama Şebeke

Paket anahtarlama şebekede veri trafiği UTRAN ile harici şebekeler arasında taşınmaktadır. Paket ve veri hizmetlerinin kullanıcılara sunulmasını sağlayan harici şebekelere örnek olarak internet şebekesi verilebilir. Paket anahtarlama şebekede paket veri trafiğini yönlendiren GPRS Servis Düzümü (Serving GPRS Support Node, SGSN) ve Ağ geçidi GPRS Destek Düzümü (Gateway GPRS Support Node, GGSN) yer almaktadır. Şekil 2.8'de paket anahtarlama şebeke görülmektedir.



Şekil 2.8 Paket anahtarlama şebeke

Paket anahtarlama çekirdek şebekede bulunan şebeke elemanları ve başlıca özellikleri genel olarak şu şekildedir:

SGSN: SGSN UTRAN bağlantılarında paket anahtarlama hizmetlere ilişkin kontrol katmanı fonksiyonlarını içerir. SGSN'nin işlevlerinin bazıları aşağıdaki gibidir:

- Radyo erişim şebekesinden gelen paketlerin yönlendirilmesini sağlama
- Hareketlilik kontrolü
- Doğrulama

GGSN: UMTS çekirdek şebekesi ile harici paket anahtarlama şebekeleri arasında güvenli bağlantı kurulmasını sağlamaktadır. GGSN harici paket anahtarlama şebekelerin sisteme dahil olduğu bağlantı noktasıdır. GGSN'nin işlevlerinin bazıları aşağıdaki gibidir:

- Harici şebekelerden gelen paketlerin yönlendirilmesini sağlama
- Harici şebekelerle bağlantı kurma
- Servis kalitesi yönetimi

Paket anahtarlama şebekede tanımlanan arayüzler şu şekildedir:

Iu-PS: RNC ile SGSN arasındaki arayüzdür. Bu arayüzde paket anahtarlama veri trafiği taşınmaktadır. Bu arayüzde kullanıcı verisini taşımak için ATM taşıma şebekesinde ATM Uyumlaştırma Katmanı 5 (ATM Adaptation Layer-5, AAL5) kullanılmaktadır [8].

Gn: Gn arayüzü, SGSN ile GGSN arasında hem kontrol işaretleşmesi (hareketlilik ve oturum yönetimi) için hem de omurga şebekede kullanıcı verisinin iletilmesi için kullanılır.

Gi: Gi arayüzü, kullanıcı verisini GGSN ile harici şebekeler arasında taşımak için kullanılır.

Çekirdek şebekede bulunan veri tabanı cihazları ise:

VLR: Ziyaretçi Abone Bilgileri Veritabanı (Visitor Location Register, VLR) ziyaretçi olarak bulunan mobil kullanıcıların profillerinin bir kopyasını tutmak ve sistemi, kullanıcının o andaki konumu hakkında bilgilendirmektir.

HLR: Abone Bilgileri Kalıcı Veritabanı (Home Location Register, HLR) kullanıcıya ait abonelik bilgilerinin kalıcı olarak tutulduğu birimdir. Abonenin aldığı servisleri kontrol etmek ve abonelerin kayıtlı oldukları servislere erişimlerini düzenlemek HLR'nin görevidir.

EIR: Cihaz Kimlik Bilgileri Veritabanı (Equipment Identity Register, EIR) Abone cihaz kimlik bilgilerinin tutulduğu birimdir.

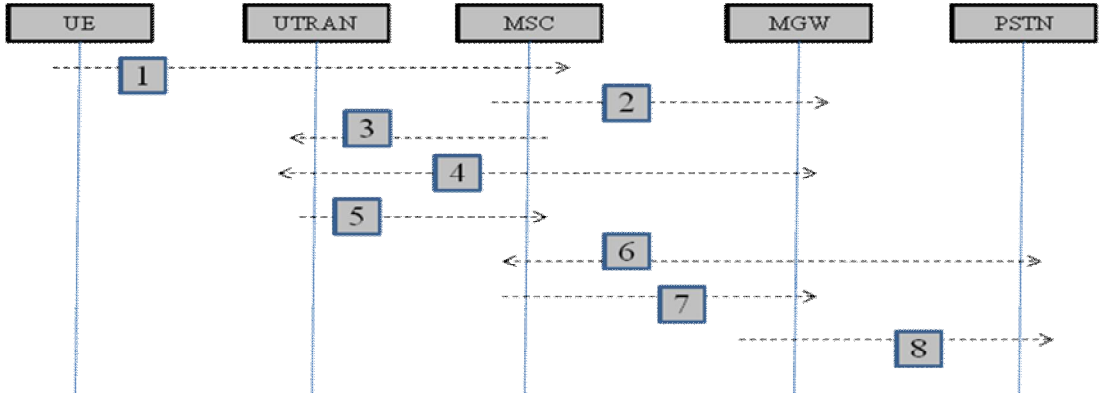
AUC: Doğrulama Merkezi (Authentication Center, AUC) şebekeye girmek isteyen abonelerin kimlik bilgilerini doğrulama işlemini kontrol etmektir.

2.4 Trafik Yönetimi

UMTS şebekesinde kullanılan trafik senaryoları şu şekildedir.

2.4.1 Mobil Kullanıcıdan Sabit Şebeke Kullanıcısına Doğru Trafik

Şekil 2.9'da ATM tabanlı bir şebekede mobil kullanıcıdan sabit şebeke kullanıcıya doğru yapılan bir çağrı sırasında devreye giren şebeke elemanları görülmektedir [9].



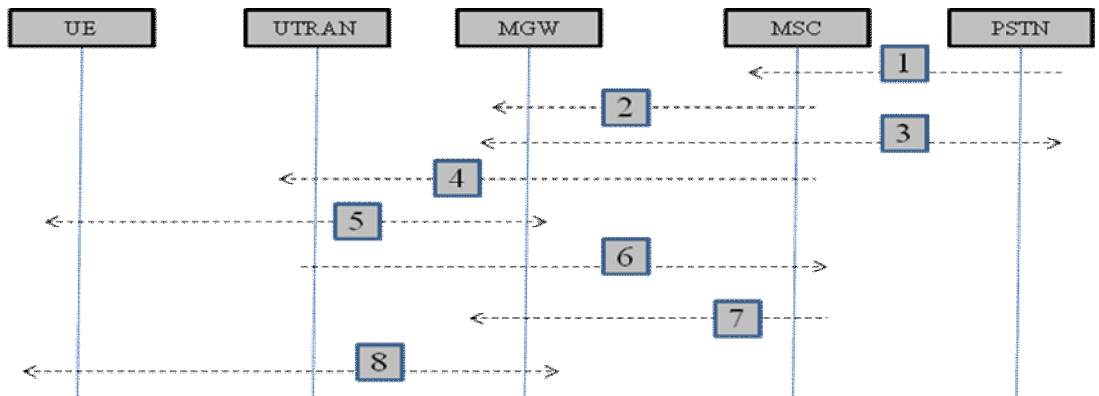
Şekil 2.9 Mobil kullanıcıdan sabit şebeke kullanıcılarına doğru trafik

Çağrı kurulma sırasındaki aşamalar şu şekildedir:

1. Mobil kullanıcıdan çağrı kurma için MSC'ye istek gelir.
2. MSC tarafından gerekli MGW'ler seçilir.
3. MSC, RNC'den taşıyıcılarının kurulması ister.
4. RNC'den MGW'ye doğru kullanıcı düzlemi kurulur.
5. RNC, MSC'ye kullanıcı düzleminin kurulumunun tamamlandığını bildirir.
6. MGW'den harici şebekelere doğru kullanıcı düzlemi kurulur.
7. MSC, MGW'nin harici şebekelere bağlanmasını ister
8. Harici şebeke anahtarlama düğümüne doğru çağrı kurma işlemi başlatılır.

2.4.2 Sabit Şebeke Kullanıcısından Mobil Kullanıcısına Doğru Trafik

Şekil 2.10'da ATM tabanlı bir şebekede sabit şebeke kullanıcılarından mobil kullanıcıya doğru yapılan bir çağrı sırasında devreye giren şebeke elemanları görülmektedir [9].



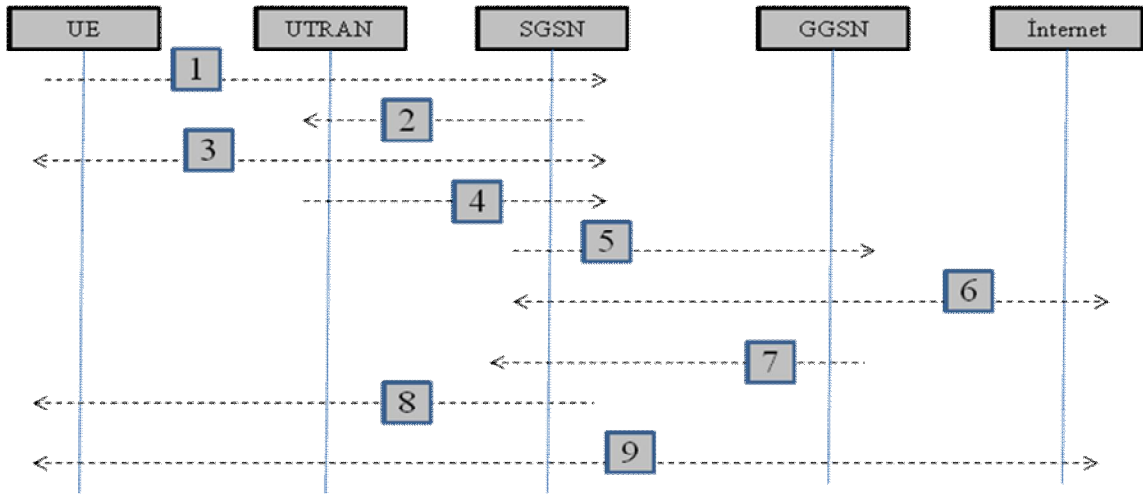
Şekil 2.10 Sabit şebeke kullanıcılarından mobil kullanıcıya doğru trafik

Çağrı kurulma sırasındaki aşamalar şu şekildedir:

1. Harici şebekeden çağrı isteği alınır.
2. MSC tarafından gerekli MGW'ler seçilir.
3. Harici şebekeden MGW'ye doğru kullanıcı düzlemi kurulur.
4. MSC, RNC'ye aranan aboneye doğru çağrı kurulmasını ister
5. Aranan abone ile MGW arasında kullanıcı düzlemi kurulur.
6. RNC, kullanıcı düzleminin kurulması işleminin bittiğini MSC'ye bildirir.
7. MSC, MGW'den arayan aboneye doğru çağrının başlatılmasını ister
8. MGW'den aranan aboneye doğru çağrı yönlendirilir.

2.4.3 Paket Veri Protokol İçerik Aktivasyonu

Paket anahtarlama hizmetleri için bir Paket Veri Protokol (Packet Data Protocol, PDP) içeriğinin nasıl aktive edildiği Şekil 2.11'de verildiği gibidir.



Şekil 2.11 Paket veri protokol içerik aktivasyonu

Bu sırada yapılan işlemler:

1. Mobil kullanıcı tarafından SGSN'e PDP isteği gönderilir.
2. SGSN sunucu, RNC'den taşıyıcıların kurulmasını ister
3. Aboneden SGSN'e doğru kullanıcı düzlemi kurulur.
4. RNC, taşıyıcıların kurulduğunu SGSN'e bildirir.
5. SGSN, GGSN'e PDP bağlantı isteğini bildirir.

6. GGSN'den harici şebekeye doğru kullanıcı düzlemi kurulur
7. GGSN PDP bağlantı isteği mesajı yanıtını SGSN'e gönderir.
8. SGSN, PDP bağlantı isteği mesajı yanıtını aboneye gönderir.
9. PDP bağlantısı gerçekleştirilir.

3. DEVRE ANAHTARLAMALI ŞEBEKE

3.1 Devre Anahtarlama Şebeke Mimarisi

Devre anahtarlama şebekesi katmanlı bir mimariye sahiptir. Şebeke üzerindeki kullanıcı katmanı ve kontrol katmanı birbirlerinden bağımsız katmandırlar. Bu iki katmanın birbirlerinden bağımsız olması sayesinde şebeke üzerinde hizmet esnekliği sağlanarak çoklu hizmet çözümleri sunulabilmektedir. Devre anahtarlama şebekede kontrol katmanında kontrol fonksiyonlarını yerine getiren MSC şebeke elemanı bulunurken kullanıcı düzleminde trafiğin anahtarlama işlemi MGW şebeke elemanları ile gerçekleştirilmektedir.

Bağlantı katmanı olarak da adlandırılan kullanıcı katmanı kullanıcı verisinin ve işaretlemenin akışını sağlamak için dağıtılmış kaynakların oluşturduğu katman olarak tanımlanabilir. Kullanıcı katmanı fonksiyonları MGW'ler tarafından gerçekleştirilir. MGW son kullanıcı verisinin işlenmesinden ve anahtarlamasından sorumlu şebeke elemanıdır. MGW ayrıca kullanıcı verisini ileten taşıyıcı bağlantıların kurulmasından sorumludur.

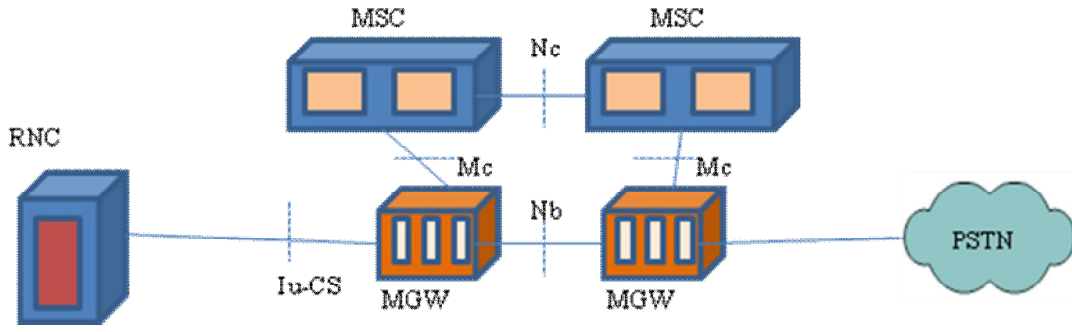
Bir çağrı için gerekli kaynaklar birden fazla MGW'ye dağıtılmış olabilir. Bu nedenle bir MSC aynı çağrı için birden fazla MGW'yi kontrol edebilir. Devre anahtarlama haberleşmede kullanıcı verisini işleme işlemi harici şebeke sınırlarına yerleştirilmiş olan MGW'lere atanmıştır. UTRAN sınırlarında bulunan MGW'lerin fonksiyonları ise temel olarak anahtarlama işlemlerini gerçekleştirmek ve taşıma protokolleri ve teknolojileri arasında dönüşüm yapmaktır. Kullanıcı düzlemindeki şebeke elemanlarının birbirleri ile bağlantısını sağlamak için TDM, ATM ve IP gibi farklı taşıma teknolojileri kullanılabilir.

Kontrol katmanında MSC ile HLR, AUC gibi veritabanı düğümleri bulunmaktadır. Bu cihazlar abone veri kaydı, güvenlik, hareketlilik yönetimi, çağrıların kurulması ve sonlandırılması gibi fonksiyonlardan sorumludur. MSC ayrıca bir çağırma veya oturum için hangi MGW fonksiyonlarının ve kaynaklarının gerektiğini belirlemektedir.

3.2 Devre Anahtarlama Şebeke Arayüz Protokolleri

3.2.1 Devre Anahtarlama Şebeke Arayüzleri

Şekil 3.1'de UMTS devre anahtarlama şebekesinde tanımlanan çekirdek şebeke arayüzleri görülmektedir.



Şekil 3.1 Devre anahtarlama şebeke arayüzleri

3.2.2 UTRAN Arayüzleri İçin Genel Protokol Modeli

UTRAN arayüz protokol yapıları, aynı genel protokol modeline göre tasarlanmıştır. Bu model Şekil 3.2’de gösterilmektedir [10]. Buradaki yapı, katmanların ve düzlemlerin birbirinden mantıksal olarak bağımsız olması prensibine göre oluşturulmuştur. Böylelikle, protokol yapısının belirli kısımları, gelecekte meydana gelebilecek değişimleri destekleyebilmek için değiştirilirken, diğer kısımlar bu değişimden etkilenmeyecektir.

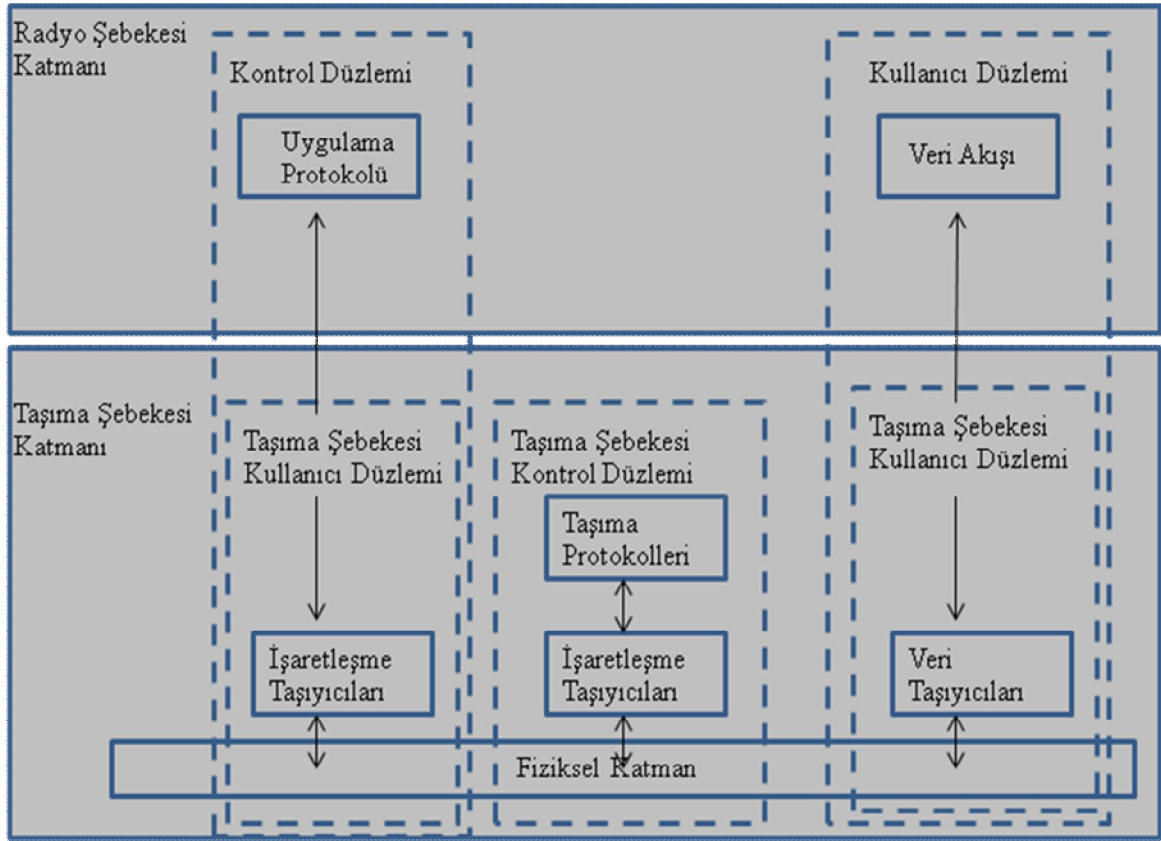
3.2.2.1 Yatay Katmanlar

Protokol yapısı, radyo şebekesi katmanı ve taşıma şebekesi katmanı olmak üzere iki ana katmandan oluşur. UTRAN ile ilgili işlevler sadece radyo şebekesi katmanı tarafından gerçekleştirilirken, taşıma şebekesi katmanı UTRAN’da kullanılmak üzere seçilen taşıma teknolojisi standardını temsil eder. Taşıma şebekesi katmanı, radyo şebekesi katmanından bağımsız olduğu için UTRAN ile ilgili değişikliklerden etkilenmez.

3.2.2.2 Dikey Düzlemler

Kontrol Düzlemi: Kontrol düzlemi, UMTS’e özgü tüm kontrol işaretlemeleri için kullanılır. Bu düzlem, uygulama protokolü ve uygulama protokolü mesajlarını taşımak için işaretleme taşıyıcısı içerir.

Kullanıcı Düzlemi: Kullanıcı tarafından alınan veya gönderilen tüm bilgilerin taşınması kullanıcı düzleminde gerçekleştirilir. Bu bilgilere örnek olarak, bir telefon görüşmesindeki kodlanmış ses veya bir internet bağlantısındaki alınan veya gönderilen paketler verilebilir. Kullanıcı düzleminde, veri akışını desteklemek için veri taşıyıcıları kullanılmaktadır.



Şekil 3.2 UTRAN arayüzleri için genel protokol modeli

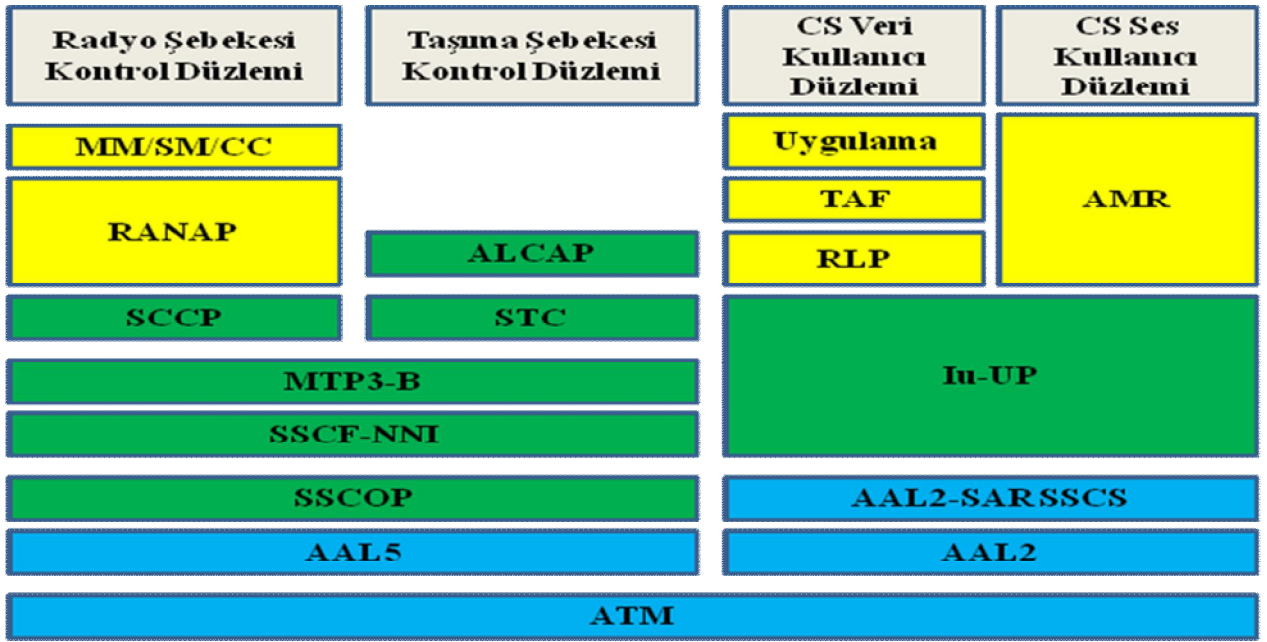
Taşıma Şebekesi Kullanıcı Düzlemi: Taşıma katmanındaki tüm kontrol işaretleşmeleri için taşıma şebekesi kontrol düzlemi kullanılır. Bu düzlem, herhangi bir radyo şebekesi katmanı bilgisi içermemektedir.

Taşıma şebekesi kontrol düzlemi: Kontrol düzlemi ile kullanıcı düzlemi arasında görev yapar. Bu düzlem radyo şebekesi kontrol düzlemindeki uygulama protokolünün, kullanıcı düzlemindeki veri taşıyıcıları için seçilen teknolojiye tamamiyle bağımsız olmasını sağlar.

Taşıma Şebekesi Kullanıcı Düzlemi: Kullanıcı düzlemi veri taşıyıcıları ve uygulama protokolü için kullanılan işaretleşme taşıyıcıları, taşıma şebekesi kullanıcı düzlemine aittir. Taşıma şebekesi kullanıcı düzlemindeki veri taşıyıcıları gerçek-zamanlı işlemler süresince taşıma şebekesi kontrol düzlemi tarafından doğrudan kontrol edilir. Fakat uygulama protokolü için işaretleşme taşıyıcıları kurulması sırasında gerçekleştirilen kontrol faaliyetleri olarak değerlendirilir.

3.2.3 Iu-CS Arayüzü Protokol Yığını

Devre anahtarlama Iu arayüzü protokol yığını Şekil 3.3’ de verildiği gibidir [11].



Şekil 3.3 Devre anahtarlama Iu arayüzü protokol yığını

Iu arayüzü UTRAN arayüz protokol modeline uygun olarak radyo şebekesi kontrol düzlemi, taşıma şebekesi kontrol düzlemi ve kullanıcı düzleminde oluşmaktadır.

3.2.3.1 Devre Anahtarlama Iu Radyo Şebekesi Kontrol Düzlemi

Iu radyo şebekesi kontrol düzeyinde bulunan protokol yığını hem devre hem de paket anahtarlama Iu arayüzü için kullanılmaktadır.

MM/SM/CC: Uygulama protokolü olan bu protokol katmanı Radyo Erişim Şebekesi Uygulama Kısım (Radio Access Network Application Part, RANAP) protokolü üzerinde çalışmaktadır. Hareketlilik Yönetimi (Mobility Management, MM) protokolü abonenin şebekede yerini ve konumunu kontrol eden protokoldür. Oturum Yönetimi (Session Management, SM) protokolünde ise paket anahtarlama şebekede PDP içeriklerinin kurulması ve sonlandırılmasını kontrol eden protokoldür. Çağrı Kontrol (Call Control, CC) protokolü ise devre anahtarlama çağrılarının kurulması ve sonlandırılmasını kontrol eden protokoldür [12].

RANAP: Iu arayüzündeki işaretleşme protokolü, radyo şebekesi katmanı tarafından belirlenen ve tüm kontrol bilgilerini içeren RANAP protokolüdür. RANAP farklı sistemler (UMTS ve GSM gibi) arasındaki aktarmayı gerçekleştirir. Radyo erişim taşıyıcılarının kurulması ve yönetimi ile ilgili tüm aşamaları içerir. Ayrıca çağrı fonksiyonu ve çekirdek şebekenin ses görüşmesi gibi kullanıcı cihazında sonlanan hizmet isteklerini kullanıcı cihazına bildirmesi için kullanılır [13].

SCCP: Mesaj Transfer Kısmı 3 (Message Transfer Part Layer 3, MTP3) protokolü üzerinde çalışan İşaretleşme Bağlantı Kontrol Kısmı (Signaling Connection Control Part, SCCP) protokolü işaretleşme mesajlarının aynı ya da farklı şebekeler arasında uçtan uca yönlendirilmeleri amacı ile kullanılır [14].

MTP3-B: Geniş bant Mesaj Transfer Kısmı Seviye 3 (Message Transfer Part Layer 3 Broadband, MTP3-B) protokolü işaretleşme mesajlarının belirli noktalar arasında yönlendirilmesi amacıyla kullanılır [15].

SSCF-NNI: Şebeke Düğüm Arayüzü Özel servis Koordinasyon Fonksiyonu (Service Specific Co-ordination Function-Network Node Interface, SSCF-NNI) ATM hatlarında servis koordinasyonları işaretleşmesi için kullanılır [16].

SSCOP: Özel Servis Odaklı Bağlantı Protokolü (Service Specific Connection Oriented Protocol, SSCOP) ATM hatlarında servis bağlantıları işaretleşmesi için kullanılır [17].

AAL5: AAL5 Iub arayüzünde ATM hatlarında kontrol işaretleşmesi ve veri iletimi için kullanılır [18].

ATM (Fiziksel Katman): UMTS protokol mimarisinin en alt katmanı olan bu katman, UMTS şebekesi arayüzleri arasında kontrol işaretleşmesi ve kullanıcı trafiğinin iletiminden ve yönlendirilmesinden sorumludur [19].

3.2.3.2 Devre Anahtarlama Iu Taşıma Şebekesi Kontrol Düzlemi

ALCAP: Erişim Bağlantısı Denetimi Uygulama Kısmı (Access Link Control Application Part, ALCAP) taşıma şebekesi işaretleşme protokolüdür. Taşıma şebekesinde taşıyıcıların kurulması ve sonlandırılmasından sorumludur. Bu protokol ile devre anahtarlama Iu arayüzünde AAL2 şebekesindeki taşıyıcı bağlantıları kurulur ve çözülür [20].

STC: İşaretleşme Taşıma Dönüştürücüsü (Signaling Transport Converter, STC) MTP3-B üzerinden AAL2 işaretleşmesi için kullanılan protokoldür. Radyo şebekesi ile taşıma şebekesi arasında işaretleşmeleri dönüştürür.

3.2.3.3 Devre Anahtarlama Iu Kullanıcı Düzlemi

TAF: Uygulama protokolü olan Terminal Uyumlaştırma Fonksiyonu (Terminal Adaptation Function, TAF) MGW'yi kullanıcı cihazı arasında arayüz oluşturmak için kullanılan fonksiyondur.

RLP: Radyo Bağlantı Protokolü (Radio Link Protocol, RLP) kullanıcı verisini parçalara ayırma ve paket kayıpları yaşandığında hizmetlerin tekrar iletilmesini sağlar.

AMR: Adaptif Çoklu Hız (Adaptive Multi-Rate, AMR) kodlama kullanıcı düzleminde devre anahtarlamalı sesin kodlanması için kullanılır. AMR kodlaması ETSI tarafından geliştirilip GSM için standardize edilmiştir. Çoklu hız ses kodlayıcısı, 4.75 Kb/sn'den 12.2 Kb/sn'ye kadar sekiz kaynak hızlı ve düşük hızlı arka alan gürültü kodlama mekanizmasından oluşan tek bir birleştirilmiş konuşma kodlayıcısıdır. Örnekleme frekansı 8 KHz ve her 20 ms'lik ses çerçevesinde veri hızını değiştirebilecek yetenektedir. AMR kodlaması her türlü iletim durumunda yüksek ses kalitesini koruyacak şekilde tasarlanmıştır.

AMR kodlayıcısı taşıma kapasitesinin verimli kullanılabilmesi için şebeke sınırlarına yerleştirilmelidir [21].

AMR kodlaması, ses algılayıcısı ve konuşmanın sessiz periyotlarında hattın kesilmemesi için kullanılan özel gürültü üretme sistemi ile birlikte tasarlanmıştır. Bu özel gürültü ile konuşmanın sessiz periyotlarında iletilen veri ve paketler minimumda tutulmaktadır. Sesin aktif olduğu süre boyunca 244 bitlik ses çerçeveleri her 20 msn'de bir üretilir. Çerçeveyi tam sayıda oktete tamamlamak için ek olarak 4 adet boşluk doldurma biti eklenir. Bu durumda bir ses çerçevesi 31 oktet olur. Sessizlik süresi boyunca doldurma gürültüsünün üretilmesi için her 160 msn'de bir sessizlik işaretçisi parametresi gönderilir. Sessizlik işaretçisi 39 bitlik bir parametredir. Boşluk doldurmak için bir bit daha eklenir ve sessizlik işaretçisi 5 oktet uzunluğunda olur [21, 22].

Her bir AMR çerçevesinde ses verilerinin kodlanması veri hatalarına göre farklılık göstermektedir. AMR çerçevelerinde ses verileri A, B ve C olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflardan A hassas veriyi temsil eder. AMR çerçevelerinde sadece hassas verilerde bir hata meydana geldiğinde hata mesajı oluşmaktadır. B ve C gibi duyarlılığı az olan veri sınıflarında meydana gelebilecek kabul edilebilir hatalarda hata mesajı oluşturulmamaktadır.

AMR kodlamasının sekiz farklı veri hızına sahip sekiz modu bulunmaktadır. AMR mod 7 en iyi ses kalitesi ve yüksek veri oranına sahip olan kodlama mekanizmasıdır. Bu mod mekanizmasında her 20 ms sürede 12.2 Kb/sn'lik veri oranı üretilmektedir [23].

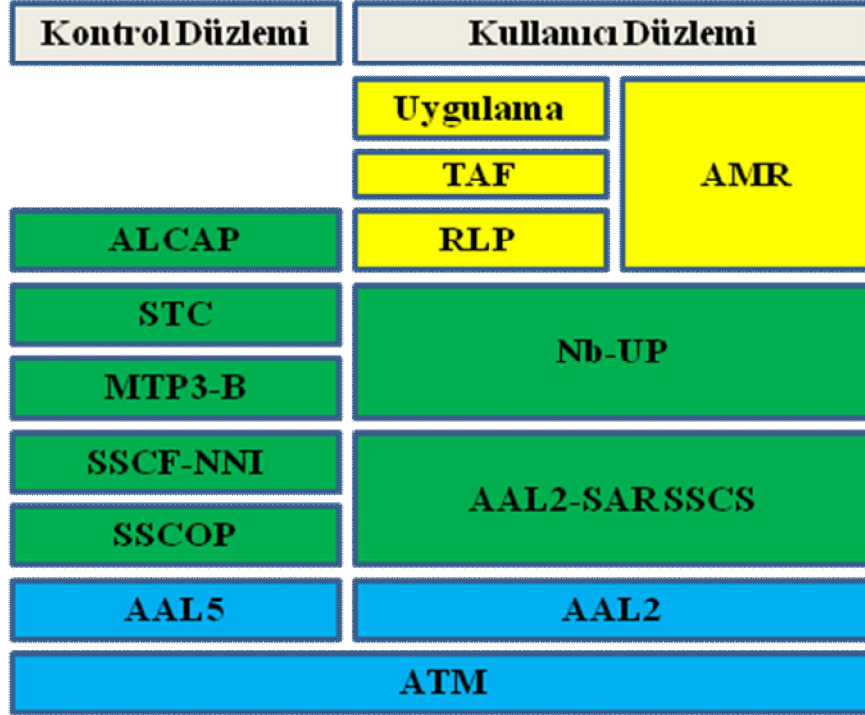
Iu-UP: Iu Kullanıcı Kısmı (Iu User Part, Iu-UP) protokolü radyo erişim taşıyıcıları ile gelen kullanıcı verisinin Iu arayüzü üzerinden taşınması ile yükümlüdür. Her bir radyo erişim taşıyıcısı için kendi Iu kullanıcı düzlemi protokolü kullanılmalıdır.

AAL2-SAR SSCS: AAL2 için Yakınsama Katmanı Özellikli Segmentasyon ve Tekrar Birleştirme Servisi (Segmentation and Reassembly Service Specific Convergence sublayer for the AAL type 2, AAL2-SAR SSCS) gecikmeye duyarlı uygulamalarda kısa ve değişken uzunluklu paketleri üretir.

AAL2: Kullanıcı düzeyinde devre anahtarlama kullanıcı verisi AAL2 taşıma şebekesi mimarisi ile taşınmaktadır. Bu katman video gibi gerçek zamanlı servisleri değişken veri hızlarında taşıyabilmek için tasarlanmıştır [24].

3.2.4 Nb Arayüzü Protokol Yığını

Nb arayüzü protokol yığını Şekil 3.4’ de verildiği gibidir [11].



Şekil 3.4 Nb arayüzü protokol yığını

Nb arayüzü kullanıcı düzlemi ve kontrol düzlemi olarak iki farklı protokol yığına sahiptir.

3.2.4.1 Kontrol Düzlemi

Kontrol düzlemi protokol yığını devre anahtarlama Iu arayüzünde verildiği gibidir.

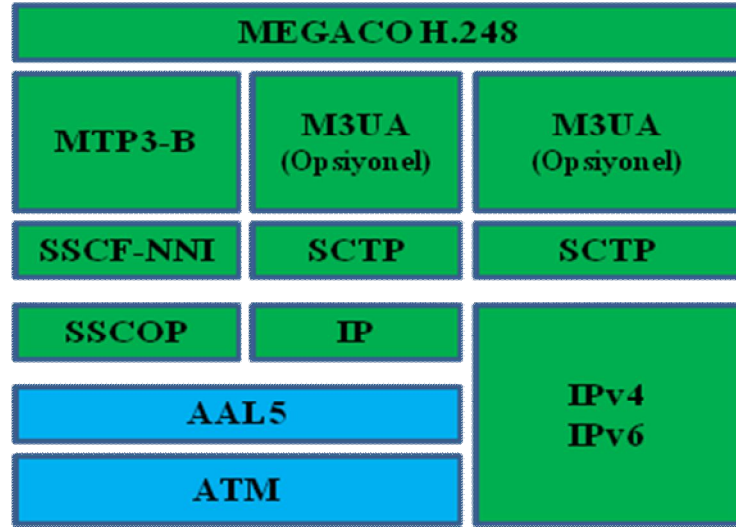
3.2.4.2 Kullanıcı Düzlemi

Nb kullanıcı Kısmı (Nb Application Part, Nb-UP) protokolü dışında kullanıcı düzlemi devre anahtarlama Iu arayüzünde verildiği gibidir.

Nb-UP: Çekirdek şebekenin kullanıcı düzleminde MGW’ler arasında veri iletimi için kullanılmaktadır. Nb-UP protokolü bir MGW’de başlatılır ve bitişikteki MGW tarafından kabul edilir.

3.2.5 Mc Arayüzü Protokol Yığını

Mc arayüzü protokol yığını Şekil 3.5’ de verildiği gibidir [11].



Şekil 3.5 Mc arayüzü protokol yığını

Mc arayüzü MSC ile MGW arasındaki arayüzdür.

H.248 (MEGACO): Mc arayüzünde kullanılan H.248 MGW kontrol (MGW Control, MEGACO) protokolü Mc arayüzünde çağrı kontrol işlemlerini taşıyıcı kontrol işlemlerinden, taşıyıcı kontrol işlemlerini ise taşıma işlemlerinden ayırmaktadır. H.248 protokolü bir MGW genelinde uyumlu medya formatlarında medya yayını yaratabilir, geliştirebilir veya silebilir [9, 25].

M3UA: MTP3 Kullanıcı Uyumlaştırma Katmanı (MTP3 User Adaption Layer, M3UA) İnternet Protokolü (Internet Protocol, IP) tabanlı işaretleşme taşıyıcılarını içerir. M3UA katmanının kullanılma amacı ATM hatlarında SCCP işaretleşmesini desteklemektir.

SCTP: Akış Kontrol Taşıma Protokolü (Stream Control Transport Protocol, SCTP) IP tabanlı işaretleşme taşıyıcılarını içerir. SCTP protokolünün kullanılma nedeni güçlü ve güvenilir taşıyıcı işaretleşmesi sağlamaktır. SCTP IP versiyon 4 (IP version 4, Ipv4) ve IP versiyon 6 (IP version 6, Ipv6) şebekeleri üzerinde çalışmaktadır.

IP: IP tabanlı şebekelerde işaretleşme amacı ile kullanılır.

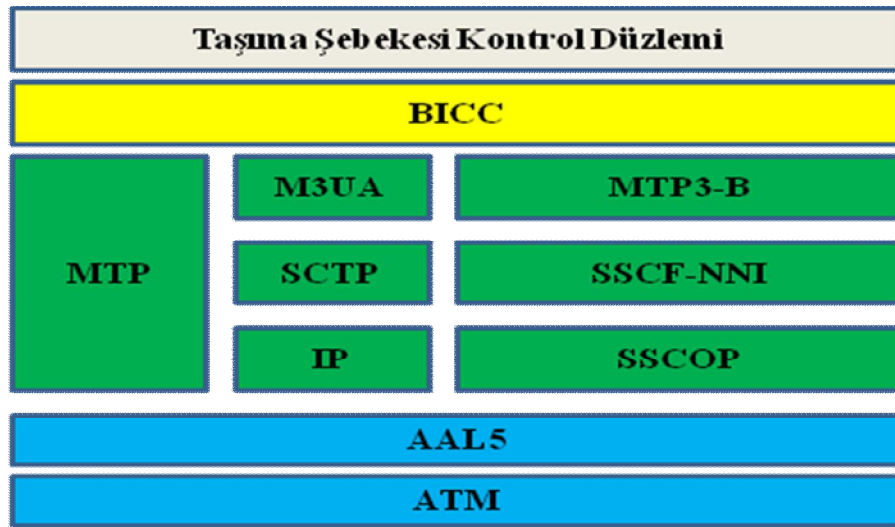
IPv4: IP adresleme protokolüdür. IPv4 adresleri 32 bitten oluşmuştur. Adresler nokta ile ayrılmış ve 0 ile 255 arasında değer alabilen dört adet sekiz bitlik parçalardan oluşur (örnek 192.168.2.1).

Ipv6: IP adresleme protokolüdür. 128 bitten oluşan IPv6 adreslerinin ilk 64 bitlik kısmı alt ağı adreslemek için kullanılan adres blok bilgisini içerir. Adres bloğu, bir paketin varacağı son adrese kadar olan yolda yönlendirilmesini sağlar. Geriye kalan 64 bit ise bu adrese vardığında paketin son alıcısının tespitinde kullanılır. IPv6 adresleri 16'lık düzende ifade edilir (örnek 2045:ab28:5a42:6cef:85a1:331e:a66f:cdd1).

Diğer protokoller devre anahtarlama Iu arayüz protokolünde verildiği gibidir.

3.2.6 Nc Arayüzü Protokol Yığını

Nc arayüzünün protokol yığını Şekil 3.6'da verilmiştir [11].



Şekil 3.6 Nc arayüzünün protokol yığını

Nc arayüzü protokol yığını taşıma şebekesi kontrol düzleminde oluşmaktadır.

BICC: Taşıyıcıdan Bağımsız Çağrı Kontrol (Bearer Independent Call Control, BICC) protokolü. MSC'ler arasında çağrı kurma ve çözme işlemleri için kullanılır. Bu protokol ile çağrı kontrol işlemleri ile taşıyıcı kontrol işlemleri birbirlerinden fiziksel olarak ayrılmıştır [31].

MTP: Mesaj İletim Kısım (Message Transport Part, MTP) şebeke içerisinde güvenilir yönlendirme sağlamaktadır.

Diğer protokoller devre anahtarlama Iu arayüz protokolünde verildiği gibidir.

3.3 Devre Anahtarlama Şebekede Kullanıcı Düzlemi Planlaması

Devre anahtarlama şebekede kullanıcı düzlemi planlama işlemi şu şekilde özetlenebilir:

- MGW sayısının, konumlarının ve kapsama alanlarının belirlenmesi

- Uçtan uca trafik matrisinin Erlang cinsinden hesaplanması
- Trafiğin yönlendirilmesi
- Şebeke elemanlarının işlem yükünün ve arayüz kapasitelerinin aşılmadığından bilinmesi
- Yönlendirilen trafiğin omurgada oluşturacağı bant genişliğinin belirlenmesi

3.3.1 MGW Konumlandırılması

MGW konumlandırması ve kapsama alanı belirleme işlemi şebekede gerekli olacak MGW sayısının belirlenmesinde önemli yer tutmaktadır.

MGW konumlandırılmasında başlıca faktörler aşağıda sıralandığı gibidir:

- RNC ve B düğümü konumları
- MGW'in kapsadığı alanda oluşan toplam trafik
- Kullanıcı dağılımı
- Çağrı profili
- Harici şebekelerle yapılacak bağlantıların konumlarının belirlenmesi
- İletim uygunluğu ve maliyet

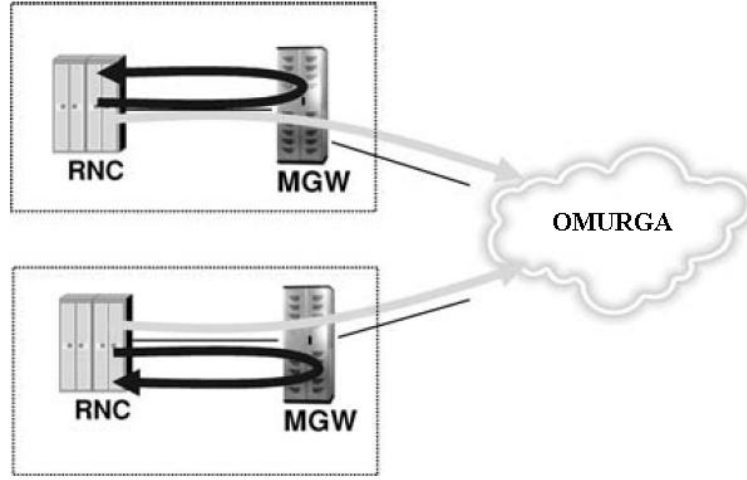
MGW cihazlarında kullanıcı veritabanı olmadığından kullanıcı sayısının belirlenmesinde trafik kapasitesinin çok iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Trafik kapasitesi MGW cihazının kapsama alanındaki kullanıcılar tarafından üretilen trafiktir. Kapsama alanı ise MGW cihazının bağlantılı olduğu RNC ve B düğümlerine bağlıdır. UTRAN ve harici şebekeler ile bağlantılı MGW sayısı ise bağlantı esnasında oluşacak trafik ve arayüz kapasitelerine bağlı olacaktır.

MGW kapsama alanının belirlenmesinde MGW mimarisinin önemi büyüktür. MGW kapsama alanı çözümü için iki farklı mimari çözümü bulunmaktadır.

3.3.1.1 Ayrık Mimarili MGW

Ayrık mimaride MGW şebeke trafiğinin kaynağı olan RNC yakınlarına yerleştirilmektedir. Bu şekilde kullanıcı trafiğinin anahtarlanması trafik kaynağına yakın olacak şekilde yapılacak ve böylece iletim masrafı azaltılmış olacaktır. RNC'ler tarafında üretilen ve sonlandırılan trafik bu MGW ile bağlantıda olacaktır. Aynı RNC içerisindeki trafik ise çekirdek şebekenin diğer uçlarına taşınmayacaktır. MGW ayrık mimarisi iletim maliyetini düşürmesine rağmen

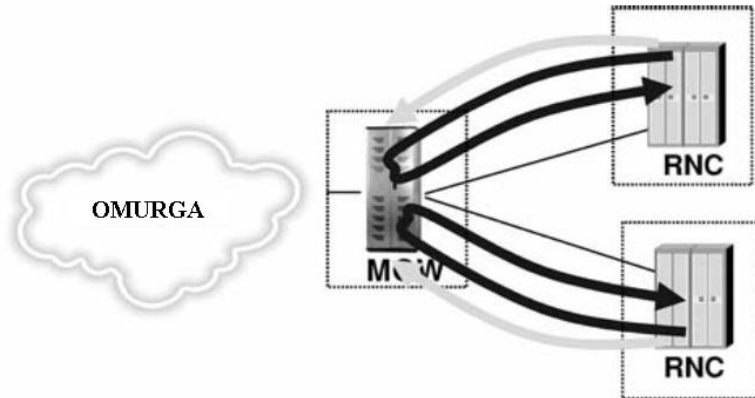
MGW sayısını arttıracğından bu mimari yüksek kullanıcı trafiğinin üretildiğı şebekelerde kullanılmalıdır. Şekil 3.7’de ayrıık mimarili MGW yapısı görölmektedir [2].



Şekil 3.7 Ayrıık mimarili MGW yapısı

3.3.1.2 Merkezi Mimarili MGW

Merkezi mimarili MGW yapısı düşük kullanıcı trafiğinin olduğı şebekeler için daha uygundur. Bu mimaride MGW’ler RNC’lere özelleştirilmektense kullanıcı düzleminde merkezi bir bölgeye yerleştirilerek birkaç RNC’den gelen trafiğın yönlendirilmesi ile yükümlüdür. Bu sayede şebekede kullanılacak MGW sayısı düşürülecektir. Bu mimarideki MGW’lerin yerleştirilmesinde dikkat edilmesi gereken çekirdek bölgelerin iyi seçilmesidir. Bu bölgeler içerisindeki MGW’ler harici şebekelerden ve RNC’lerden gelen ve sonlanan bütün trafiğı anahtarlayacaktır. Ayrıca şebekede az sayıda MGW düğümü kullanmak şebeke yönetimini ve trafiğın yönlendirilme işlemini kolaylaştıracaktır. Şekil 3.7’de merkezi mimarili MGW yapısı görölmektedir [2].



Şekil 3.8 Merkezi mimarili MGW yapısı

3.3.2 Uçtan uca Trafik Matrisi

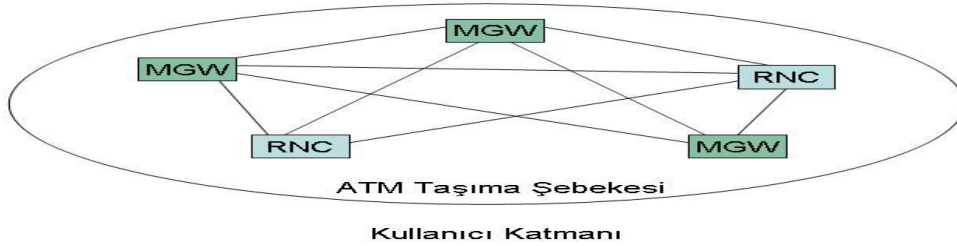
Uçtan uca trafik matrisi herhangi iki MGW düğümü arasındaki trafik yoğunluğunu Erlang cinsinden tanımlamaktadır. Kullanıcı katmanı trafiği yönlendirme işlemi MGW'ler tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle uçtan uca trafik matrisleri harici şebeke bağlantı mimarilerinin oluşturulmasında ve şebeke elemanı boyutlandırmasında ilk aşama olarak görülmelidir.

3.3.3 Şebeke Trafiğinin Yönlendirilmesi

3.3.3.1 AAL2 Şebekesi

ATM taşıma şebekesi tabanlı bir UMTS şebekesi ATM şebekesinin anahtarlama fonksiyonlarından geniş bir şekilde yararlanabilir. Ses ve devre anahtarlama veri paketlerin AAL2 üzerinden taşınabilmesi için AAL2 anahtarlamasının desteklenmesi gerekmektedir.

Şebekede AAL2 anahtarlamasının kullanılmadığı durumlarda bağlantının sağlıklı olabilmesi için şebekenin noktadan noktaya ATM Sürekli Sanal Devrelere (Permanent Virtual Circuit, PVC) sahip olması gerekmektedir. Şekil 3.9'da AAL2 anahtarlama olmayan örnek bir şebeke gösterilmiştir.

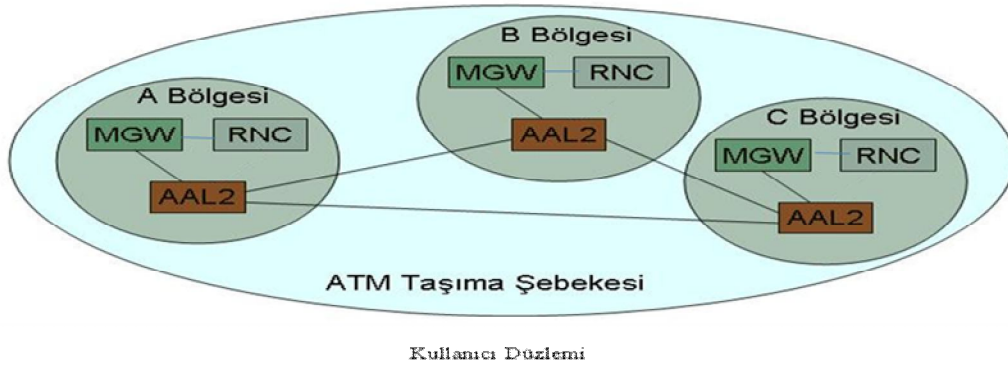


Şekil 3.9 AAL2 anahtarlama kullanılmayan ATM taşıma şebekesi

Şekil 3.9'da verilen ATM şebekesi, saf fiziksel noktadan noktaya hatlardan veya gelişmiş çoklu hizmet ATM şebekesinden oluşabilir.

AAL2 anahtarlama kullanılarak hatlarda esneklik sağlanabilir. Böylece şebekede daha verimli bant genişliği kullanılarak hat sayısı düşürülür. AAL2 teknolojisi kullanılarak ATM Sanal Kanal Bağlantı (Virtual Channel Connection, VCC) sayılarının düşürülmesi ile bakım ve kontrol işlemleri azaltılabilir. AAL2 cihazlarının konumlandırılmasında en önemli unsur trafiğin yoğun olduğu bölgelerin seçilmesidir.

Şekil 3.10'da 3 bölgeden oluşan AAL2 şebekesi görülmektedir. Her bölge merkezi bir AAL2 anahtarlama cihazı içermekte ve bu merkezi AAL2 o bölgedeki tüm veri trafiğini toplamaktadır. Bu üç AAL2 anahtarlama cihazı bölgeler arasında bir AAL2 şebekesi oluşturmaktadır.



Şekil 3.10 Üç bölgeden oluşan AAL2 şebekesi

3.3.3.2 AAL2 Trafikinin Yönlendirilmesi

ATM VCC'ler kanalın bant genişliği karakteristiğini barındıran trafik tanımlayıcılarını içermektedirler. Bu nedenle ATM tabanlı taşıma şebekesi boyutlandırılması için VCC'lerinin ihtiyaçları göz önüne alınmalıdır. Devre anahtarlama şebekede ses ve veri iletimi için gerekli olan taşıyıcı AAL2 olduğundan devre anahtarlama şebekede AAL2 VCC'lerinin boyutlandırılması gerekmektedir.

Trafik AAL2 kanalında yönlendirilmesinde eğer bir kanal dolu ise AAL2 anahtarlama kontrol yazılımı yeterli bant genişliği olan başka bir AAL2 VCC kanalı bularak trafiği buraya yönlendirir. Eğer bu mümkün değil ise işlem çağrının ret edilmesi ile sonuçlanır. AAL2 trafiğini taşıyan ATM hattının sahip olması gereken bant genişliği ses kanallarının ve devre anahtarlama veri kanallarının bant genişliklerinin toplamıdır.

3.3.4 Yönlendirilen Trafik Omurgada Oluşturacağı Bant Genişliği

Omurga bant genişliği boyutlandırması ses için kullanılan kodlama yöntemine ve toplam kanal sayısına bağlıdır. Erlang olarak tanımlanan trafik değerleri kullanılarak Erlang B trafik hesabı ile toplam kanal sayısı bulunabilir. Gerekli bant genişliği ise kullanılan kodlama yöntemine göre hesaplanmalıdır.

3.3.4.1 Erlang B

Erlang B trafik hesabı sınırlı sayıda kanal üzerinden taşınması gereken trafik miktarının bloke olma olasılığını belirler. Bu durumda kullanıcının haberleşme talebi uygun kanal mevcut ise gerçekleşir, değilse bloke olur.

Erlang B trafik hesabı, devre anahtarlama trafiğinin hesaplanmasında kullanılır. Bu hesaplama göre bloke olan konuşmalar kuyrukta bekletilmeden sonlandırılırlar.

$$P_B = \frac{A^N}{N! \sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!}} \quad (3.1)$$

PB= Bloke olma olasılığı veya Servis kalitesi

A =trafik miktarı/yükü (Erlang)

N=Kanal sayısı

Belirli bir Servis Kalitesi (Grade of Service, GoS) parametresinde taşınması gereken trafiğin oluşturacağı kanal sayısı da Erlang B formülü ile bulunabilir.

3.3.4.2 AMR Kodlanmış Konuşma için Gerekli Bant Genişliği

Devre anahtarlama şebekede ATM başlıklarını içeren AMR kodlanmış konuşma için veri hızı aktif modda 18.9 Kb/sn ve sessiz modda 4.5Kb/sn değerindedir [6, 23]. Şebekedeki Konuşma trafiğini kodlamak için bu iki veri hızının Konuşma Aktivitesi Faktörü (Voice Activity Factor, VAF) oranına bağlı olarak ortalaması alınmalıdır. Bulunan ortalama veri hızı ile iletim kanalı sayılarının çarpımı AMR kodlanmış konuşma için gerekli bant genişliğini verir.

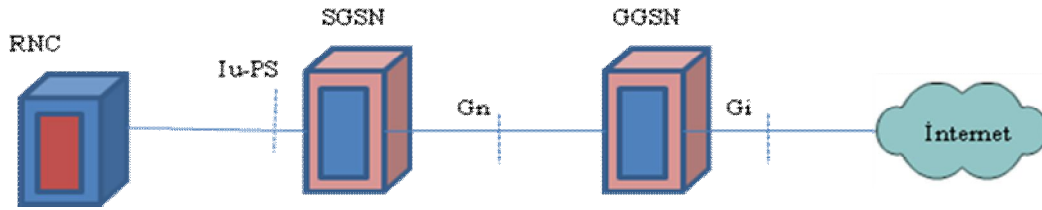
3.3.4.3 Devre Anahtarlama Veri İçin Gerekli Bant Genişliği

Devre anahtarlama veri sabit hızlı bir katar olduğundan Konuşma trafiğindeki gibi değişken bir trafik oluşturmaz. Devre anahtarlama veri hızı 64 Kb/sn'dir. Bu veri hızı ile iletim kanalı sayılarının çarpımı devre anahtarlama veri için gerekli bant genişliğini verir.

4. PAKET ANAHTARLAMALI ŞEBEKE

4.1 Paket Anahtarlama Şebeke Mimarisi

Paket anahtarlama şebekede işaretleşme ve trafik iletimi için SGSN ve GGSN şebeke cihazları bulunmaktadır. Şebekenin paket anahtarlama kısmında lojik şebeke olarak düşünülebilen çeşitli arayüzler bulunmaktadır. Bu arayüzler UTRAN şebekesi ile kurulan paket anahtarlama Iu ve lojik IP alt şebekeleri için kullanılan G arabirimleri olarak tanımlanabilir. Şekil 4.1’de örnek bir paket anahtarlama şebeke mimarisi ve arayüzleri verilmiştir.

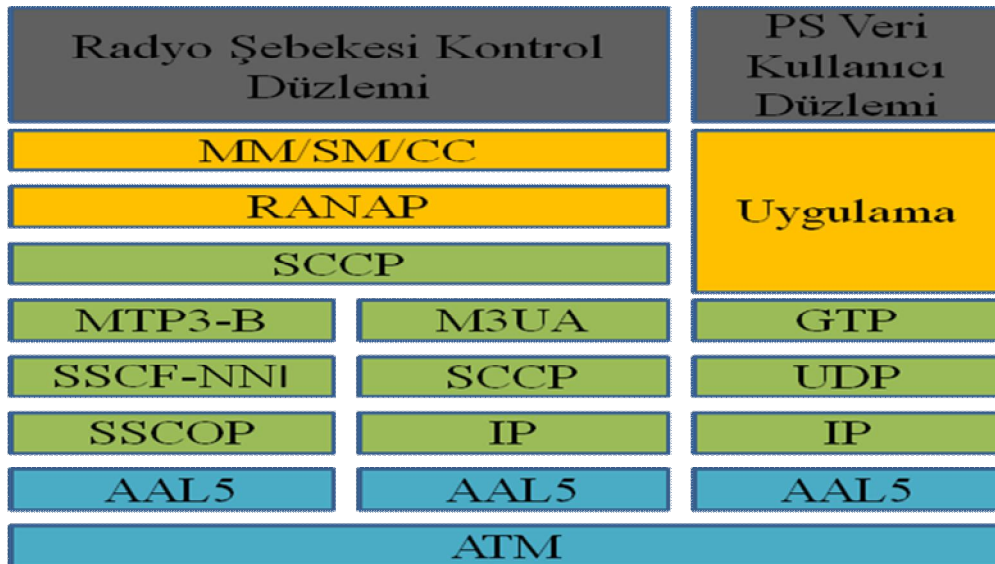


Şekil 4.1 Paket anahtarlama şebeke mimarisi ve arayüzleri

4.2 Paket Anahtarlama Şebeke Arayüz Protokolleri

4.2.1 Iu-PS Arayüzü Protokol Yığını

Paket anahtarlama Iu arayüzü protokol yığını Şekil 4.2’ de verildiği gibidir [11].



Şekil 4.2 Paket anahtarlama Iu arayüzü protokol yığını

Paket anahtarlama Iu arayüzü UTRAN arayüz protokol modeline uygun olarak radyo şebekesi kontrol düzlemi ve kullanıcı düzleminde oluşmaktadır.

4.2.1.1 Paket Anahtarlama Iu Radyo Şebekesi Kontrol Düzlemi

Paket anahtarlama Iu radyo şebekesi kontrol düzlemi protokol yığını, devre anahtarlama Iu radyo şebekesi kontrol düzlemi protokol yığını ile aynı özellikleri taşımaktadır.

4.2.1.2 Paket Anahtarlama Veri Kullanıcı Düzlemi

GTP: GPRS Tünel Protokolü (GPRS Tunneling Protocol, GTP) abonenin harici şebekelere (internet gibi) bağlantısını sağlayan protokoldür. Bu işlem abone verisinin anlık SGSN düğümünden abonenin oturumunu kontrol eden GGSN düğümüne geçmesi ile sağlanır. GTP protokolü kullanıcı verisini tünellemek için GTP- Kullanıcı (GTP- User, GTP-U) protokolünü kullanırken işaretleşme için GTP-Kontrol (GTP-Control, GTP-C) protokolünü kullanılmaktadır [27].

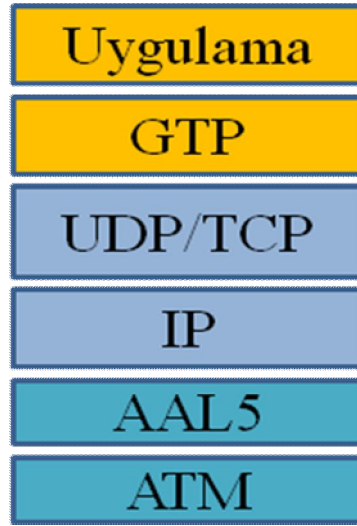
UDP: Kullanıcı Veri bloğu Protokolü (User Datagram Protocol, UDP) veri aktarım katmanıdır. Kullanıcı verilerini düğümler arasında bağlantı kurmadan yollar. Bu protokol ses ve görüntü aktarımı gibi gerçek zamanlı veri trafiğini IP tabanlı taşıma şebekeleri ile aktarmak için kullanılır. UDP, bağlantı kurulum işlemlerini, akış kontrolü ve tekrar iletim işlemlerini yapmayarak arayüz üzerinde fazla bant genişliği kaplamaz. UDP güvenilir olmayan bir aktarım protokolüdür. Şebeke üzerinden veri paketini gönderir ama gidip gitmediğini takip etmez. Veri paketin yerine ulaşp ulaşmayacağına onay verme yetkisi yoktur.

IP: İnternet protokolü IP şebekelerinde işaretleşme amacı ile kullanılır.

AAL5: Fiziksel katman olan AAL5 paket anahtarlama verinin iletilmesinden sorumludur [18].

4.2.2 Gn Arayüzü Protokol Yığını

Gn arayüzü protokol yığını Şekil 4.3’de verildiği gibidir [11]. Gn arayüz protokol yığını, Iu arayüzünün paket anahtarlama veri kullanıcı düzlemi protokol yığını ile aynı özellikleri göstermektedir.

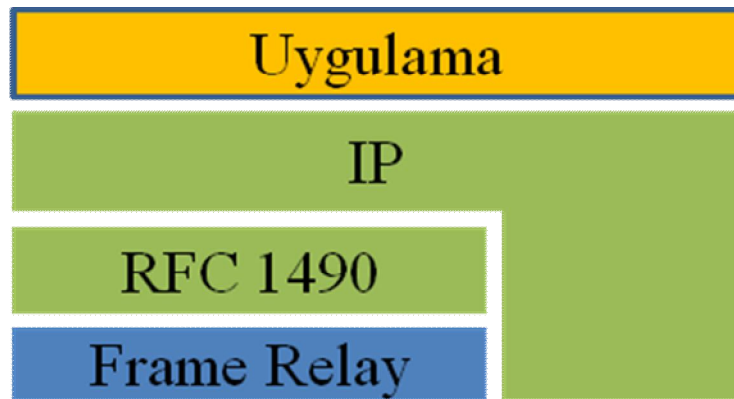


Şekil 4.3 Gn Arayüzü Protokol Yığını

UDP/TCP: Bu katmanda UDP protokolü ile beraber çalışan İletim Kontrol Protokolü (Transmission Control Protocol, TCP) kayıpsız veri gönderimi sağlayabilmek için kullanılır. TCP gönderilen veriler için özel bir TCP kabul paketi gönderir. Bu paket, gelmiş olan paketlerden hangilerinin ve ne kadarının doğru olarak alındığını gösterir. Gönderen taraf kabul gelmediği sürece veri paketini arka arkaya birkaç kez yollar.

4.2.3 Gi Arayüzü Protokol Yığını

Gn arayüzü protokol yığını Şekil 4.4’de verildiği gibidir [11].



Şekil 4.4 Gn arayüzü protokol yığını

RFC1490: Çerçeve Aktarım (Frame Relay) üzerinden çoklu protokol bağlantısı olan RFC 1490 (Multiprotocol Connection over Frame Relay, RFC 1490) çerçeve aktarım şebekesi üzerindeki cihazlar arasında yollanan veri içerisinde hangi protokolün kullanılacağını belirler.

Frame Relay: Çerçeve Aktarım (Frame Relay) teknolojisi, geniş alan ağları üzerinden yüksek

hızlarda servis veren, esnek bant genişliği kullanımı, verimli ve ucuz bağlantı imkanı sağlayan bir teknoloji ve bu isimle adlandırılan servisin adıdır. Paket anahtarlama teknolojiye dayanan çerçeve aktarım, kullanıcı verisini küçük paketlere bölerek gönderir. Bu paketler gönderilecek olan adresi, gönderenin adresini ve orijinal mesajın bir parçasını içerir. Çerçeve aktarım, veri aktarımı süresince kesintisiz ve sadece o verinin iletileceği bağlantılar üzerinden yapılır. Bu nedenle, ses ve normal veri iletişimde pek uygun olmadığını söylenebilir. Çerçeve aktarımında, iletilen paketler için "iletim sırasında herhangi bir anda" hata kontrolü yapılmaz. Verinin iletileceği nokta hata kontrolünden sorumludur.

4.3 Paket Anahtarlama Şebeke Planlaması

Paket anahtarlama şebeke planlaması, şebeke elemanlarının boyutlandırılması ve arayüz planlaması olarak tanımlanabilir.

4.3.1 Şebeke Elemanlarının Boyutlandırılması

4.3.1.1 SGSN Boyutlandırılması

SGSN boyutlandırmasında sınırlayıcı faktörlerin başında kullanıcı sayısı, aktif PDP içerik sayısı ve trafik miktarı gösterilebilir [2]. Toplam trafik miktarı SGSN tarafından kullanılan arayüzlerin boyutlandırılması ile elde edilmektedir.

Bunlar dışında trafik profiline bağlı olarak hareketlilik ve oturum yönetimi SGSN sunucusunu sınırlayan faktörler olarak gösterilebilir. Oturum yönetimi sınırlamaları SGSN sunucusundaki aktif PDP içeriklerinin sayısına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Hareketlilik yönetiminde en büyük sınırlayıcı etmen ise SGSN sunucusuna bağlanacak maksimum kullanıcı sayısı olarak düşünülebilir.

SGSN boyutlandırmasında ilk olarak dikkat edilmesi gereken UTRAN'dan SGSN'e doğru gerçekleştirilecek bütün paket anahtarlama Iu arayüzü trafik miktarının hesaplanmasıdır. Şebekedeki kullanıcılar tarafından üretilen trafik kullanıcı sayısına bağlıdır. Bu trafiğin toplamı saniyede Mega bitler boyutundadır. SGSN sayısı şebekedeki toplam kullanıcı sayısının ve trafik miktarının üretici firmalar tarafından verilen kapasite değerlerine oranı olarak tanımlanabilir.

SGSN sayısının belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken bir başka durum ise maksimum PDP içerik sayısının belirlenmesidir. Aynı diğer aşamalarda olduğu gibi burada da şebekede üretilen toplam PDP içeriğinin kapasite değerlerine oranı gerekli SGSN sayısı bulunabilir.

SGSN kapasitesini etkileyen bu üç faktör için SGSN sayısı hesaplandıktan sonra, yapılması gereken bu faktörlerden hangisinin SGSN sayısını belirleyeceğini bulmaktır.

4.3.1.2 GGSN Boyutlandırılması

GGSN boyutlandırması işlem hacmi ve PDP içerik sayısı olarak tanımlanabilir [2].

İşlem hacmi GGSN'e doğru olan trafik miktarına bağlıdır. Trafik miktarı hesaplamaları GGSN'e bağlı Gn arayüzü trafiğinin hesaplanması ile mümkündür. Toplam Gn trafik miktarının GGSN cihazının trafik kapasitesine oranı gerekli GGSN sayısını verecektir.

Maksimum PDP içeriği sayısı toplam kullanıcı sayısı ile PDP içeriğinin çarpılması ile bulunmaktadır. Şebekelerde PDP içeriği 1 olarak düşünülmektedir [3]. Maksimum PDP içeriği sayısı GGSN kapasitesine oranı GGSN sayısını verecektir.

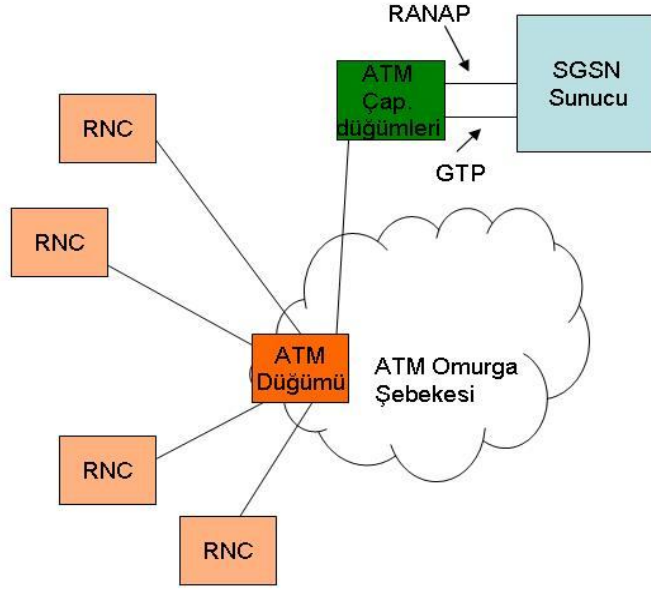
SGSN sunucusunda olduğu gibi bu iki aşama da elde edilen sonuçlardan hangisinin GGSN düğümü sayısını belirleyeceğinin belirlenmesidir

4.3.2 Arayüz Planlaması

4.3.2.1 Paket Anahtarlama Iu Arayüzü Planlaması

Iu arayüzü UTRAN ile Çekirdek şebeke arasındaki iletimi sağlayan arabirimdir. Çekirdek şebekede paket anahtarlama Iu arayüz bağlantısı SGSN'de gerçekleştirilir. Iu arayüzü kullanıcı verisini ve kontrol verisini taşımaktadır. Iu arayüzünün radyo şebekesi kontrol düzleminde bulunan RANAP, UTRAN ve çekirdek şebeke arasındaki UMTS kontrol iletişimi için (hareketlilik ve oturum yönetimi) kullanılmaktadır. Veri kullanıcı düzleminde bulunan GTP protokolü ise kullanıcı verisinin SGSN'e iletimi için kullanılmaktadır.

Hem GTP hem RANAP protokolü aynı fiziksel paket anahtarlama arayüz üzerinden taşınabilir fakat farklı PVC kullanmaları gerekmektedir. Böyle bir durumda RNC' de GTP ve RANAP PVC'leri aynı fiziksel arayüz üzerinden yollanırsa. SGSN'de RANAP PVC'leri ve GTP PVC'leri farklı fiziksel arayüz kartlarında sonlandırılır. Trafik SGSN'de sonlandırılmadan önce RANAP ve GTP PVC'leri ATM çapraz bağlantı düğümleri kullanılarak birbirlerinden ayrılır. ATM çapraz bağlantı düğümü olarak ATM anahtarlama cihazı kullanılır. Şekil 4.5'de örnek bir RNC SGSN bağlantı örneği verilmiştir.



Şekil 4.5 RNC-SGSN bağlantısı

Paket anahtarlama Iu arayüzü tasarımı şebeke i letmecisinin ihtiyaçlarına bağlıdır. UTRAN  ebekesinin b y kl  , kullanıcıların trafik modeli, trafik hacmi ve taşıma şebekesinin gereksinimleri gibi faktörler tasarımı etkileyen faktörlerdir.

Paket anahtarlama Iu arayüzü tasarımında başlıca iki yöntem  ne çıkmaktadır. Birinci yöntem bütün GTP PVC'lerinin aynı ATM  apraz bağlantı cihazında sonlanmasıdır. Bu yöntemde RNC'lerden gelen paket anahtarlama Iu bağlantıları ATM  apraz bağlantı cihazından SGSN sunucusuna doğru tek bir Senkron Transfer Modu 1 (STM-1)  zerinde gönderilir. Paket anahtarlama trafiğin düşük olduğu durumlarda bu yöntem oldukça uygundur. İkinci yöntem ise, ATM omurga şebekesinde IP yönlendiricileri kullanmaktır.

4.3.2.2 Gn Arayüzü Planlaması

Gn arayüzü aynı UMTS  ebekesinin  yesi olan SGSN ile GGSN arasındaki IP arabirimidir. Gn hem kontrol bilgisini hem de kullanıcı veri trafiğini taşır. Kullanıcı veri trafiği ve kontrol bilgisi bu arayüzde GTP protok l  ile taşınmaktadır. Gn arayüzünde kullanılan iki tip GTP protok l  vardır:

GTP-C: SGSN ile GGSN arasındaki PDP içeriğini kontrol trafiğini taşıma

GTP-U: SGSN ve GGSN arasındaki kullanıcı veri trafiğini taşıma

Gn arayüzü tasarlanırken dikkat edilmesi gereken SGSN ve GGSN'leri birbirine ba lamak için ne tür ara birimlerin kullanılaca ıdır. Teorik olarak birçok alternatif olmasına rağmen en çok kullanılan yöntem ATM ara birimidir.

4.3.2.3 Gi Arayüzü Planlaması

Gi arayüzü UMTS şebekesine ait GGSN'ler ile harici IP şebekeleri arasında kullanıcı verisini taşımak için kullanılan IP arabirimidir. Kullanıcı doğrulaması ve IP adres ataması için kullanılan GGSN kontrol işaretleşmesi de bu arayüzde kullanılmaktadır. Gi arayüzü planlaması yapılırken gerekli bant genişliği, güvenlik, ölçeklenebilirlik ve şebeke adres çevirisi dikkat edilmesi gereken koşullardır. Harici IP şebekelerle yapılan bağlantılarda kiralık hatlar ve ATM şebekesi gibi farklı taşıma hatları kullanılabilir.

Gi arayüzünün planlamasında güvenlik önemli bir konudur. Bu nedenle GGSN düğümleri ile harici şebekeler arasında güvenlik duvarları kullanılmalıdır. Güvenlik duvarlarının kullanılması ile kullanıcı ve servis kalitesi korunmuş olacaktır.

GGSN düğümlerinin harici şebekelerle bağlanma işlemi sanal yönlendiriciler ile yapılmaktadır.

5. ATM TAŞIMA ŞEBEKESİ

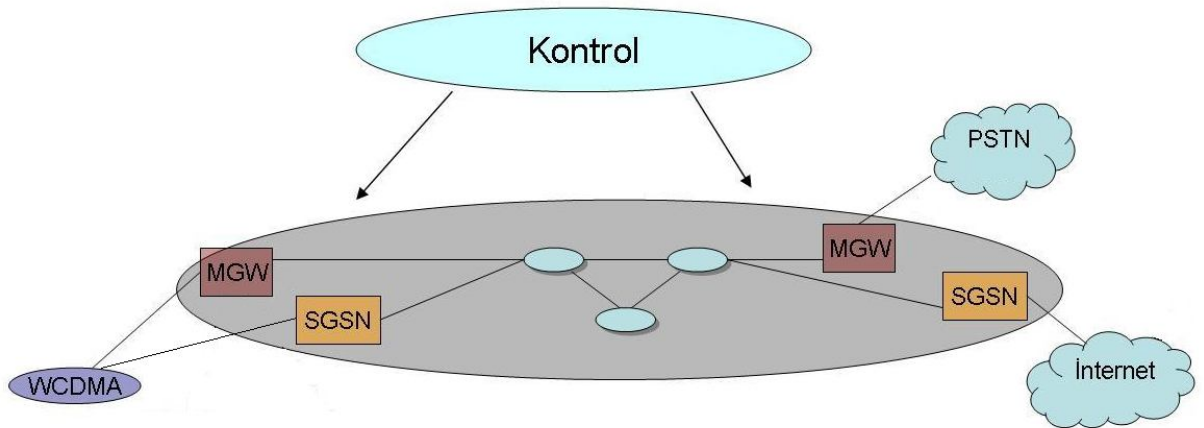
5.1 Genel

UMTS taşıma şebekesi oluşturulurken öncelikle şebekenin kapasite ve hizmet ihtiyaçları göz önüne alınarak UMTS kapsama alanı belirlenmelidir. Şebekenin o andaki ihtiyaçları ve ileride oluşabilecek ihtiyaçları göz önünde bulundurularak şebekenin tasarım stratejisi belirlenmelidir. Ayrıca var olan taşıma şebekesinde yeni UMTS trafiğini taşıyabilecek boş kapasitenin bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir. Şebekenin gerçek trafik ihtiyacı, şebekenin esnekliği ve ölçeklenebilme şartları temel alınarak trafik taşıma şebekesi tasarımı yapılmalıdır.

5.2 Taşıma Şebekesi Seçimi

UMTS taşıma şebekesi kurulurken mimarisi uygulama katmanı, kontrol katmanı ve kullanıcı katmanı olarak üç bölüme ayrılabilir. Uygulama katmanında kısa mesaj servisleri, konumlandırma ve oyunlar gibi çoklu ortam hizmetleri sağlanmaktadır [28]. Kontrol katmanı kullanıcı anahtarlama katmanını kontrol etmektedir. Çağrı kurma, hareketlilik yönetimi, doğrulama gibi genel şebeke fonksiyonlarını kontrol eden çağrı kontrol sunucuları bulunmaktadır. Kullanıcı katmanı ise tüm kullanıcı verilerinin taşınmasından sorumludur.

Şekil 5.1’de genel bir UMTS taşıma şebekesi gösterilmiştir.



Şekil 5.1 UMTS taşıma şebekesi

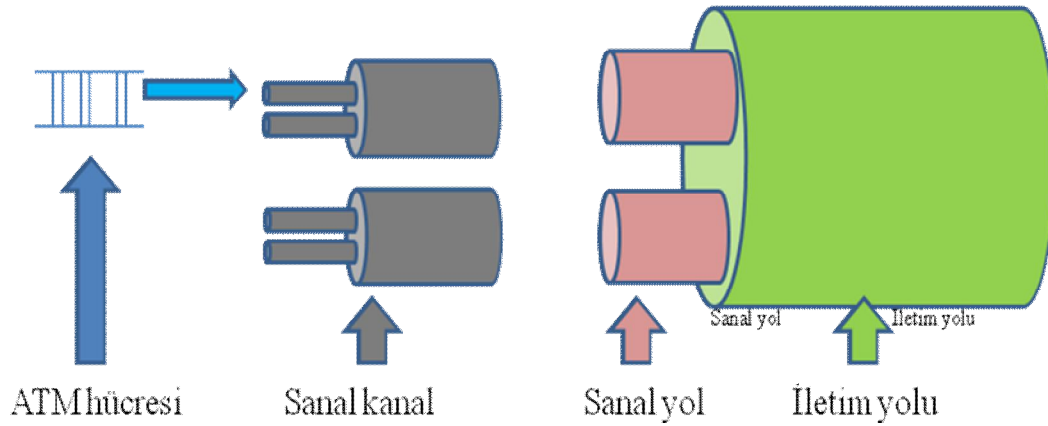
5.3 ATM Taşıma Şebekesi

5.3.1 Asenkron Transfer Modu

ATM, farklı hizmetler için genel amaçlı ve hücre tabanlı bir anahtarlama ve çoğullama teknolojisidir. ATM Uyumlaştırma Katmanı (ATM Adaptation Layer, AAL) ATM'in farklı teknolojilere uyumunu sağlayan katmandır.

ATM katmanı veriyi Sanal Yolların (Virtual Path, VP) içinde gruplanmış Sanal Kanallar (Virtual Channel, VC) içerisinde taşır.

ATM hücre çoğullama Şekil 5.2'de verildiği gibidir [28].

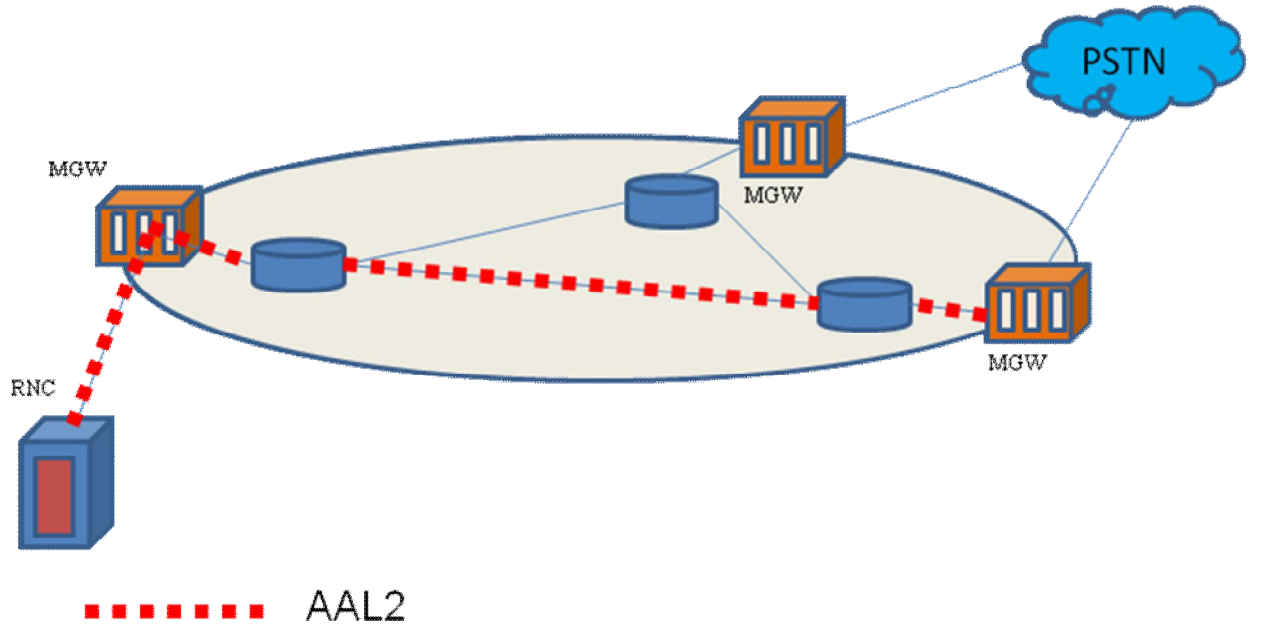


Şekil 5.2 ATM hücre çoğullama

5.3.2 ATM Adaptasyon Katmanı 2

AAL2 düşük veri hızı, gecikmeye duyarlılık ve özellikle telefon sistemleri için kodlanmış konuşma verisi gibi değişken veri hızlı bağlantıları ATM teknolojisi üzerinde sağlamak için tasarlanmıştır. AAL2 hücreleri değişken uzunluktadır bu sayede AAL2 mini veri hücreleri ATM hücresinde çoğullanabilir.

AAL2 yolu ise bir veya daha fazla AAL2 kanalından oluşur. AAL2 yolu her zaman AAL2 uç noktalarında başlar veya sonlanır. Hiçbir zaman anahtarlama cihazlarında başlamaz ya da sonlanmaz. Şekil 5.3'de devre anahtarlama kullanıcı düzlemi şebekesi üzerinde ilerleyen AAL 2 yolu gösterilmiştir [24].



Şekil 5.3 Devre anahtarlamalı şebekede AAL2 yolu

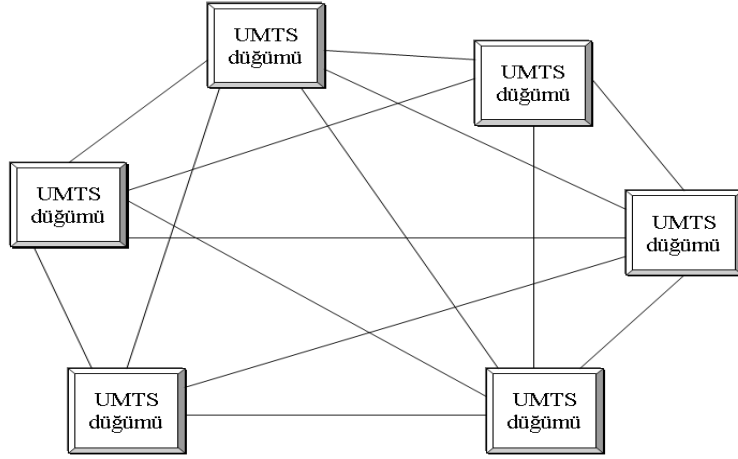
Şekil 5.3’de verilen AAL2 yolu UTRAN şebekesinde RNC’den başlar. Harici şebekeler ile bağlantı kuran MGW’de ise AAL2 yolu sonlanmıştır. Devre anahtarlamalı şebekede AMR kodlayıcıları MGW’lere yerleştirilerek AMR kodlanmış konuşma STM hatları üzerinden taşınır.

AAL2’de İşaretleşme ATM Uyumlaştırma Katmanı (ATM Adaptation Layer for Signalling, SAAL) işaretleşme bilgisinin güvenilir olarak iletimi için tasarlanmış ATM adaptasyon katmanıdır. SAAL’in görevi güvenli bir işaretleşme hattını sağlamaktır.

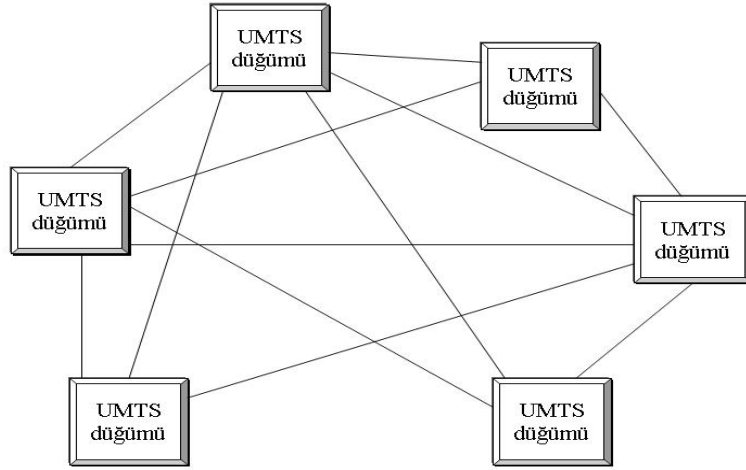
5.3.3 ATM Şebeke Topoloji Seçimi

ATM şebeke tasarımı fiziksel bağlantı tasarımı ve şebeke topolojisi tasarımı olarak iki farklı kısma ayrılabilir. Fiziksel bağlantı tasarımı yapılırken o alandaki düğümlerin fiziksel olarak bağlantıları göz önüne alınmalıdır. Şebeke topolojisi tasarımı ise birçok fiziksel santral alanının birbirleriyle bağlanmasını sağlayan şebekenin tasarım işlemidir.

Şebeke topolojisi tasarımında temel olarak iki tip şebeke topolojisi ele alınacaktır. Bunlar ağ şebeke ve hiyerarşik şebeke topolojileridir. Şekil 5.4’de ağ şebeke topolojisi, Şekil 5.5’de ise hiyerarşik şebeke topolojisi verilmiştir.



Şekil 5.4 Ağ şebeke topolojisi



Şekil 5.5 Hiyerarşik şebeke topolojisi

Ağ şebeke topolojisi ATM şebekesindeki düğümleri birbirine bağlamak için basit bir yöntemdir. Fakat şebekede birbirine bağlanacak düğüm sayısı arttıkça ağın bağlantı karmaşıklığı artacak ve önceden bağlanmış düğümleri etkileyecektir. Bu nedenle ağ şebeke topolojisi küçük ve büyümesi sınırlı şebekeler için kullanılmalıdır.

Eğer şebekenin hızlı bir şekilde büyüyeceği düşünülüyorsa şebekede ağ topolojisi yerine hiyerarşik şebeke topolojisi kullanılmalıdır. Hiyerarşik topoloji şebekeyi seviyelere ayırır. Aynı seviyede bulunan tüm düğümler birbirlerine fiziksel olarak bağlı değildirler. Alt seviyedeki düğümler sadece bir üst seviyedeki düğümlere fiziksel olarak bağlıdır. Bu topoloji yaklaşımı ile yeni düğümlerin eklenmesi için yapılması gereken işi azaltır ve sadece bir üst seviyedeki düğümlere fiziksel bağlantı yapılması yeterlidir. Ayrıca hiyerarşik topoloji

yardımları ile şebeke lojik olarak daha kolay yönetilebilir şebeke bölgelere ayrılır. Hiyerarşik topoloji büyük ve geniş alana yayılmış şebekeler için uygun bir yöntemdir.

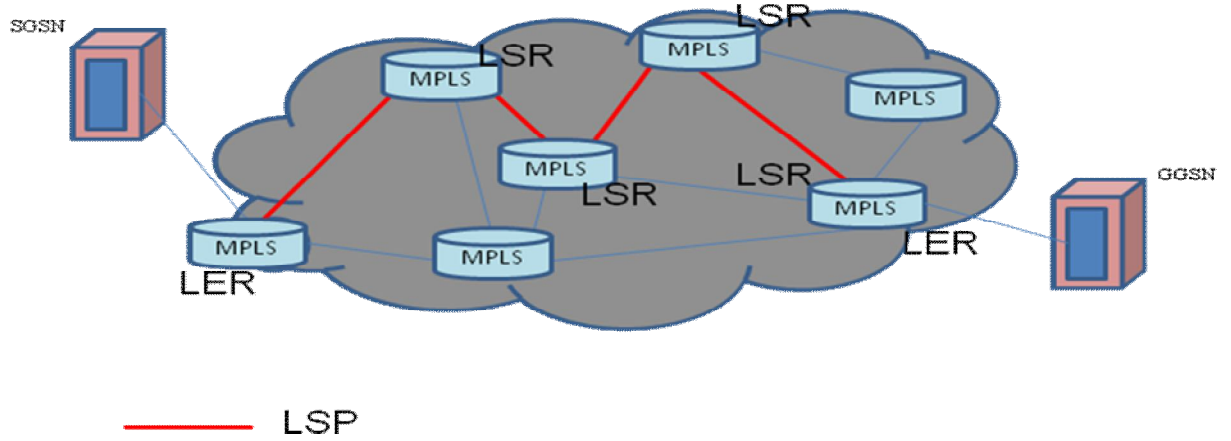
5.4 MPLS

Çoklu Protokol Etiket Anahtarlama (Multi Protocol Label Switching, MPLS) ATM omurgasında devre anahtarlama ve paket anahtarlama trafiğinin iletilmesi için kullanılır. MPLS UMTS şebekesinde trafiğinin kolay iletimini ve yönlendirilmesini sağlar. Ayrıca MPLS IP trafiğini ATM omurgası boyunca iletmek ve trafik ayırımı yapmak için de kullanılabilir. MPLS bu işlemi Özel Sanal Şebeke (Virtual Private Network, VPN) kullanarak yapar. MPLS ve ATM'in oluşturduğu çoklu hizmet omurga şebekesi bu şebeke üzerinden farklı hız ve gecikmeli trafik özelliklerine sahip veri trafiği iletebilir. MPLS'nin bir diğer özelliği çağrı kabul kontrolü ve şebeke kaynaklarının dinamik kullanımı olarak tanımlanabilir.

MPLS anahtarlama Etiket Sınır Yönlendiricileri (Label Edge Router, LER) ve Etiket Anahtarlama Yönlendiricilerinden (Label Switching Router, LSR) oluşmaktadır. MPLS'nin çalışma mantığında iki LER arasında bir yolun oluşturulması ve kullanıcı veri paketlerinin bu yol vasıtası ile iki LER arasında transferi olarak basitçe tanımlanabilir. İki LER arasında oluşturulan bu yol bağlantısına Etiket anahtarlama Yolu (Label Switching Path, LSP) adı verilir. Hangi tip trafiğinin hangi LSP'den iletileceğine karar veren ve kullanıcı veri paketlerini etiketleyen LER'dir. LSR sadece LER tarafından yapılmış etiketlemeye bağlı kalarak kullanıcı veri paketlerini iletmekle sorumludur.

MPLS omurgasına kullanıcı trafiği ancak LER'den girebilir ya da çıkabilir ve LSP'den hiçbir şekilde dışarıya çıkamaz.

LSP birkaç farklı yolla oluşturulabilir. İzlenecek yola karar verilme işlemi bir yönlendirme protokolü ile yapılabilir ya da yol önceden açık olarak belirlenebilir. Şekil 5.6'da örnek bir MPLS verilmiştir [29].



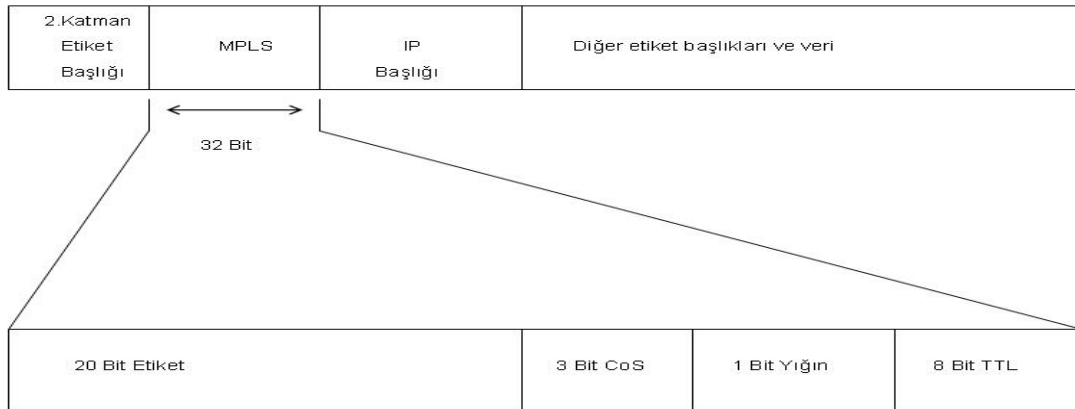
Şekil 5.6 Örnek bir MPLS omurgası

MPLS, ATM ile birlikte çalışarak veri trafiğini daha kolay ve hızlı yönlendirerek ATM için gerekli GoS özelliklerini sağlamaktadır. MPLS özellikle büyük şebekeler için önemli bir avantaj sağlamaktadır.

5.4.1 Trafik Yönlendirme

MPLS şebekesi boyunca LSP yolunun bir düğümden diğerine yönlendirilmesi statik ve dinamik olarak iki şekilde yapılabilir. Statik yöntemde şebekede ölçeklenebilme sorunlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle dinamik kullanmak daha uygun bir yöntemdir. Dinamik yöntemde LER ve LSR'lerin birbirlerini bulabilmesi ve LSP'leri kurabilmesi için gerekli olan işaretlemenin yapılabilmesi gerekmektedir. Bu işlemin yapılabilmesi için Etiket Dağıtım Protokolü (Label Distribution Protocol, LDP) kullanılabilir. LDP her LSR ve LER için MPLS şebeke topolojisinin otomatik olarak keşfedilmesini sağlar.

Şekil 5.7'de genel bir MPLS başlık formatı verilmiştir [30].

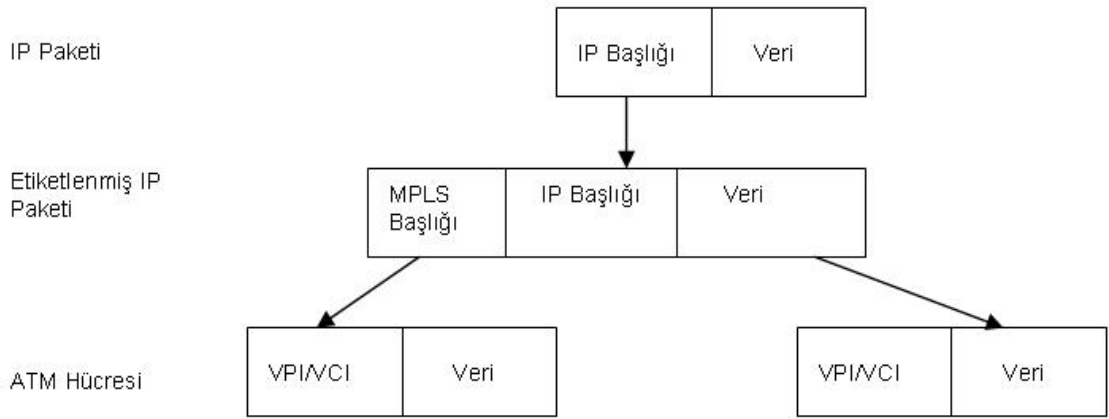


Şekil 5.7 MPLS başlık formatı

Şekil 5.7’den da görüleceği gibi 32 bit’lik MPLS başlığı 2. katman başlığı ile IP başlığı arasında yer almaktadır. MPLS başlık formatı aşağıda tanımlandığı gibidir:

- 20 bitlik etiket değeri
- GoS için 3 bitlik trafik sınıfı bölümü
- 1 bitlik yığın sonu işareti. Bu işaret mevcut etiketin yığın içerisindeki son etiket olduğunu belirtir
- 8 bitlik TTL yaşam süresi bölümü

MPLS başlık formatının ATM için özel bir etiket formatı vardır. ATM etiketi Sanal Yol Tanımlayıcı (Virtual Path Identifier, VPI) ve Sanal Kanal Tanımlayıcı (Virtual Channel Identifier, VCI) değerlerine karşılık gelmektedir. Şekil 5.8’de bu format verilmiştir [30].



Şekil 5.8 MPLS’nin ATM etiket formatı

6. UMTS'DE HİZMET KALİTESİ

Haberleşme mühendisliğinde hizmet kalitesi kavramı Servis Kalitesi (Grade of Service, GoS) ve Hizmet Kalitesi (Quality of Service, QoS) olmak üzere iki ölçüte bağlıdır.

GoS şebekedeki çağrıların bloklanma veya gecikme olasılıklarını tanımlarken QoS abonenin ya da bir uygulamanın şebekeden aldığı genel servis hizmet kalitesi olarak tanımlanabilir.

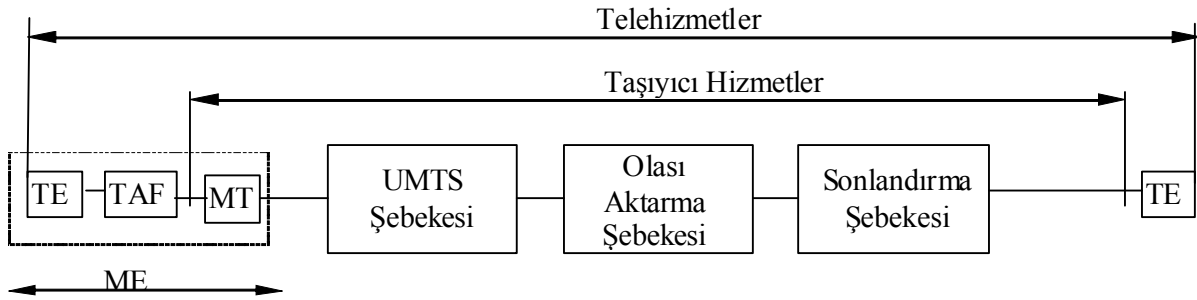
6.1 UMTS'de Hizmet Kalitesi

6.1.1 UMTS Hizmetlerine Genel Bakış

UMTS şebekesinde temel fikir, çoklu ortam ve yüksek hızlı hizmetleri de içine alacak şekilde çok geniş bir yelpazedeki iletişim hizmetlerini abonelere sağlamaktır. 3GPP aşağıda belirtilen hizmetlerin UMTS şebekelerinde sağlanması gerektiğini belirtmiştir [31].

- Tele hizmetler: Konuşma, acil çağrılar ve kısa mesaj servisi
- Çoklu ortam hizmetleri
- İnternet erişimi

Bu hizmetlerin sağlanması için UMTS Şekil 6.1'deki gibi taşıyıcı hizmetler kavramı üzerine kurulmuştur [31].



ME: Mobil Cihaz
 MT: Mobil Sonlandırma
 TE: Terminal Ekipmanı
 TAF: Terminal Adaptasyon Fonksiyonu

Şekil 6.1 Taşıyıcı hizmet kavramı

Taşıyıcı hizmetleri “Bilgi Aktarma Özellikleri” ve “Bilgi Kalite Özellikleri” olmak üzere iki şekilde tanımlanmıştır [31].

Bilgi Aktarma Özellikleri:

- Bağlantı modu özellikleri: Devre anahtarlama, paket anahtarlama

- Trafik türü özellikleri: Sabit veri hızı, değişken veri hızı
- Simetri özellikleri: Tek yönlü, iki yönlü simetrik, iki yönlü asimetrik
- Bilgi aktarma hızı özellikleri: Tepe veri hızı, minimum veri hızı, ortalama veri hızı

Bilgi Kalite Özellikleri:

- Maksimum aktarma gecikmesi
- Gecikme değişimi
- Veri hata oranı
- Hata karakteristikleri

3GPP ayrıca UMTS için sağlanması gereken QoS özelliklerini değer kümesini Çizelge 6.1'deki gibi belirtmiştir [31].

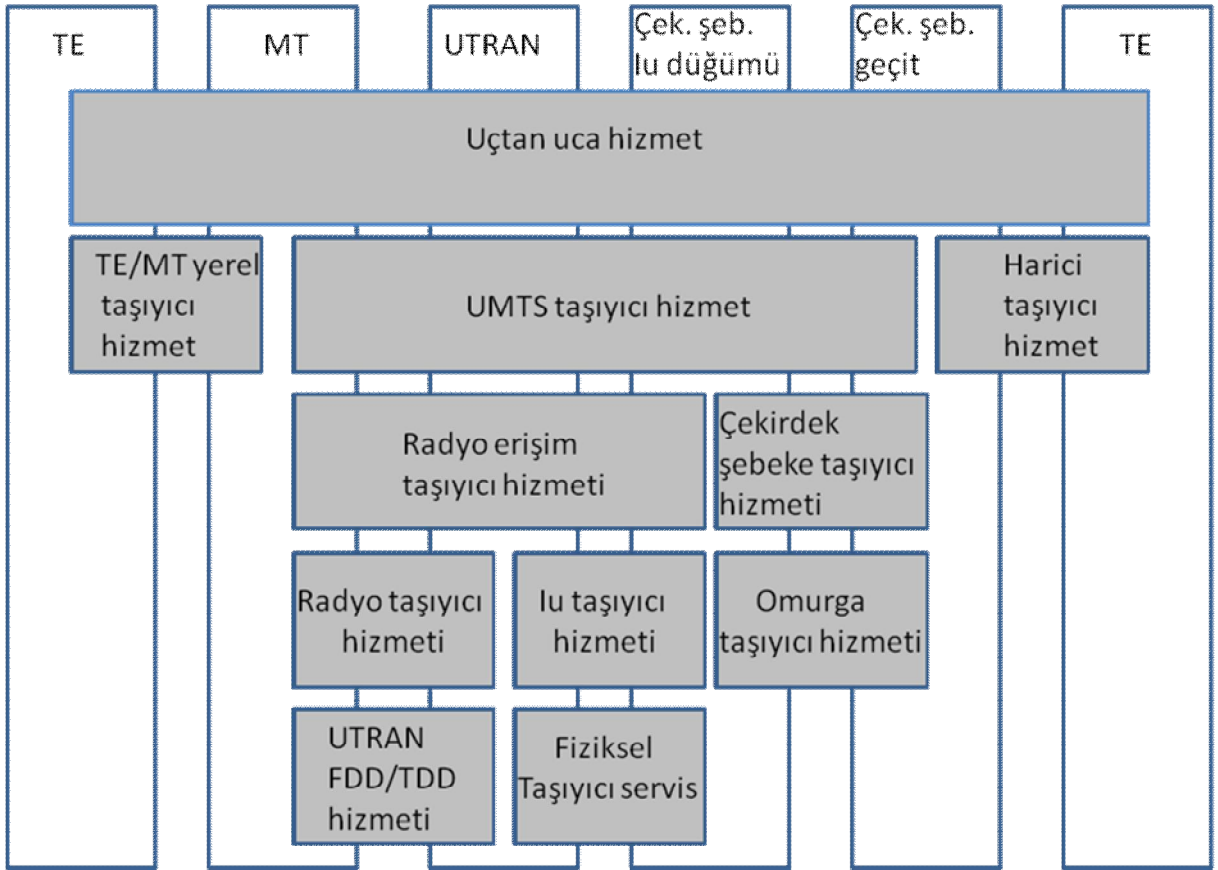
Çizelge 6.1 UMTS taşıyıcı hizmetlerinin desteklemesi gereken bilgi kalite özellikleri

	Gerçek Zamanlı (Sabit Gecikme)	Gerçek Zamanlı Olmayan (Değişken Gecikme)
Çalışma Ortamı	Veri hata oranı/ Maksimum aktarma gecikmesi	Veri hata oranı/ Maksimum aktarma gecikmesi
Uydu (mobil terminalin yere göre hızı maksimum 1000km/saat örn: uçak)	Maksimum aktarma gecikmesi 400msn'den az Veri hata oranı: $10^{-3} - 10^{-7}$	Maksimum aktarma gecikmesi 1200msn'den az Veri hata oranı: $10^{-5} - 10^{-8}$
Merkezi yerleşim olmayan kırsal ortamlar(mobil terminalin yere göre hızı maksimum 500km/saat örn: tren)	Maksimum aktarma gecikmesi 20-300 msn'den az Veri hata oranı: $10^{-3} - 10^{-7}$	Maksimum aktarma gecikmesi 150msn veya daha fazla Veri hata oranı: $10^{-5} - 10^{-8}$
Merkezi yerleşim olan kırsal ortamlar(mobil terminalin yere göre hızı maksimum 120km/saat örn: araba)	Maksimum aktarma gecikmesi 20-300 msn'den az Veri hata oranı: $10^{-3} - 10^{-7}$	Maksimum aktarma gecikmesi 150msn veya daha fazla Veri hata oranı: $10^{-5} - 10^{-8}$
Bina içi ortamlar (mobil terminalin yere göre hızı maksimum 10 km/saat)	Maksimum aktarma gecikmesi 20-300 msn'den az Veri hata oranı: $10^{-3} - 10^{-7}$	Maksimum aktarma gecikmesi 150msn veya daha fazla Veri hata oranı: $10^{-5} - 10^{-8}$

6.2 QoS Mimarisi

Bu bölümde 3GPP tarafından sınırlandırılmış UMTS QoS mimarisi açıklanacaktır [32].

QoS mimarisi, UMTS taşıyıcı hizmetleri iskeleti, iskelet üzerindeki trafik ve QoS özellikleri ile bunların yönetim fonksiyonları üzerine kurulmuştur. Taşıyıcı hizmetler Şekil 6.2'de gösterildiği gibi hiyerarşik bir yapıya sahiptir [32].



Şekil 6.2 UMTS taşıyıcı hizmetlerinin hiyerarşik modeli

Bir kullanıcı için uçtan uca hizmet başarımını sağlayan QoS'tir. Uçtan uca hizmet, kullanıcının mobil terminali, yerel taşıyıcı hizmeti, UMTS taşıyıcı hizmeti ve harici taşıyıcı hizmetlerinin bir birleşimidir. Ancak bu taşıyıcılar arasından sadece UMTS taşıyıcı hizmetleri UMTS şebekesinin kontrolü altındadır. UMTS taşıyıcı hizmeti de radyo erişim hizmeti ve çekirdek şebeke erişim hizmeti olarak ikiye ayrılır ve sırasıyla UMTS radyo erişim şebekesi ve UMTS çekirdek şebekesi üzerinden taşınır.

6.2.1 QoS Sınıfları

UMTS taşıyıcı hizmetlerinin kullanımını kolaylaştırmak için 3GPP QoS sınıfları kavramını geliştirmiştir. Tanımlanan bu QoS sınıfları aşağıdaki gibidir:

- Diyalog sınıfı
- Duraksız trafik sınıfı
- Etkileşimli sınıf
- Geri bölüm sınıfı

Bu sınıfları birbirinden ayıran ana faktör trafiğin gecikmeye ne kadar duyarlı olduğudur. Diyalog sınıfındaki bir trafik gecikmeye karşı çok duyarlı iken geri bölüm sınıfındaki bir trafik gecikmeye en az duyarlı olan trafiktir.

Diyalog ve duraksız trafik sınıfları genel olarak gerçek zamanlı trafiği taşımak için kullanılır. Birbirlerini ayıran en önemli özellik daha önce de belirtildiği gibi trafiğin gecikmeye karşı olan duyarlılığıdır. Diyalog türü gerçek zamanlı hizmetler görüntülü telefon haberleşmesi gibi en fazla gecikmeye duyarlı olan uygulamalardır ve bu veri katarları diyalog sınıfı içinde taşınmalıdır.

Etkileşimli ve art bölüm sınıfları genel olarak internet uygulamalarını taşımak için kullanılır. Diyalog ve duraksız trafik sınıfları ile karşılaştırıldığında gecikmeye daha az duyarlı oldukları için her ikisi de kanal kodlaması ve tekrarlı iletim mekanizmalarının yardımı ile daha iyi bir veri hata oranı sağlarlar. Etkileşimli ve geri bölüm sınıfları arasındaki ana fark, etkileşimli sınıf elektronik posta veya etkileşimli web tarama gibi uygulamalar için kullanılırken, geri bölüm sınıfı elektronik postaların veya dosyaların yüklenmesi için kullanılmasıdır. Etkileşimli sınıftaki bir trafik geri bölüm sınıfı trafikten daha yüksek bir önceliğe sahiptir, yani geri bölüm uygulamaları iletim kaynakları sadece etkileşimli uygulamaların onlara ihtiyacı olmadığı zaman kullanılabilirler. Çizelge 6.2’de UMTS taşıyıcı hizmeti QoS sınıfları gösterilmiştir [32].

Çizelge 6.2 UMTS Taşıyıcı hizmetlerinin QoS sınıfları

Trafik Sınıfı	Diyalog Sınıfı	Duraksız Trafik Sınıfı	Etkileşimli Sınıf	Art Bölüm Sınıfı
Temel Karakteristikler	Katarın bilgi elemanları arasındaki zaman ilişkisini (değişimini) korur	Katarın bilgi elemanları arasındaki zaman ilişkisini (değişimini) korur	İstek – cevap modeli Veri içeriğini korur	Varış uç elemanı veriyi belirli kesin bir zaman içinde beklemez Veri içeriğini korur
Uygulama Örneği	Ses	Video akımı	Web gezme	E-postaların yüklenmesi

6.2.2 QoS Parametreleri

UMTS taşıyıcı hizmet parametreleri, UMTS şebekesi tarafından aboneye sağlanan hizmetleri tanımlar. QoS parametrelerinden oluşan bir küme bu hizmeti belirler. Sağlanan QoS kümesi kullanıcı cihazının yeteneklerinden dolayı veya yapılan abonelik anlaşmasından dolayı sınırlı olabilir. UMTS şebekesi yüksek trafik periyotlarında kaynakların yetersizliğinden dolayı QoS değerlerini değiştirebilir.

UMTS Hizmet Özellikleri

UMTS hizmet özellikleri hem trafik karakteristiklerini hem de taşıma şebekesinin QoS profilini tanımlar. Çizelge 6.3’de QoS parametrelerinin listesi verilmiştir [32].

Çizelge 6.3 QoS parametrelerinin listesi

UMTS Taşıyıcı Hizmet Parametreleri
Trafik sınıfı [diyalog, duraksız trafik, etkileşimli, art bölüm]
Maksimum veri hızı [Kb/sn]
Garanti edilen veri hızı [Kb/sn]
İletim emri
Maksimum Hizmet Veri Birimi büyüklüğü [bit]
Maksimum Hizmet Veri Birimi format bilgisi [bit]
Maksimum Hizmet Veri Birimi hata oranı
Veri hata oranı
Hatalı Maksimum Hizmet Veri Birimlerinin iletimi
Aktarma gecikmesi [sn]
Trafik önceliği
Radio Erişim Hizmet Parametreleri
Trafik sınıfı [diyalog, duraksız trafik, etkileşimli, art bölüm]
Maksimum veri hızı [Kb/sn]
Garanti edilen veri hızı [Kb/sn]
İletim emri [E/H]
Maksimum Hizmet Veri Birimi büyüklüğü [bit]
Maksimum Hizmet Veri Birimi format bilgisi [bit]
Maksimum Hizmet Veri Birimi hata oranı
Veri hata oranı
Hatalı Maksimum Hizmet Veri Birimlerinin iletimi
Aktarma gecikmesi [sn]
Trafik önceliği
Kaynak, istatistik ayırıcı [konuşma, bilinmeyen]

İu arayüzü hizmet ve çekirdek şebeke arayüzü hizmet parametreleri gibi diğer alt katman hizmet parametreleri standartlaştırılmamıştır. Şebekenin QoS sağlama işlemi işletmecilerin kararlarına bırakılmıştır.

7. ÇEKİRDEK ŞEBEKE TASARIMI VE PLANLAMASI

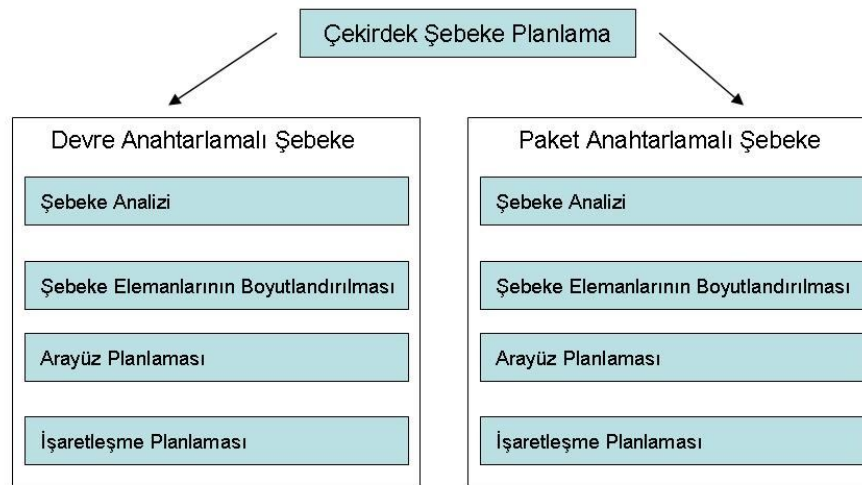
7.1 Çekirdek Şebeke Planlanması Temelleri

GSM şebekelerinde çekirdek şebeke basitçe devre anahtarlama yapısından oluşmaktadır. GPRS ve GSM şebekelerinde ise ses için devre anahtarlama, veri için ise paket anahtarlama yapı olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. GSM’ de çekirdek veya devre anahtarlama çekirdek planlaması ayrıca anahtar planlaması olarak da bilinmektedir.

3. nesil UMTS sisteminin çekirdek şebeke planlaması ise hem devre anahtarlama çekirdek şebekeyi hem de paket anahtarlama çekirdek şebekeyi kapsamaktadır.

7.1.1 Çekirdek Şebeke Planlamanın Amacı

UMTS çekirdek şebeke planlamanın amacı devre anahtarlama ve paket anahtarlama şebeke elemanlarının ve arayüzlerinin boyutlandırılmasıdır. Çekirdek şebeke planlama yöntemi Şekil 7.1’de verilmiştir [3]. Planlama yapılırken öncelikle anahtarlama şebekeleri birbirilerinden ayrı düşünülmelidir. Planlamanın ilk adımında şebeke analizi yapılarak şebeke trafik değerleri, bölgelerdeki trafik miktarı ve kullanıcı sayısı gibi parametreler belirlenmelidir. Daha sonra üzerlerinden geçen trafik miktarı ve kapasite değerlerine göre şebeke elemanlarının boyutlandırılması yapılabilir. Şebeke elemanları arasında kullanılan arayüzlerin planlanması ise iletim hatları üzerindeki gelen ve giden trafik hesaplanarak yapılır. Arayüzler üzerindeki işaretleşme trafik miktarı eklenerek kullanıcı sayısı ve trafik miktarına bağlı olarak çekirdek şebeke planlaması sonlandırılabilir [3].



Şekil 7.1 Çekirdek şebeke planlama yöntemi

7.1.1.1 Şebeke Analizi

Şebeke analizinde ilk aşama tasarımı etkileyecek parametrelerin belirlenmesidir. Bu parametreler aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

- Var olan ya da tasarlanacak şebeke topolojisinin belirlenmesi
- O andaki ve gelecekte oluşabilecek kullanıcı veritabanının toplanması
- Tasarımı yapılacak bölgenin fiziksel yapısı
- Kalite ve performans hedefleri

Yukarıda tanımlanan bu bilgiler çekirdek şebekenin analizine ve tasarımına yön vermektedir. UMTS sisteminde çekirdek şebeke planlama ana konuları devre anahtarlama yapı için MGW ve MSC şebeke elemanlarının ve paket anahtarlama yapı için ise GGSN ve SGSN şebeke elemanlarının boyutlandırılması etrafında toplanmıştır.

7.1.1.2 Şebeke Boyutlandırılması

Şebeke analizi aşamasında toplanan bütün bu bilgiler nedeni boyutlandırma aşamasıdır. Şebeke boyutlandırılması aşamasında amaç kullanıcı trafiğini uzun zaman periyotları boyunca istenildiği gibi karşılayacak şebeke elemanlarının sayılarının belirlenmesidir.

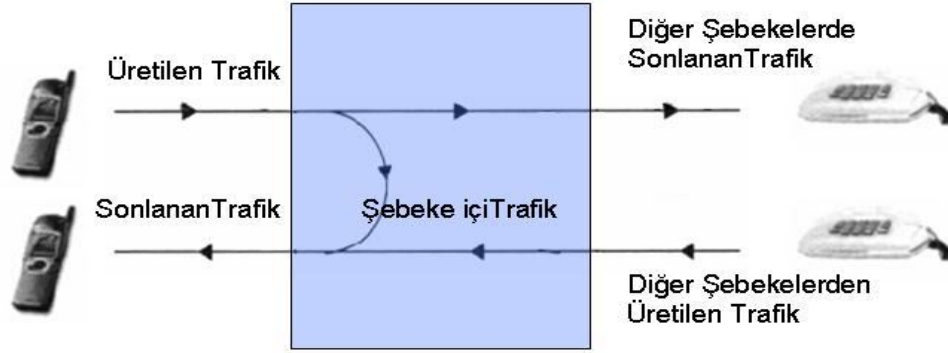
Temel olarak anahtarlama şebekelerinde belirlenmesi gerekenler:

- Şebekede üretilen trafik miktarı
- Şebeke elemanlarının hangi taşıma teknolojisi ile haberleşeceği
- Trafiği iletecek en uygun yol
- Kullanıcı trafiği ile baş edecek şebeke elemanlarının sayısı

Anahtarlama şebekelerinin planlanmasında en önemli etmen trafik hesaplamalarıdır. Bu hesaplamalar yapılırken elden geldiğince bütün faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Birden fazla anahtarlamanın olduğu bir anda trafik akışının karmaşıklaşması ya da aynı anda trafiğin üretilmesi ya da bitirilmesi trafik hesabını zorlaştırmaktadır.

Bu problemi çözmek için şebeke trafik akışının belirlenmesi gerekmektedir. Şebeke trafik akışı şebeke içi trafik ile harici şebekelere giden ve gelen trafiğin belirlenmesidir.

Şebeke trafik akışı Şekil 7.2’de şebeke içi, şebeke dışından gelen ya da şebeke dışına giden trafik olarak verilmiştir [2].



Şekil 7.2 Şebeke trafik akışı

Şebeke boyutlandırılmasında trafik akışı parametreleri şu şekildedir:

Kullanıcı trafiği: Şebeke içerisindeki kullanıcıların ürettiği trafiktir. Bu trafiği hesaplayabilmek için şebekeye ait olan kullanıcı trafik değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Şebekede sonlanan trafik: Bu trafik basitçe şebekede sonlanan trafik yüzdesi ile trafik miktarının çarpımı olarak tanımlanabilir. Şebekede sonlanan trafik miktarında harici şebeke trafiği ile aynı bölgede üretilen trafiğin etkisi vardır.

Şebeke içi trafik: Bu trafik aynı bölgede başlayan ve o bölgede sonlanan trafiktir.

Harici şebekeye gelen ve giden trafik: Bu trafik harici şebekelerden gelen trafik veya harici şebekelere giden trafik olarak adlandırılır. Burada harici şebekelere giden trafiğe giden trafik, harici şebekelerden gelen trafiğe gelen trafik denmektedir. Gelen trafik şebekede sonlanan trafik ile şebeke içi trafiğin farkıdır. Giden trafik ise kullanıcı trafiği ile şebeke içi trafik arasındaki farktır.

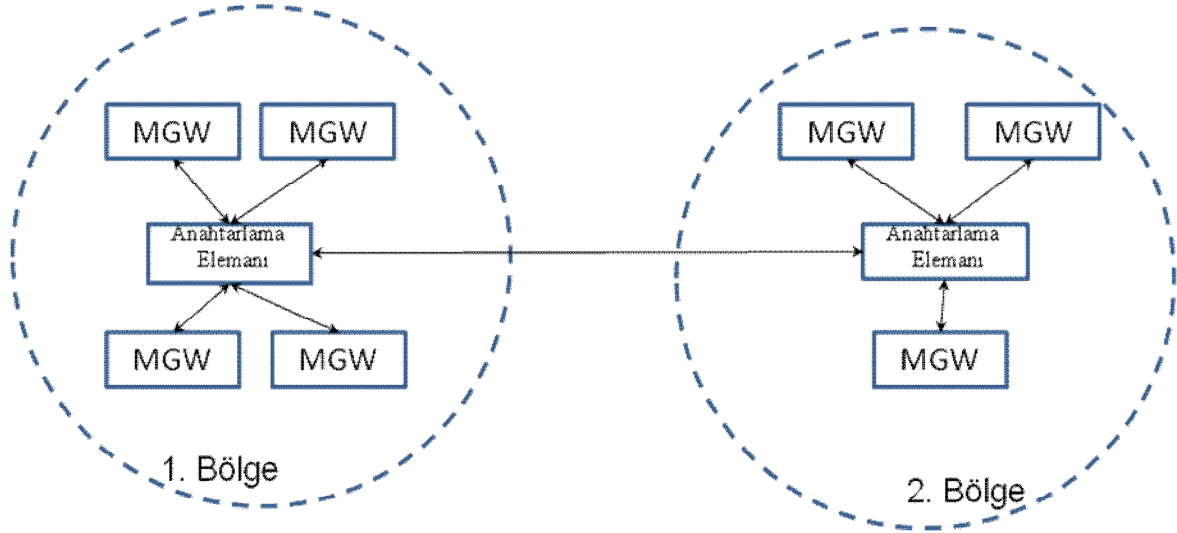
Şebeke içerisindeki bölgelerde kullanıcı trafik değerleri hesaplandıktan sonra yapılması gereken paket anahtarlama ve devre anahtarlama elemanlarının sayılarının belirlenmesidir. Bu işlem, kullanıcı trafik miktarının şebeke elemanı kapasitesine oranı olarak tanımlanabilir.

Şebeke eleman sayıları belirlendikten sonra yapılması gereken işlem ise şebeke elemanlarının şebekeye yerleştirilmesidir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken şebeke elemanlarının yerlerini yüksek kullanıcı oranının olduğu yerlere yerleştirmektir. Bu sayede iletim maliyeti azaltılmış olacaktır.

Trafiğin izleyeceği yolun tanımlanması iki farklı şekilde yapılabilir. Bunlardan birincisi şebeke elemanlarının birbirleri ile doğrudan bağlantı kurmasıdır. Güvenlik açısından başarılı olsa da şebeke içerisindeki elemanlarının sayısının artması ile şebeke bağlantıları daha karmaşık bir hal alacak ve yolu kontrol etmek oldukça zor bir hale gelecektir.

İkinci olarak ise bölgeye taşıma şebekesi anahtarlama elemanı eklemektir. Böylelikle şebeke içerisindeki bölgelerde bulunan şebeke elemanları birbirleri ve diğer bölgelerdeki şebeke elemanlarıyla anahtarlama elemanı üzerinden haberleşecektir.

Şekil 7.3'den de görüleceği gibi bölge içerisinde ya da dışarısında üretilen trafik anahtarlama elemanı üzerinden yönlendirilmektedir. Şebekenin büyümesi durumunda şebekeye fazladan anahtarlama elemanları ekleyerek yeni şebeke elemanları bağlanabilir. Böylece şebeke anahtarlama elemanları tarafından oluşturulmuş bir topolojiye dönüştürülebilir.



Şekil 7.3 Anahtarlama elemanı eklenmiş şebeke

Şebekedeki trafiğin izleyeceği yolun planlanmasında bir sonraki adım şebeke anahtarlama elemanları arasındaki trafik akışının tasarlanmasıdır. Trafik akışı anahtarlama elemanları üzerinden olası en kısa yollara ayrılarak iletilmelidir. İki anahtarlama elemanı arasındaki temel iletim yolunda bir problemle karşılaşıldığında ikincil yollar ile trafik iletilmelidir. Böylece temel iletim yolu bloklandığında bile trafik iletimi sağlanmış olur.

UMTS şebekelerinde boyutlandırma devre anahtarlama şebeke ve paket anahtarlama şebeke için ayrı ayrı düşünülmelidir.

Devre anahtarlama şebeke boyutlandırılması hem kontrol katmanı hem de kullanıcı katmanı göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Burada kullanıcı katmanındaki ve kontrol katmanındaki trafikten sorumlu MGW ve MSC şebeke elemanları için boyutlandırma yapılmalıdır. Ayrıca bu şebeke elemanları arasındaki arayüzde meydana gelen işaretleşme de göz önünde bulundurulmalıdır. MGW'nin boyutlandırılmasında etken faktörler olarak şebekedeki trafik dağılımı, kullanıcı sayısı, diğer şebeke elemanlarının konumları olarak tanımlanabilir.

MSC boyutlandırmasında ise şebekedeki kullanıcıya bağlı olarak değişir. Kullanıcının ürettiği trafiğin karakteristiği veya şebekedeki kullanıcı sayısının değişimi MSC'yi etkileyen faktörlerdendir.

Paket anahtarlama şebeke için ise bu işlem SGSN ve GGSN boyutlandırması ve aralarındaki arayüzlerin boyutlandırılması olarak tanımlanabilir.

7.1.1.3 Taşıma Şebekesi İşaretleşmesi ve Arayüz Planlaması

Taşıma şebekesi tasarımında arayüz boyutlandırması yapılarak şebekede gerekli hat sayısı hesaplanabilir. Boyutlandırma yapılırken kapasite miktarı hesaplamaları kullanılacak arayüzlere bağlıdır. Bu arayüzlerin boyutlandırılması ile taşıma şebekesi planlaması yapılabilmektedir. Taşıma şebekesi arayüz planlaması yapılırken aşağıda verilen arayüzlerin boyutlandırması yapılmalıdır [2].

Iub: B düğümü ile RNC arasındaki arayüz

Iu-CS: RNC ile MGW arasındaki arayüz

Iu-PS: RNC ve SGSN arasındaki arayüz

Gn: SGSN ile GGSN arasındaki arayüz

Nb: MGW'ler arasındaki arayüz

Bu arayüzlerden taşıma şebekesini ilgilendirenleri Iub arayüzünün RNC kısmıdır.

Taşıma şebekesi işaretleşmesi, kullanıcı katman bağlantılarını kurmak ve sonlandırmak olarak özetlenebilir. Taşıma şebekesi işaretleşmesi devre anahtarlama şebeke arayüzlerinde ALCAP protokolü ile gerçekleştirilir. Paket anahtarlama taşıma şebekesinde ise GTP-C protokolü kullanılır.

7.1.1.4 Arayüz Boyutlandırılması

Iub arayüzü boyutlandırmasında önemli olan B düğümlerindeki trafik miktarı ve düğümlerin sayısıdır. B düğümündeki trafik miktarı hesaplamaları devre anahtarlama ve paket anahtarlama trafik için ayrı ayrı yapılmalıdır. Devre anahtarlama trafiğin oluşturacağı kanal sayısı ile kodlayıcıları için gerekli bant genişliği devre anahtarlama trafik miktarını belirleyecektir. Paket anahtarlama trafikte ise abone başına meşgul zamanda trafik miktarı ile kullanıcı sayısı trafik miktarını belirlemektedir. Devre ve paket anahtarlama trafik miktarlarının toplamı Iub arayüz boyutunu verir.

WCDMA şebekelerinin performansını arttırmak için kullanılan Yumuşak Geçiş (Soft Handover, SHO) politikalarına boyutlandırma aşamasında dikkat edilmesi gerekir. SHO devre ve paket anahtarlama trafik miktarını arttıran bir parametredir.

Iu arayüzü önceki bölümlerde de belirtildiği gibi devre anahtarlama ve paket anahtarlama olarak iki kısımdan oluşmaktadır.

Devre anahtarlama Iu arayüzünde RNC ile MGW arasında ses ve gerçek zamanlı veri gibi devre anahtarlama trafik taşınmaktadır. Paket anahtarlama Iu arayüzünde ise veri trafiği RNC ile SGSN arasında taşınmaktadır. Iu arayüzü boyutlandırmasında RNC sayıları ve üretilen toplam trafik miktarı belirleyici etmendir. Devre anahtarlama Iu arayüzünde boyutlandırma toplam devre anahtarlama trafik miktarı ile yapılırken, paket anahtarlama Iu arayüzünde toplam paket anahtarlama trafik miktarına bağlıdır.

7.2 Çekirdek Şebeke Planlama

Çekirdek şebeke planlama yöntemi, çekirdek şebeke içerisindeki cihazların ve arayüzlerin son kullanıcı verisinin çekirdek şebekeye yüklediği trafik miktarına göre boyutlandırılması ile gerçekleştirilir.

7.2.1 Arayüz Planlama Yöntemi

Taşıma şebekesi planlamasında en önemli başlıklardan biri radyo erişim arayüzü planlamasıdır. Arayüz planlamasında, radyo erişim şebekesi cihazları arasındaki arayüzler için aşağıda verilen trafik değerlerinin belirlenmesi ile başlayan bir planlama yöntemi izlenmelidir [2].

- Devre anahtarlama ses trafiği
- Devre anahtarlama veri trafiği
- Paket anahtarlama veri trafiği
- Arayüz bloklanma olasılığı
- SHO
- VAF
- B düğümü sayısı
- B düğümlerindeki kullanıcı sayısı

Arayüz bloklanma olasılığı, servis isteği gerçekleştirildiğinde hava arayüzünde oluşabilecek kapasite problemleri nedeni ile oluşacak bloklanma değeridir. Bu oran kullanıcılar tarafından tolere edilebilir bir oranda tutulmalıdır. SHO yumuşak geçiş politikaları uygulanan şebekede abonenin B düğümleri arasındaki geçişi sırasında Iub arayüzünde fazladan oluşacak trafik miktarının oranıdır. VAF ise konuşma süresince konuşmanın aktif olduğu oranı gösterir.

Bu yöntemde boyutlandırma, devre anahtarlama ve paket anahtarlama trafik için gerçekleştirilir. Boyutlandırma işleminde amaç, son kullanıcı verisinin çekirdek şebekeye yüklediği trafik miktarının bulunmasıdır.

7.2.1.1 Iub Arayüzünde Devre Anahtarlama Kanal Sayısı Hesabı

Kullanıcı karakteristiğine bağlı olarak ses ve devre anahtarlama veri servislerinin kullanımı birbirinden bağımsız olarak incelenmelidir. Hesaplama yönteminde aşağıdaki basamaklar sırasıyla hesaplanmalıdır:

- B düğümü üzerindeki toplam ses trafiği hesabı
- Erlang B trafik hesabı ile ses trafiği için gerekli kanal sayısının bulunması
- SHO için gerekli devre anahtarlama ses kanalının belirlenmesi
- B düğümü üzerindeki toplam veri trafiği hesabı
- Erlang B trafik hesabı ile devre anahtarlama veri trafiği için gerekli kanal sayısının bulunması
- SHO için gerekli devre anahtarlama veri kanalının belirlenmesi

B düğümü üzerindeki kullanıcı sayısı ve abone başına devre anahtarlama ses trafiği biliniyorsa B düğümü üzerindeki toplam ses trafiği aşağıdaki gibi bulunur:

B düğümü üzerindeki toplam ses trafiği = (B düğümü kullanıcı sayısı) * (Devre anahtarlama ses trafiği)

Erlang B trafik hesabı ile belirli bir arayüz bloklanma olasılığı için devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı bulunur.

Yumuşak geçiş politikaları uygulanan şebekede Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama ses için gerekli kanal sayısının hesaplanması aşağıdaki gibi olur:

Iub arayüzü üzerindeki ses kanalı sayısı = (Devre anahtarlama ses kanalı sayısı) + (Devre anahtarlama ses kanalı sayısı * SHO)

B düğümü üzerindeki kullanıcı sayısı ve abone başına devre anahtarlama veri trafiği biliniyorsa B düğümü üzerindeki toplam devre anahtarlama veri trafiği aşağıdaki gibi bulunur:

B düğümü üzerindeki toplam devre anahtarlama veri trafiği = (B düğümü kullanıcı sayısı) * (Devre anahtarlama veri trafiği)

Erlang B trafik hesabı ile belirli bir arayüz bloklanma olasılığı için devre anahtarlama verinin oluşturduğu kanal sayısı bulunur.

Yumuşak geçiş politikaları uygulanan şebekede Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama veri için gerekli kanal sayısının hesaplanması aşağıdaki gibi olur:

Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama veri kanalı sayısı = (Devre anahtarlama veri kanalı sayısı) + (Devre anahtarlama ses kanalı sayısı * SHO)

7.2.1.2 Iub Arayüzünde Oluşan Toplam Devre Anahtarlama Trafik Miktarı Hesabı

Devre anahtarlama trafik miktarını hesaplayabilmek için hesaplama yönteminde aşağıdaki basamaklar sırasıyla hesaplanmalıdır:

- Ortalama ses veri hızının hesaplanması
- Devre anahtarlama ses trafik miktarının hesaplanması
- ATM başlıklı devre anahtarlama veri trafik miktarının hesaplanması

ATM başlıklarını içeren ses servis kullanıcı veri hızı aktif modda 18.9 Kb/sn ve sessiz modda 4.5 Kb/sn değerindedir [6, 23].

Belirli bir VAF için ortalama ses servis kullanıcı veri hızı aşağıdaki gibi hesaplanır:

Ortalama ses veri hızı = $(18.9 * VAF) + (4.5 * (1-VAF))$

Devre anahtarlama veri servislerinde kullanıcı veri hızı 64 Kb/sn değerindedir. Buradan Iub arayüzündeki toplam devre anahtarlama veri trafiği miktarı kanal sayısının çarpımı ile bulunabilir.

Iub arayüzündeki devre anahtarlama veri trafik miktarı = Kanal sayısı * 64 Kb/sn

Ortalama ses veri hızı ile ses kanalı sayılarının çarpımı ise Iu arayüzündeki devre anahtarlama ses trafik miktarını verir.

Iu arayüzündeki devre anahtarlama ses trafik miktarı = Ortalama ses veri hızı * Kanal sayısı

Iub işaretlenmesinin ve ATM başlıklarının devre anahtarlama veri servislerine eklenmesi ile

Iub arayüzünde oluşan toplam devre anahtarlama trafik miktarı bulunur:

Iub arayüzündeki devre anahtarlama trafik miktarı = [(ATM başlığı eklenmiş veri trafik miktarı) + (Ses için trafik miktarı)] * (1+ Arayüz işaretlemesi)

7.2.1.3 Iub Arayüzünde Oluşan Paket Anahtarlama Trafik Miktarı Hesabı

Paket anahtarlama trafik miktarını hesaplayabilmek için hesaplama yönteminde aşağıdaki basamaklar sırasıyla bulunmalıdır:

- Abone başına paket anahtarlama trafik miktarı
- B düğümü başına paket anahtarlama trafik miktarı
- ATM başlığı eklenmiş paket anahtarlama verinin trafik miktarı

Paket anahtarlama trafik hesabında ilk adım Iub arayüzünde oluşan paket anahtarlama trafiğin yoğun saatlerdeki kullanım oranının bilinmesidir.

Şebekede yumuşak geçişin olduğu durumlarda kullanıcı başına düşen trafik miktarı aşağıdaki gibidir.

Abone başına paket anahtarlama trafik miktarı = (Abone başına meşgul zamanda trafik miktarı) + (Abone başına meşgul zamanda trafik miktarı * SHO)

B düğümü başına düşen trafik miktarı ise:

B düğümü başına paket anahtarlama trafik miktarı = (Abone başına paket anahtarlama trafik miktarı) * (Abone sayısı)

Iub işaretlemesinin ve ATM başlıklarının eklenmesi ile Iub arayüzünde oluşan paket anahtarlama trafik miktarı bulunur:

Iub arayüzündeki paket anahtarlama trafik miktarı = (ATM başlığı eklenmiş trafik miktarı) + (ATM başlığı eklenmiş trafik miktarı * Arayüz işaretlemesi)

7.2.1.4 Devre Anahtarlama Iu Trafik Hesabı

Devre anahtarlama Iu trafik miktarını hesaplayabilmek için hesaplama yönteminde aşağıdaki basamaklar sırasıyla hesaplanmalıdır:

- Devre anahtarlama Iu arayüzünde toplam ses trafiği
- Erlang B trafik hesabı ile ses trafiği için gerekli kanal sayısının bulunması
- Devre anahtarlama ses trafik miktarının hesaplanması

- Devre anahtarlama Iu arayüzünde toplam veri trafiği
- Erlang B trafik hesabı ile veri trafiği için gerekli kanal sayısının bulunması
- Devre anahtarlama verinin trafik miktarının hesaplanması

Devre anahtarlama Iu arayüzü hesaplaması Iub arayüzünde yapılan devre anahtarlama hesaplarla benzerdir. Aralarındaki tek fark SHO kavramının bu arayüzde kullanılmamasıdır.

Devre anahtarlama Iu arayüzünde toplam ses trafiği aşağıdaki gibi hesaplanır.

Toplam ses trafiği = B düğümü kullanıcı sayısı * Devre anahtarlama ses trafiği * B düğümü sayısı

Erlang B trafik hesabı ile belirli bir arayüz bloklanma olasılığı için devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı bulunur.

Devre anahtarlama veri trafiği ise şu şekilde bulunur:

Toplam veri trafiği = B düğümü kullanıcı sayısı * Devre anahtarlama veri trafiği * B düğümü sayısı

Erlang B trafik hesabı ile belirli bir arayüz bloklanma olasılığı için ses ve devre anahtarlama verinin oluşturduğu kanal sayısı bulunur.

Ses ve devre anahtarlama verinin kanal sayıları ile veri hızlarının çarpımı ses ve devre anahtarlama verinin trafik miktarını verir.

Iu işaretlenmesinin ve ATM başlıklarının devre anahtarlama veri servislerine eklenmesi ile Iub arayüzünde oluşan toplam devre anahtarlama trafik miktarı bulunur.

Iu arayüzündeki devre anahtarlama trafik miktarı = [(ATM başlığı eklenmiş veri trafik miktarı) + (Ses için trafik miktarı)] * (1 + Arayüz işaretlenmesi)

7.2.1.5 Paket Anahtarlama Iu Trafik Hesabı

Paket anahtarlama trafik miktarını hesaplayabilmek için hesaplama yönteminde aşağıdaki basamaklar sırasıyla hesaplanmalıdır:

- Paket anahtarlama Iu arayüzünde toplam veri trafiği
- ATM başlığı eklenmiş paket anahtarlama toplam trafik miktarı

Paket anahtarlama Iu arayüzünde toplam veri trafiği aşağıdaki gibi hesaplanır:

Toplam trafik miktarı = B düğümü kullanıcı sayısı * Abone başına meşgul zamanda trafik miktarı * B düğümü sayısı

Iu işaretleşmesinin ve ATM başlıklarının eklenmesi ile Iu arayüzünde oluşan paket anahtarlama trafik miktarı bulunur:

Iu arayüzündeki paket anahtarlama trafik miktarı = (ATM başlığı eklenmiş trafik miktarı) + (ATM başlığı eklenmiş trafik miktarı * Arayüz işaretleşmesi)

7.2.2 Çekirdek Şebeke Planlama Yöntemi

Çekirdek şebeke planlama yöntemi, şebeke içerisindeki eleman ve arayüzleri kapsamaktadır. Planlama işlemi şebeke elemanları ve arayüzleri üzerindeki toplam trafik miktarına göre yapılmalıdır [33].

8. ÖRNEK BİR UMTS ÇEKİRDEK ŞEBEKESİNİN TASARIMI

8.1 Giriş

Bu bölümde örnek bir UMTS çekirdek şebekesi tasarımı yapılmaktadır. Tasarımda harici şebekelerin trafiği göz ardı edilerek sadece şebekede üretilen trafiğin oluşturduğu trafik miktarına göre işlem yapılacaktır. Tasarım senaryosu temel olarak iki katman olarak düşünülebilir. Bu katmanlar gerekli trafik miktarının hesaplanması ve şebeke cihazlarının yerleştirilmesi ile ATM omurga şebekesinin tasarlanması olarak tanımlanabilir.

Tasarım senaryosunda ilk olarak şebeke kullanıcı sayısı belirlenerek kullanıcı sayısının bölgelere göre dağılımı gösterilecektir. Tasarım senaryosunda şebeke 5 farklı bölgeye ayrılmıştır. Her bir bölge harici şebekelerle bağlantı yapmaktadır.

Tasarımın bir sonraki aşamasında şebeke kullanıcı trafik değerleri belirlendikten sonra bölgelerde üretilen toplam devre ve paket anahtarlama trafik miktarları hesaplanacaktır. Daha sonra elde edilen trafik değerleri ve harici şebeke bağlantılarına göre hangi düğüm fonksiyonlarının hangi bölgelerde olması gerektiği belirlenecektir.

8.2 Genel Çekirdek Şebeke Özellikleri

Tasarım senaryosunda UMTS çekirdek şebekede devre anahtarlama ve paket anahtarlama kullanıcıların sayısı 2000000 olarak kabul edilmiş ve çekirdek şebeke 5 santral bölgeye ayrılmıştır. Kullanıcıların bölgelere göre dağılımı Çizelge 8.1’de olduğu gibi kabul edilmiştir.

Çizelge 8.1 Kullanıcıların bölgelere dağılımı

	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
Kullanıcıların bölgelere dağılımı	%20	%15	%5	%25	%35

Tasarımın bu aşamasında bölgelerdeki devre anahtarlama trafiğin dağılımı belirlenmelidir. Bölgelerde üretilen trafiğin harici telefon şebekelerinde ve UMTS şebekesi içerisinde sonlanma yüzdeleri Çizelge 8.2’de verildiği gibidir.

Çizelge 8.2 Her bölgedeki trafiğin dağılımı

Trafik	1.Bölgedeki trafik dağılımı	2.Bölgedeki trafik dağılımı	3.Bölgedeki trafik dağılımı	4.Bölgedeki trafik dağılımı	5.Bölgedeki trafik dağılımı
Şebeke içi	%70	%60	%75	%50	%80
Harici şebeke	%30	%40	%25	%50	%20

Çizelge 8.3’de Bir bölgedeki devre anahtarlama trafiğin sonlandığı bölge yüzdeleri ise aşağıdaki gibi tasarlanmıştır.

Çizelge 8.3 Trafiğin bölgeler arasındaki dağılımı

Trafik	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
Kendi içinde	%65	%60	%70	%50	%60
Diğer bölgelerde	%35	%40	%30	%50	%40

Çizelge 8.4’de ise bölgelerin hangi harici şebeke ile bağlantı yaptığı gösterilmiştir.

Çizelge 8.4 Bölgelerde harici şebekelerle yapılan bağlantılar

	1. Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
Bağlantılar	İnternet Harici şebeke	İnternet Harici şebeke	İnternet Harici şebeke	İnternet Harici şebeke	İnternet Harici şebeke

8.3 Kullanıcı Trafik Değerleri

Çizelge 8.5’de tasarım için kabul edilen kullanıcı trafik değerleri verilmiştir [2].

Çizelge 8.5 Kullanıcı trafik değerleri

Kullanıcı trafik değerleri	Kabul edilen değerler
B düğümü başına düşen abone sayısı	1000 abone
12.2 Kb/sn ses hızında abone başına ses trafiği	12 m Erlang/abone
Abone başına 64 Kb/sn'lik devre anahtarlama veri trafiği	10m Erlang/abone
Abone başına meşgul zamanda trafik miktarı	4.66 Kb/sn
Arayüz bloklanma olasılığı	%2
Arayüz yumuşak geçiş oranı (SHO)	%40
Devre anahtarlama ses için aktif modda ATM başlığı eklenmiş halde veri hızı	18.9 Kb/sn
Devre anahtarlama ses için sessiz modda ATM başlığı eklenmiş halde veri hızı	4.5 Kb/sn
Konuşma Aktivitesi faktörü	%50
Devre anahtarlama veri için ATM başlığı	%23
Paket anahtarlama veri için ATM başlığı	%30
Arayüz işaretleşmesi	%10

8.4 Trafik Hesapları

Tasarımın bu bölümünde, kullanıcı trafik değerleri göz önüne alınarak hesaplamalar adım adım yapılacaktır.

8.4.1 Her Bölgedeki B Düğümü Sayısı

Bölgelerdeki B düğümü sayısı

B düğümü sayısı = (Bölgedeki kullanıcı sayısı) / (B düğümü sayısı)

formülü ile hesaplanır.

Yapılan hesaplamalar sonucu bölgelerde bulunan B düğümü sayısı Çizelge 8.6'da verildiği gibi olur.

Çizelge 8.6 B düğümlerinin bölgelere dağılımı

	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
B düğümü sayısı	400	300	100	500	700

8.4.2 Bölgelerden Üretilen Trafik Miktarı

B düğümü üzerindeki kullanıcı sayısı 1000 ve devre anahtarlama ses trafiği abone başına 12 mErlang olduğundan B düğümü üzerindeki toplam ses trafiği:

$$1000 \cdot 12 / 1000 = 12 \text{ Erlang}$$

olarak hesaplanır.

Erlang B tablosu yardımı ile arayüz bloklanma olasılığı %2 için devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı 19 olarak bulunur.

SHO parametresinin etkisiyle, Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama ses için gerekli kanal sayısı:

$$19 + (19 * \%40) = 26.6$$

Devre anahtarlama sesin Iub arayüzü üzerinde oluşturduğu kanal sayısı 27 olarak elde edilir.

B düğümü üzerindeki kullanıcı sayısı 1000 ve devre anahtarlama veri trafiği abone başına 10 mErlang olarak düşünüldüğünde B düğümü üzerindeki toplam veri trafiği:

$$1000 * 10 / 1000 = 10 \text{ Erlang}$$

olarak hesaplanır.

Erlang B tablosu yardımı ile arayüz bloklanma olasılığı %2 için devre anahtarlama verinin oluşturduğu kanal sayısı 17 olarak bulunur.

SHO oranı uygulanmış Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama veri için gerekli kanal sayısı:

$$17 + (17 * \%40) = 23.8$$

Devre anahtarlama verinin Iub arayüzü üzerinde oluşturduğu kanal sayısı 24 olarak elde edilir.

Kullanıcı trafik değerlerinde devre anahtarlama ses için veri hızı ATM başlığı eklenmiş sessiz modda 4.5 Kb/sn, aktif modda 18.9 Kb/sn değerindedir.

Kullanıcı trafik değerlerinde konuşma aktivitesi faktörü %50 olduğundan ortalama ses veri hızı:

$$(18.9 * \%50 + 4.5 * \%50) = 11.7 \text{ Kb/sn}$$

Devre anahtarlama ses için ortalama veri hızı 11.7 Kb/sn'dir.

Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama sesin oluşturduğu trafik miktarı

$$11.7 * 27 = 315.9 \text{ Kb/sn}$$

Devre anahtarlama ses için elde edilen toplam trafik miktarı 315.9Kb/sn olarak hesaplanır.

Devre anahtarlama veri servisi için veri hızı 64 Kb/sn olarak verilmişti. Iu arayüzü üzerindeki devre anahtarlama verinin oluşturduğu trafik miktarını hesaplamak için kanal sayısı ile veri hızının çarpılması gerekmektedir.

$$64 * 24 = 1536 \text{ Kb/sn}$$

Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama veri için elde edilen toplam trafik miktarı 1536Kb/sn olarak hesaplanır.

Devre anahtarlama veri için ATM başlığı %23 olarak verilmiştir. Buradan ATM başlığı eklenmiş toplam trafik miktarı:

$$1536 + (1536 * \%23) = 1889.28 \text{ Kb/sn}$$

Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlama verinin ATM başlığı eklenmiş hali ile oluşturduğu toplam trafik miktarı 1889.28 Kb/sn değerindedir.

Arayüz işaretlemesi için gerekli trafik miktarı eklendiğinde Iub arayüzü üzerinde toplam trafik miktarı:

$$(1889.28 + 315.9) + ((1889.28 + 315.9) * \%10) = 2425.69 \text{ Kb/sn}$$

Iub arayüzü üzerindeki toplam devre anahtarlama trafik miktarı 2425.69 Kb/sn değerindedir.

Paket anahtarlama şebekede abone başına meşgul zamanda düşen trafik miktarı 4.66 Kb/sn olarak verilmiştir.

SHO'nun etkisiyle kullanıcı başına paket anahtarlama trafik miktarı:

$$4.66 + (4.66 * \%40) = 6.524 \text{ Kb/sn}$$

Kullanıcı başına paket anahtarlama trafik miktarı 6.524 Kb/sn'dir.

B düğümü üzerindeki paket anahtarlama trafik miktarı:

$$6.524 * 1000 = 6524 \text{ Kb/sn}$$

B düğümü üzerindeki paket anahtarlama trafik miktarı 6524 Kb/sn'dir.

Paket anahtarlama veri için %30 ATM başlığı eklenmiş hali ile toplam trafik miktarı:

$$6524 + (6524 * \%30) = 8481.2 \text{ Kb/sn}$$

Iub arayüzü üzerindeki ATM başlığı eklenmiş hali ile toplam trafik miktarı 8481.2 Kb/sn'dir.

Iub arayüzü üzerindeki paket anahtarlama toplam trafik miktarı %10 arayüz işaretlemesi eklenmelidir. Paket anahtarlama şebekenin Iu arayüzü üzerinde oluşturduğu toplam trafik miktarı:

$$8481.2 + (8481.2 * \%10) = 9329.32 \text{ Kb/sn}$$

Iub arayüzü üzerindeki toplam paket anahtarlama trafik miktarı 9329.32 Kb/sn değerindedir.

Iub arayüzü üzerindeki trafik miktarları ile gerekli kanal sayısı Çizelge 8.7’de verildiği gibidir.

Çizelge 8.7 Iub arayüzü üzerindeki trafik miktarı

Ses Trafığı (Erlang)	Devre anahtarlama veri trafiği (Erlang)	Ses hizmetleri için toplam kanal sayısı	Devre anahtarlama veri servisleri için toplam kanal sayısı	Toplam devre anahtarlama trafik miktarı (Kb/sn)	Toplam paket anahtarlama trafik miktarı (Kb/sn)
12	10	27	24	2425.698	9329.32

Iu arayüzü için yapılacak işlemlerle bölgelerde üretilen trafik ile arayüz trafik miktarı hesaplanacaktır. Dikkat edilmesi gereken Iu arayüzünün devre ve paket anahtarlama olarak ikiye ayrılmıştır.

Birinci bölgede B düğümü sayısı 400 olduğundan bölgedeki toplam ses trafiği:

$$12/1000 * 1000 * 400 = 4800 \text{ Erlang}$$

İkinci bölgede B düğümü sayısı 300 olduğundan bölgedeki toplam ses trafiği:

$$12/1000 * 1000 * 300 = 3600 \text{ Erlang}$$

Üçüncü bölgede B düğümü sayısı 100 olduğundan bölgedeki toplam ses trafiği:

$$12/1000 * 1000 * 100 = 1200 \text{ Erlang}$$

Dördüncü bölgede B düğümü sayısı 500 olduğundan bölgedeki toplam ses trafiği:

$$12/1000 * 1000 * 500 = 6000 \text{ Erlang}$$

Beşinci bölgede B düğümü sayısı 700 olduğundan bölgedeki toplam ses trafiği:

$$12/1000 * 1000 * 700 = 8400 \text{ Erlang}$$

Erlang B tablosu yardımı ile arayüz bloklanma olasılığı %2 için:

Birinci bölgede devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı 4743 olarak bulunur.

İkinci bölgede devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı 3565 olarak bulunur.

Üçüncü bölgede devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı 1206 olarak bulunur.

Dördüncü bölgede devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı 5920 olarak bulunur.

Beşinci bölgede devre anahtarlama sesin oluşturduğu kanal sayısı 8274 olarak bulunur.

Ses için ortalama veri hızının 11.7 Kb/sn olduğu düşünülürse, Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlamalı sesin oluşturduğu trafik miktarı:

Birinci bölgede $11.7 * 4743 = 55.5$ Mb/sn

İkinci bölgede $11.7 * 3565 = 41.7$ Mb/sn

Üçüncü bölgede $11.7 * 1206 = 14.1$ Mb/sn

Dördüncü bölgede $11.7 * 5920 = 69.2$ Mb/sn

Beşinci bölgede $11.7 * 8274 = 96.8$ Mb/sn

Aynı işlemlerin devre anahtarlamalı veri trafiği için de yapılmalıdır.

Birinci bölgede B düğümü sayısı 400 olduğundan bölgedeki toplam veri trafiği:

$10/1000 * 1000 * 400 = 4000$ Erlang

İkinci bölgede B düğümü sayısı 300 olduğundan bölgedeki toplam veri trafiği:

$10/1000 * 1000 * 300 = 3000$ Erlang

Üçüncü bölgede B düğümü sayısı 100 olduğundan bölgedeki toplam veri trafiği:

$10/1000 * 1000 * 100 = 1000$ Erlang

Dördüncü bölgede B düğümü sayısı 500 olduğundan bölgedeki toplam veri trafiği:

$10/1000 * 1000 * 500 = 5000$ Erlang

Beşinci bölgede B düğümü sayısı 700 olduğundan bölgedeki toplam veri trafiği:

$10/1000 * 1000 * 700 = 7000$ Erlang

Erlang B tablosu yardımı ile arayüz bloklanma olasılığı %2 için:

Birinci bölgede devre anahtarlamalı verinin oluşturduğu kanal sayısı 3958 olarak bulunur.

İkinci bölgede devre anahtarlamalı verinin oluşturduğu kanal sayısı 2976 olarak bulunur.

Üçüncü bölgede devre anahtarlamalı verinin oluşturduğu kanal sayısı 1009 olarak bulunur.

Dördüncü bölgede devre anahtarlamalı verinin oluşturduğu kanal sayısı 4939 olarak bulunur.

Beşinci bölgede devre anahtarlamalı verinin oluşturduğu kanal sayısı 6901 olarak bulunur.

Devre anahtarlamalı veri için veri hızı 64 Kb/sn olduğu düşünülürse, Iub arayüzü üzerindeki devre anahtarlamalı verinin oluşturduğu trafik miktarı:

Birinci bölgede $64 * 3958 = 253.3$ Mb/sn

İkinci bölgede $64 * 2976 = 190.5 \text{ Mb/sn}$

Üçüncü bölgede $64 * 1009 = 64.5 \text{ Mb/sn}$

Dördüncü bölgede $64 * 4939 = 316.1 \text{ Mb/sn}$

Beşinci bölgede $64 * 6901 = 441.6 \text{ Mb/sn}$

%23 ATM başlığı eklenmiş devre anahtarlamalı verinin bölgelerde oluşturacağı trafik miktarı ise:

Birinci bölgede $(1 + \%23) * 253.3 = 311.5 \text{ Mb/sn}$

İkinci bölgede $(1 + \%23) * 190.5 = 243.3 \text{ Mb/sn}$

Üçüncü bölgede $(1 + \%23) * 64.5 = 79.3 \text{ Mb/sn}$

Dördüncü bölgede $(1 + \%23) * 316.1 = 388.8 \text{ Mb/sn}$

Beşinci bölgede $(1 + \%23) * 441.6 = 543.1 \text{ Mb/sn}$

değerlerini alır.

%10 arayüz işaretlemesi eklendiğinde devre anahtarlamalı lu arayüzleri üzerindeki toplam devre anahtarlamalı trafik miktarı bulunur.

Birinci bölgede $(55.5 + 311.5) + ((55.5 + 311.5) * \%10) = 403.7 \text{ Mb/sn}$

İkinci bölgede $(41.7 + 243.3) + ((41.7 + 243.3) * \%10) = 313.5 \text{ Mb/sn}$

Üçüncü bölgede $(14.1 + 79.3) + ((14.1 + 79.3)) = 102.7 \text{ Mb/sn}$

Dördüncü bölgede $(69.2 + 388.8) + ((69.2 + 388.8) \%10) = 503.8 \text{ Mb/sn}$

Beşinci bölgede $(96.8 + 543.1) + ((96.8 + 543.1) * \%10) = 703.9 \text{ Mb/sn}$

Paket anahtarlamalı şebekede abone başına meşgul zamanda düşen trafik miktarı 4.66 Kb/sn olarak verilmişti. SHO bu arayüzde gerçekleşmediği için bu trafik miktarı kullanıcı başına paket anahtarlamalı trafik olarak kullanılacaktır.

Birinci bölgede B düğümü sayısı 400 olduğundan bölgedeki paket anahtarlamalı trafik miktarı:

$4.66 * 1000 * 400 = 1864 \text{ Mb/sn}$

İkinci bölgede B düğümü sayısı 300 olduğundan bölgedeki paket anahtarlamalı trafik miktarı:

$4.66 * 1000 * 300 = 1398 \text{ Mb/sn}$

Üçüncü bölgede B düğümü sayısı 100 olduğundan bölgedeki paket anahtarlama trafiki miktarı:

$$4.66 * 1000 * 100 = 466 \text{ Mb/sn}$$

Dördüncü bölgede B düğümü sayısı 500 olduğundan bölgedeki paket anahtarlama trafiki miktarı:

$$4.66 * 1000 * 500 = 2330 \text{ Mb/sn}$$

Beşinci bölgede B düğümü sayısı 700 olduğundan bölgedeki paket anahtarlama trafiki miktarı:

$$4.66 * 1000 * 700 = 3262 \text{ Mb/sn}$$

Paket anahtarlama veri için %30 ATM başlığı eklenmiş hali ile toplam trafik miktarı:

$$\text{Birinci bölgede } (1 + \%30) * 1864 = 2423.2 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{İkinci bölgede } (1 + \%30) * 1398 = 1817.4 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{Üçüncü bölgede } (1 + \%30) * 466 = 605.8 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{Dördüncü bölgede } (1 + \%30) * 2330 = 3029 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{Beşinci bölgede } (1 + \%30) * 3262 = 4240.6 \text{ Mb/sn}$$

Iu arayüzü üzerindeki paket anahtarlama toplam trafik miktarına %10 arayüz işaretlemesi eklenmelidir. Paket anahtarlama şebekenin Iu arayüzü üzerinde oluşturduğu toplam trafik miktarı:

$$\text{Birinci bölgede } (1 + \%10) * 2423.2 = 2665.5 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{İkinci bölgede } (1 + \%10) * 1817.4 = 1998.7 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{Üçüncü bölgede } (1 + \%10) * 605.8 = 666.3 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{Dördüncü bölgede } (1 + \%10) * 3029 = 3331.9 \text{ Mb/sn}$$

$$\text{Beşinci bölgede } (1 + \%10) * 4240.6 = 4664.6 \text{ Mb/sn}$$

Bölgelerde üretilen trafik ile arayüzler üzerindeki trafik miktarı Çizelge 8.8'deki hali alır.

Çizelge 8.8 Iu arayüzü üzerindeki trafik miktarı

	Ses Trafığı (Erlang)	Devre anahtarlama veri trafiği (Erlang)	Ses hizmetleri için toplam kanal sayısı	Devre anahtarlama veri servisleri için toplam kanal sayısı	Toplam devre anahtarlama trafik miktarı (Mb/sn)	Toplam paket anahtarlama trafik miktarı (Mb/sn)
1.Bölge	4800	4000	4743	3958	403.7	2665.5
2.Bölge	3600	3000	3565	2976	313.5	1998.7
3.Bölge	1200	1000	1206	1009	102.7	666.3
4.Bölge	6000	5000	5920	4939	503.8	3331.9
5.Bölge	8400	7000	8274	6901	703.9	4664.6

8.4.3 Çekirdek Şebeke Düzümlerinin Yerleştirilmesi

Bu aşamada bölgelerde üretilen trafik değerleri ve Çizelge 7.4’de verilen bölgelerdeki harici şebeke bağlantı noktaları göz önüne alınarak şebeke cihazlarının hangi bölgelere yerleştirileceğine karar verilmelidir. Tasarımda her bir bölgenin harici paket ve devre anahtarlama şebekelere bağlantısı bulunmaktadır.

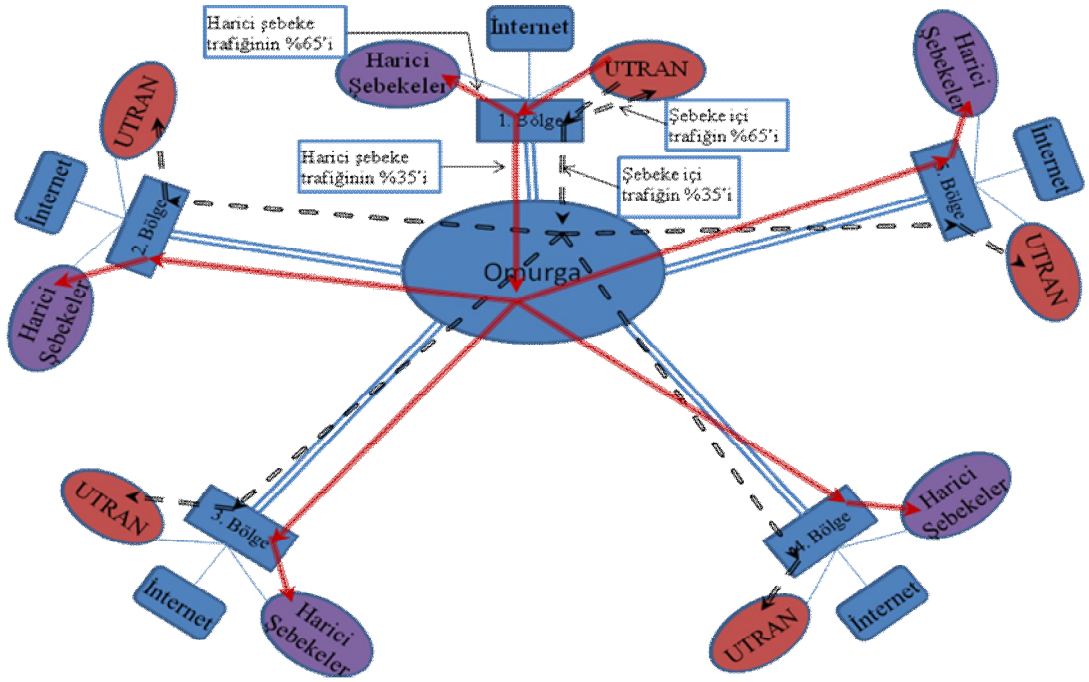
Şebeke cihazlarının bölgelere dağılımları Çizelge 8.9’da verildiği gibi olacaktır.

Çizelge 8.9 Şebeke düğümlerinin bölgelere göre dağılımı

	1. Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
Devre anahtarlama trafik	MGW	MGW	MGW	MGW	MGW
Paket anahtarlama trafik	SGSN GGSN	SGSN GGSN	SGSN GGSN	SGSN GGSN	SGSN GGSN

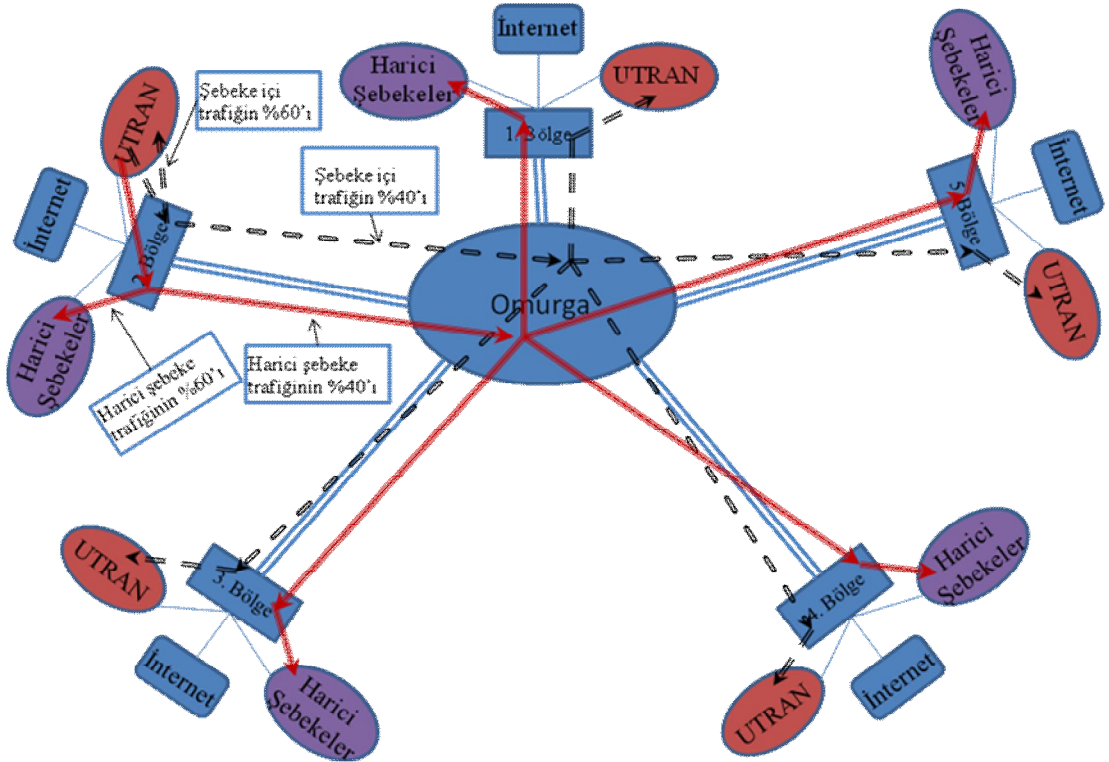
8.4.4 Devre anahtarlama Şebeke Tasarımı

Tasarımın bu aşamasında şebeke içi trafik ile harici şebekelere olan trafiğin bölgeler arasında nasıl taşındığını hesaplanacaktır. Bu amaçla her bir bölgenin diğer bölgelerle yaptığı bağlantının gösterilmesi gerekmektedir. Şekil 8.1’de 1. bölgedeki trafiğin dağılımı gösterilmektedir.

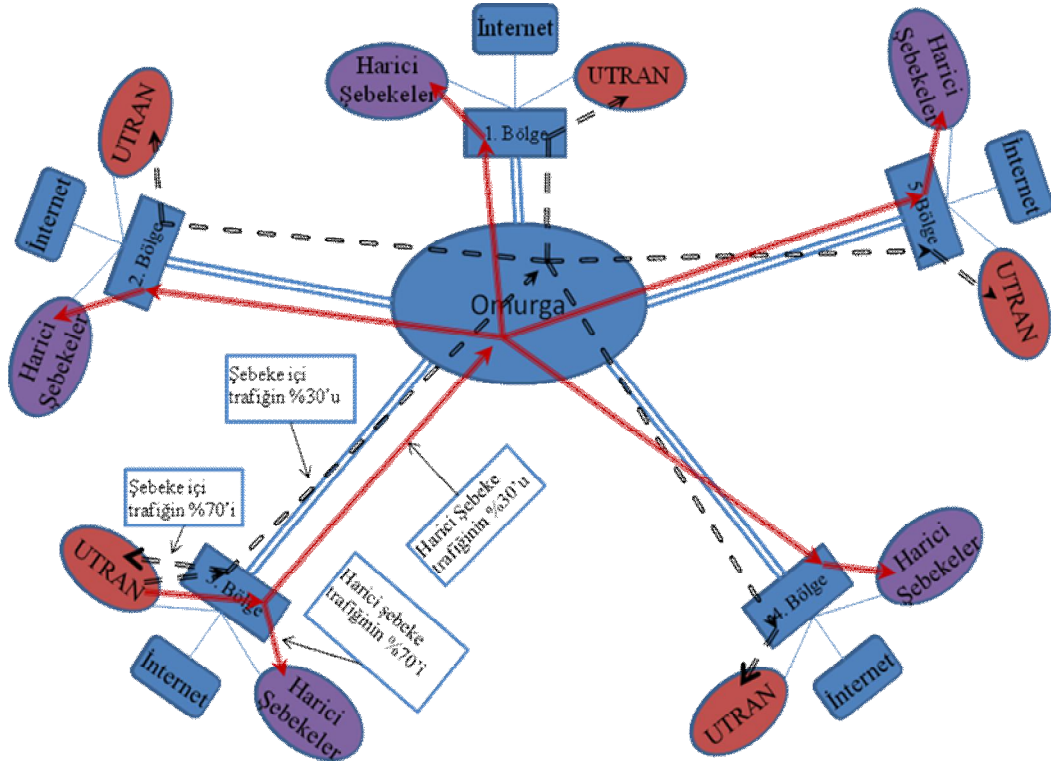


Şekil 8.1 1. Bölgedeki trafiğin dağılımı

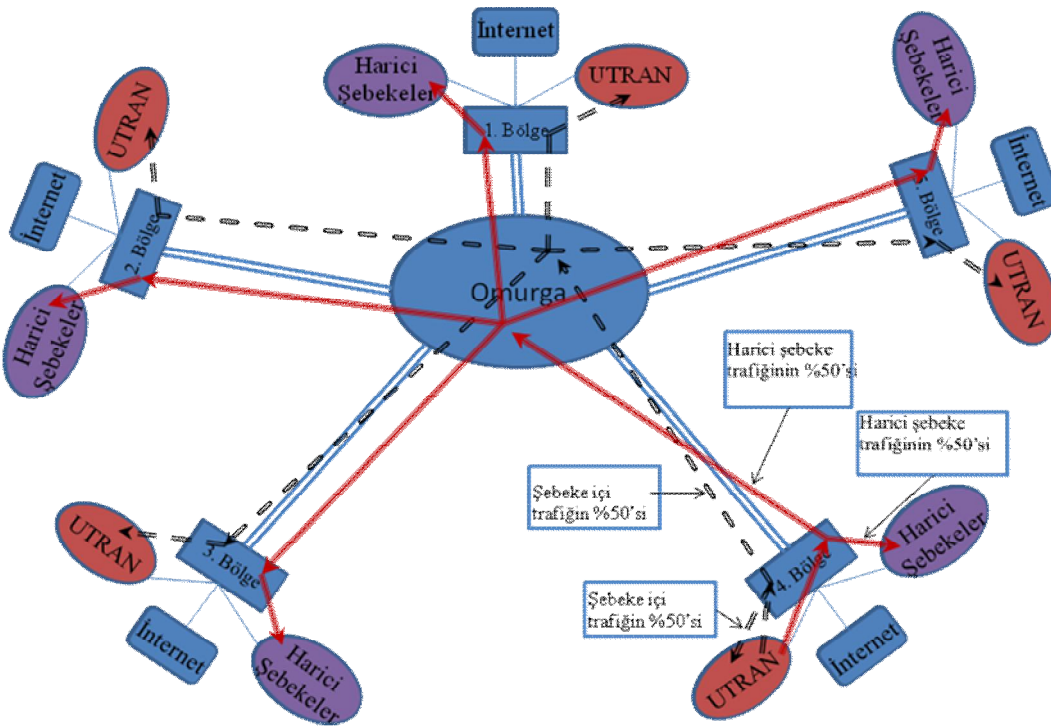
Aynı şekilde Şekil 8.2, Şekil 8.3, Şekil 8.4 ve Şekil 8.5’de diğer bölgeler için trafiğin dağılımı gösterilmektedir.



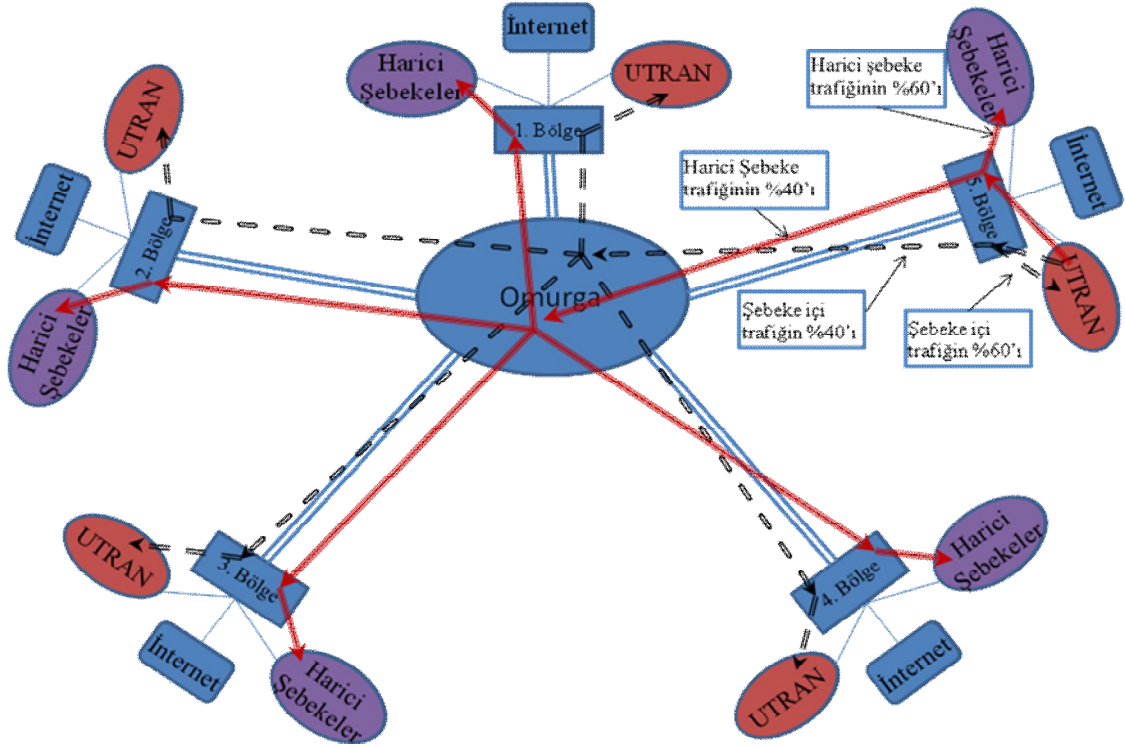
Şekil 8.2 2. bölgedeki trafiğin dağılımı



Şekil 8.3 3. bölgedeki trafiğin dağılımı



Şekil 8.4 4. bölgedeki trafiğin dağılımı



Şekil 8.5 5. bölgedeki trafiğin dağılımı

Yukarıdaki trafik dağılımları ile bir bölgedeki mobil kullanıcıdan harici şebekelere olan trafik

Bölge harici trafik = Bölge trafik toplamı * Dış trafik yüzdesi

formülü ile hesaplanabilir.

Bu hesaplama yöntemine göre her bir bölgedeki harici şebeke trafik değerleri Ek 1'de verildiği gibi olacaktır.

Ek 1'de elde edilen değerlerden yararlanarak harici şebeke trafiğinin bölgeler arasındaki dağılımı Çizelge 8.10'da verildiği gibi olur.

Çizelge 8.10 Harici şebeke trafiğinin bölgeler arasındaki dağılımı

Harici şebekeler			1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
			%20	%15	%5	%25	%35
1.Bölge	2640	%20	1716	173.25	57.75	288.75	404.25
2.Bölge	2760	%15	260	1656	65	325	455
3.Bölge	550	%5	34.73	26	385	43.4	60.76
4.Bölge	5500	%25	733.33	550	183.3	2750	1283.1
5.Bölge	3080	%35	379	284.25	94.75	847.1	1129.48
TOPLAM TRAFİK (Erlang)			3123	2689.5	785.8	4254.25	3332.6

Devre anahtarlama trafikinin hesaplanmasındaki son adım bölgelerdeki toplam şebeke içi mobil kullanıcı trafikinin hesaplanmasıdır. Daha önce bölgelerdeki mobil trafik yüzdeleri verilmişti. Bu oranlardan yararlanarak bölgeler arası mobil trafik:

Bölge şebeke içi trafik = Toplam trafik * (%) şebeke içi trafik

formülü ile hesaplanacaktır

Bu hesaplama yöntemine göre her bir bölgede üretilen şebeke içi trafik değerleri Ek 2’de verildiği gibidir.

Ek 2’den elde edilen değerlerden yararlanarak şebeke içi mobil trafikinin bölgeler arasındaki dağılımı Çizelge 8.11’de verildiği gibi olur.

Çizelge 8.11 Şebeke içi mobil trafikinin bölgeler arasındaki dağılımı

ŞEBEKE İÇİ MOBİL			1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
			%20	%15	%5	%25	%35
1.Bölge	6160	%20	4004	404.25	134.75	673.75	943.25
2.Bölge	3960	%15	372.68	2376	93.17	465.85	652.19
3.Bölge	1650	%5	104	78	1155	130	182
4.Bölge	5500	%25	733.2	550	183.3	2750	1283.1
5.Bölge	12320	%35	1516	1137	379	990.76	7392
TOPLAM TRAFİK (Erlang)			6729.88	4545.25	1945.22	5010.36	10452.54

Tasarımın bu aşamasında elde edilen bu sonuçlara göre tasarlanan devre anahtarlama şebeke içerisindeki her bir bölge üzerindeki toplam trafik hesaplanacaktır.

Elde edilen sonuçlara göre ve Çizelge 8.12’de verilen MGW ürün paket değerine göre uygun sayıda MGW’ler seçilerek devre anahtarlama şebeke tasarımı tamamlanacaktır [33].

Çizelge 8.12 MGW ürünleri ve Erlang kapasiteleri

UMTS MGW Ürün Paketi		
MGW	Erlang	ATM Arayüzü
MGW 1	18000	STM-1

Hesaplamalar sonucunda her bir bölgede elde edilen toplam trafik değerleri:

1.Bölge toplam trafik: 3123+ 6729.88= 9852.88 Erlang

2.Bölge toplam trafik: 2689.5+ 4545.25= 7234.75 Erlang

3.Bölge toplam trafik: 785.8+ 1945.22= 2704.02 Erlang

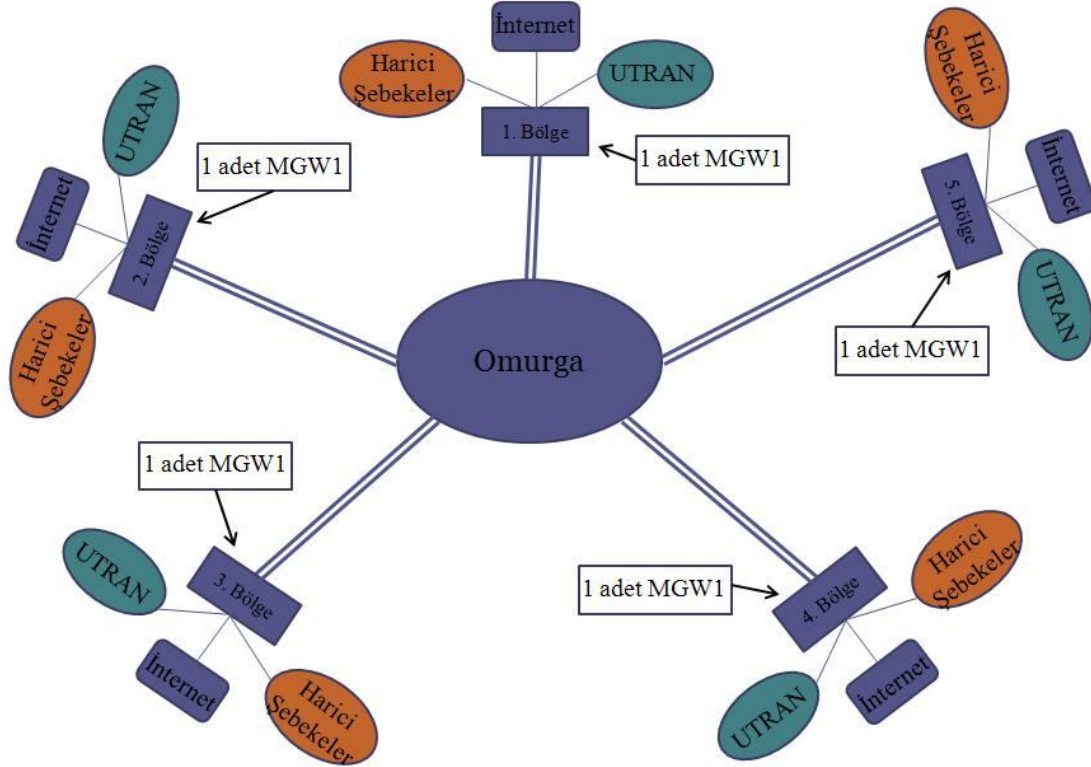
4.Bölge toplam trafik: 4254.25+ 5010.36= 9264.61 Erlang

5.Bölge toplam trafik: $3332.6 + 10452.54 = 13785.14$ Erlang

olarak elde edilir.

Bu sonuçlar altında her bir bölge için 1 adet MGW 1 yerleştirmek yeterli olacaktır.

Tasarlanacak şebekeye MGW düğümlerinin eklenmesi ile çekirdek şebeke Şekil 8.6'daki şekli alacaktır.



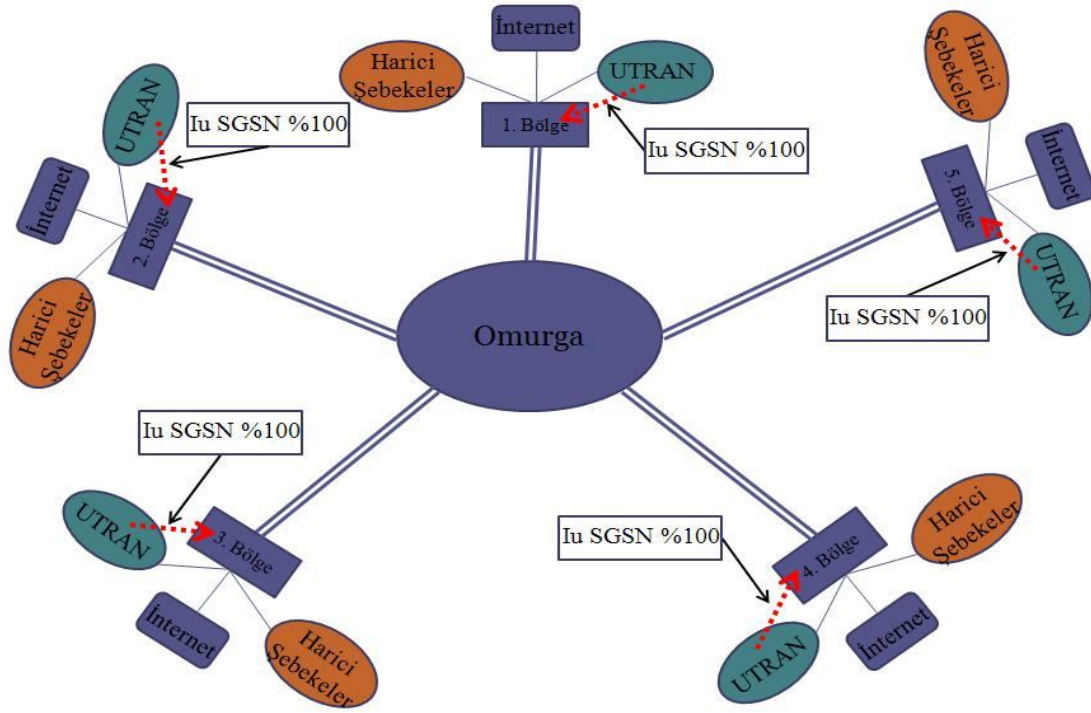
Şekil 8.6 Şebekeye MGW düğümlerinin eklenmesi

8.4.5 Paket Anahtarlama Şebeke Tasarımı

Paket anahtarlama şebeke tasarımında ilk basamak bölgeler arasındaki trafik dağılımının incelenmesidir. Şebeke cihazlarının bölgelere göre dağılımının açıklandığı Çizelge 7.8'den de görüleceği gibi SGSN ve GGSN cihazları bütün bölgelerde bulunacaktır.

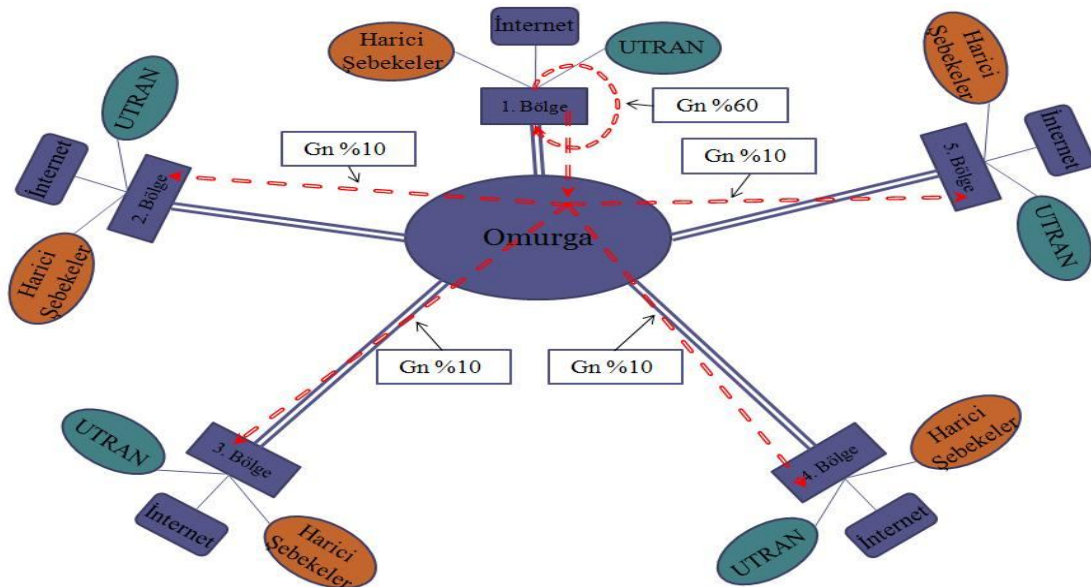
Bu varsayımlar ışığında ilk olarak her bir bölgede üretilen paket anahtarlama trafik önce SGSN şebeke elemanında işleme sokulacağından tüm bölgeler arasında paket anahtarlama Iu arayüzü ile taşınan bir SGSN trafiği oluşacaktır.

Şekil 8.7'de Her bir bölge için paket anahtarlama Iu arayüzü ile taşınan SGSN trafiğinin dağılımı verilmiştir.

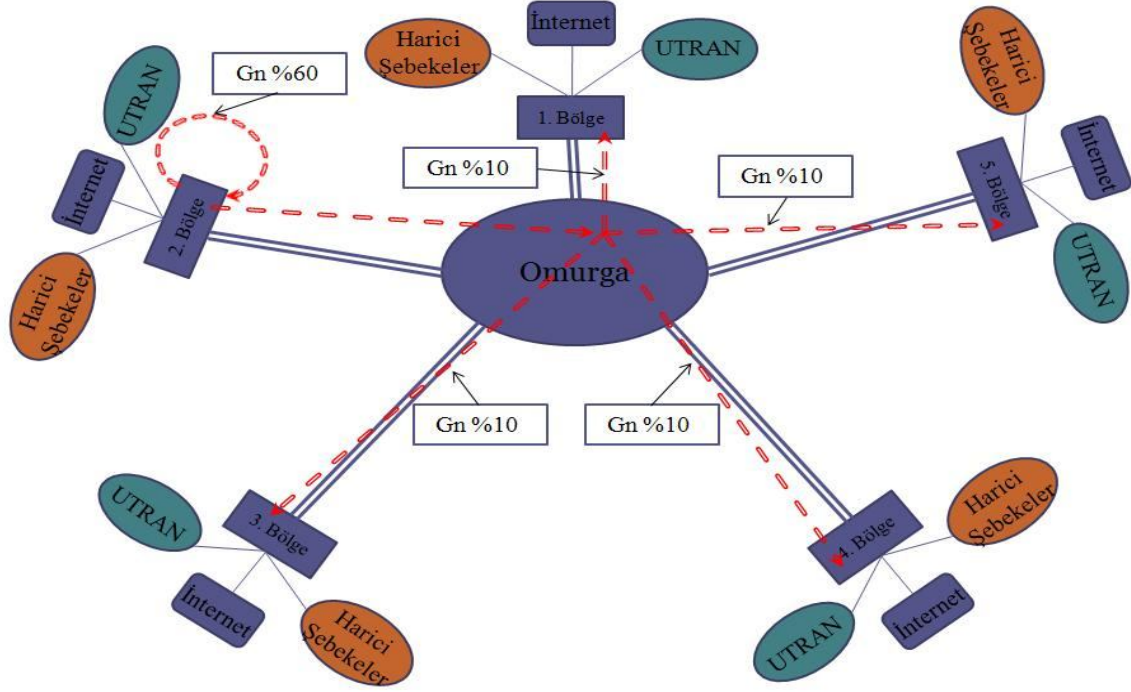


Şekil 8.7 Her bölgede SGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğinin dağılımı

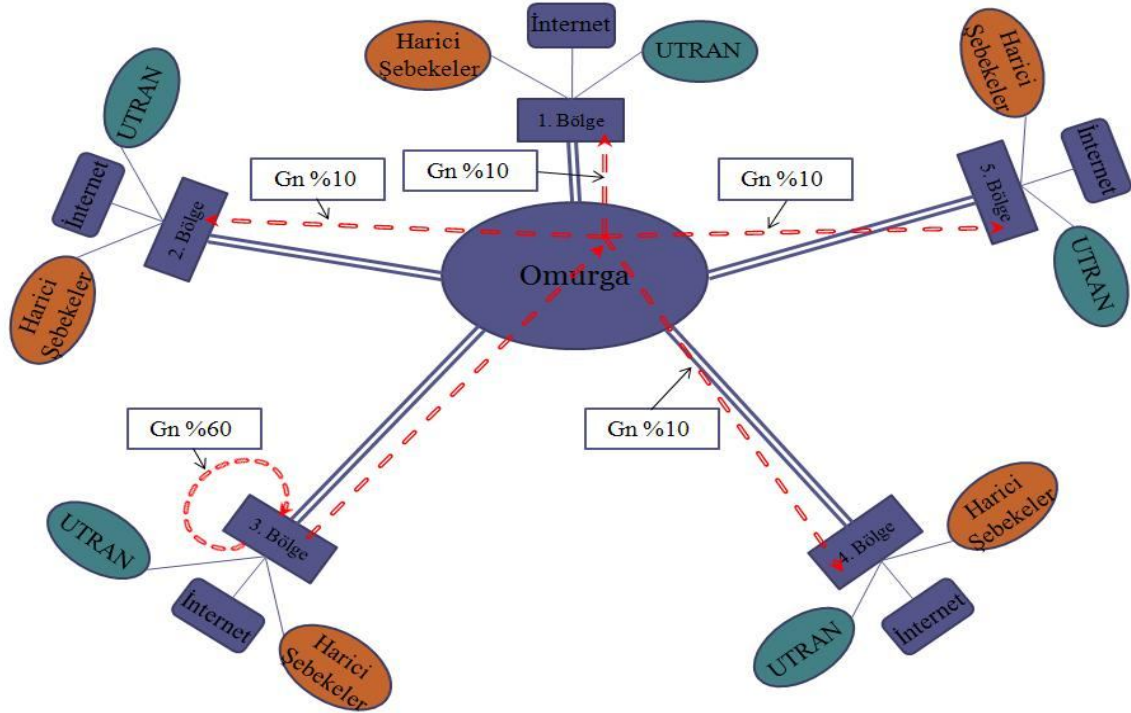
Tasarım kabullerinde SGSN ve GGSN olan bölgeler arasında Gn arayüzü ile oluşacak SGSN-GGSN trafiğinin dağılımı ise Şekil 8.8, Şekil 8.9, Şekil 8.10, Şekil 8.11 ve Şekil 8.12'de verildiği gibi olacaktır.



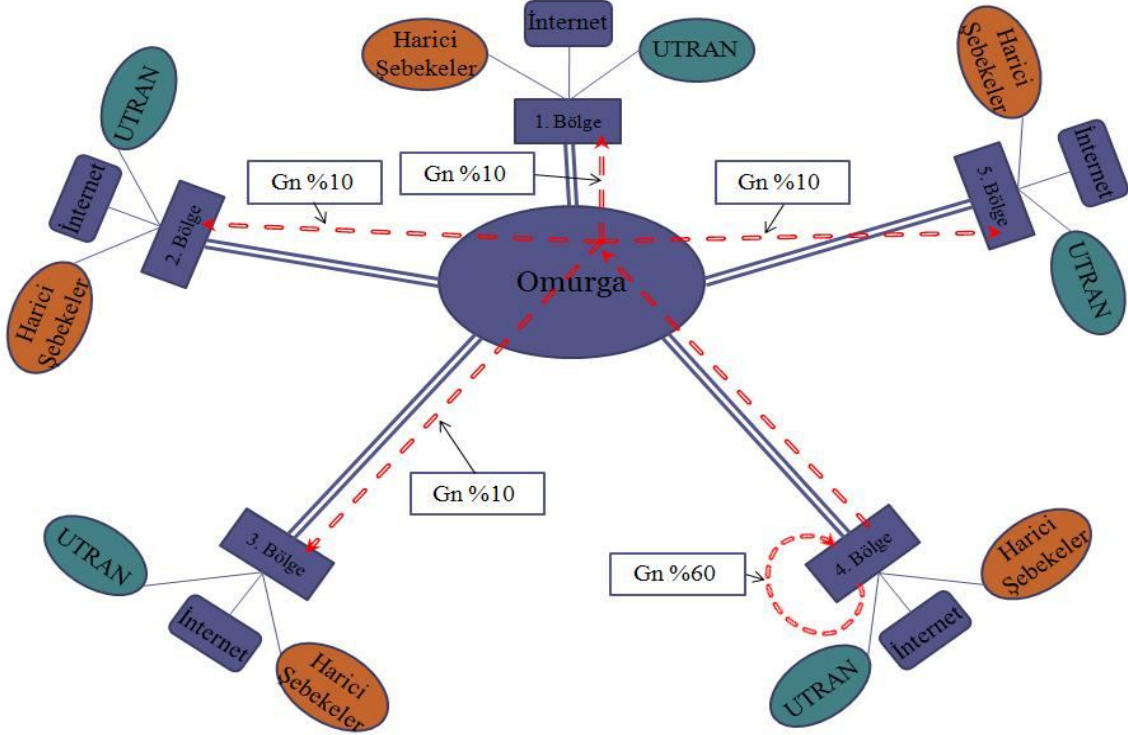
Şekil 8.8 1.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğinin dağılımı



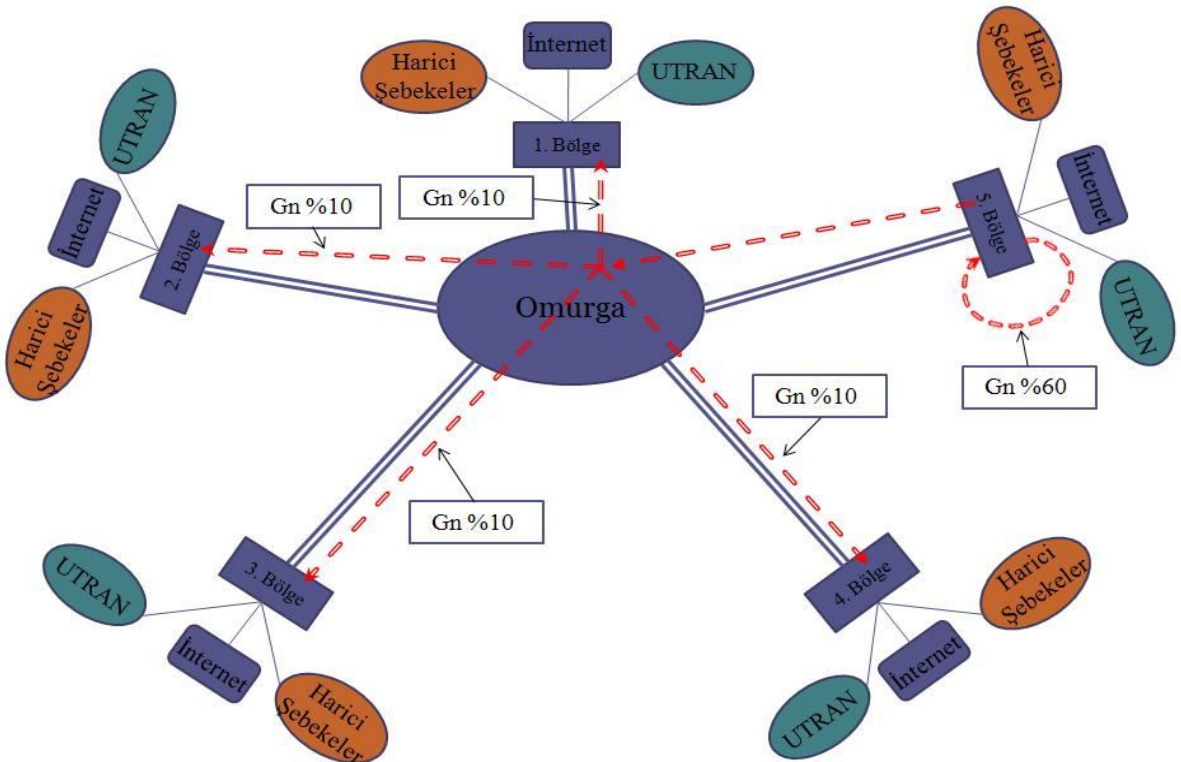
Şekil 8.9 2.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğinin dağılımı



Şekil 8.10 3.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğinin dağılımı



Şekil 8.11 4.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğinin dağılımı



Şekil 8.12 5.Bölgeden GGSN'lere doğru olan paket anahtarlama trafiğinin dağılımı

Bölgelerde paket anahtarlama trafiki miktarı Çizelge 8.8’de verildiği gibidir. Paket anahtarlama trafiğinin bölgelere göre dağılımı Şekil 8.10’da verilmiştir. Her bir bölgede üretilen paket anahtarlama trafiki aynı bölgedeki SGSN’de sonlanacaktır.

Bu sonuçlar altında her bölgedeki paket anahtarlama trafiki kendi bölgesinden üretilen paket anahtarlama trafiğe eşit olacaktır.

Bu formülden yararlanarak paket anahtarlama trafiğinin dağılımı

1.Bölge için:

1.Bölge: 2665.5 Mb/sn

2.Bölge için:

2.Bölge: 1998.7 Mb/sn

3.Bölge için:

3.Bölge: 666.3 Mb/sn

4.Bölge için:

4.Bölge: 3331.9 Mb/sn

5.Bölge için:

5.Bölge: 4664.6 Mb/sn

olarak bulunacaktır.

GGSN cihazında bölgeler arasında Gn arayüzü ile oluşacak SGSN-GGSN trafiğinin oluşturacağı trafik miktarı:

Bölge paket anahtarlama trafiki = (Bölge Gn trafiki %) + (Diğer bölge Gn trafiki%)

formülü ile hesaplanacaktır.

Buradan GGSN cihazları üzerindeki trafik miktarı

1.Bölge için:

1. Bölge paket anahtarlama trafiki = $(2665.5 * \%60) + (1998.7 * \%10) + (666.3 * \%10) + (3331.9 * \%10) + (4664.6 * \%10)$

1. Bölge paket anahtarlama trafiki = 2665.45 Mb/sn

2.Bölge için:

$$2. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = (2665.5 * \%10) + (1998.7 * \%60) + (666.3 * \%10) + (3331.9 * \%10) + (4664.6 * \%10)$$

$$2. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = 2332.05 \text{ Mb/sn}$$

3.Bölge için:

$$3. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = (2665.5 * \%10) + (1998.7 * \%10) + (666.3 * \%60) + (3331.9 * \%10) + (4664.6 * \%10)$$

$$3. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = 1665.85 \text{ Mb/sn}$$

4.Bölge için:

$$4. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = (2665.5 * \%10) + (1998.7 * \%10) + (666.3 * \%10) + (3331.9 * \%60) + (4664.6 * \%10)$$

$$4. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = 2998.65 \text{ Mb/sn}$$

5.Bölge için:

$$5. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = (2665.5 * \%10) + (1998.7 * \%10) + (666.3 * \%10) + (3331.9 * \%10) + (4664.6 * \%60)$$

$$5. \text{ Bölge paket anahtarlama trafiki} = 3665 \text{ Mb/sn}$$

Ayrıca SGSN kapasitelerini etkileyen diğer faktörler olan aynı anda sisteme bağlanan kullanıcı sayısı %50 ve PDP anahtarlama 1 PDP anahtarlama/abone olarak kabul edilirse [33]

Elde edilen değerler sonucunda paket anahtarlama trafiğinin dağılımı Çizelge 8.13’de verildiği gibi olacaktır.

Çizelge 8.13 Paket anahtarlama trafiğinin dağılımı

	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
SGSN üzerindeki trafik miktarı (Mb/sn)	2665.5	1998.7	666.3	3331.9	4664.6
Aynı anda sisteme bağlanan kullanıcı sayısı	200000	150000	50000	250000	350000
PDP anahtarlama	400000	300000	100000	500000	700000
GGSN üzerindeki trafik miktarı (Mb/sn)	2665.45	2332.05	1665.85	2998.65	3665

Tasarımın bu aşamasında elde edilen sonuçlara göre Çizelge 8.14’de verilen SGSN ve GGSN ürün paket değerlerine göre seçilerek paket anahtarlama şebekede bu cihazlardan kaç adet kullanılması gerektiği ortaya konulacaktır [33].

Çizelge 8.14 SGSN GGSN ürünleri kapasiteleri

GSN Kapasite Değerleri			
SGSN	Mb/sn	PDP Bağlamı	SAU
SGSN 1	900	600000	300000
GGSN	Mb/sn	PDP Bağlamı	
GGSN 1	140	600000	

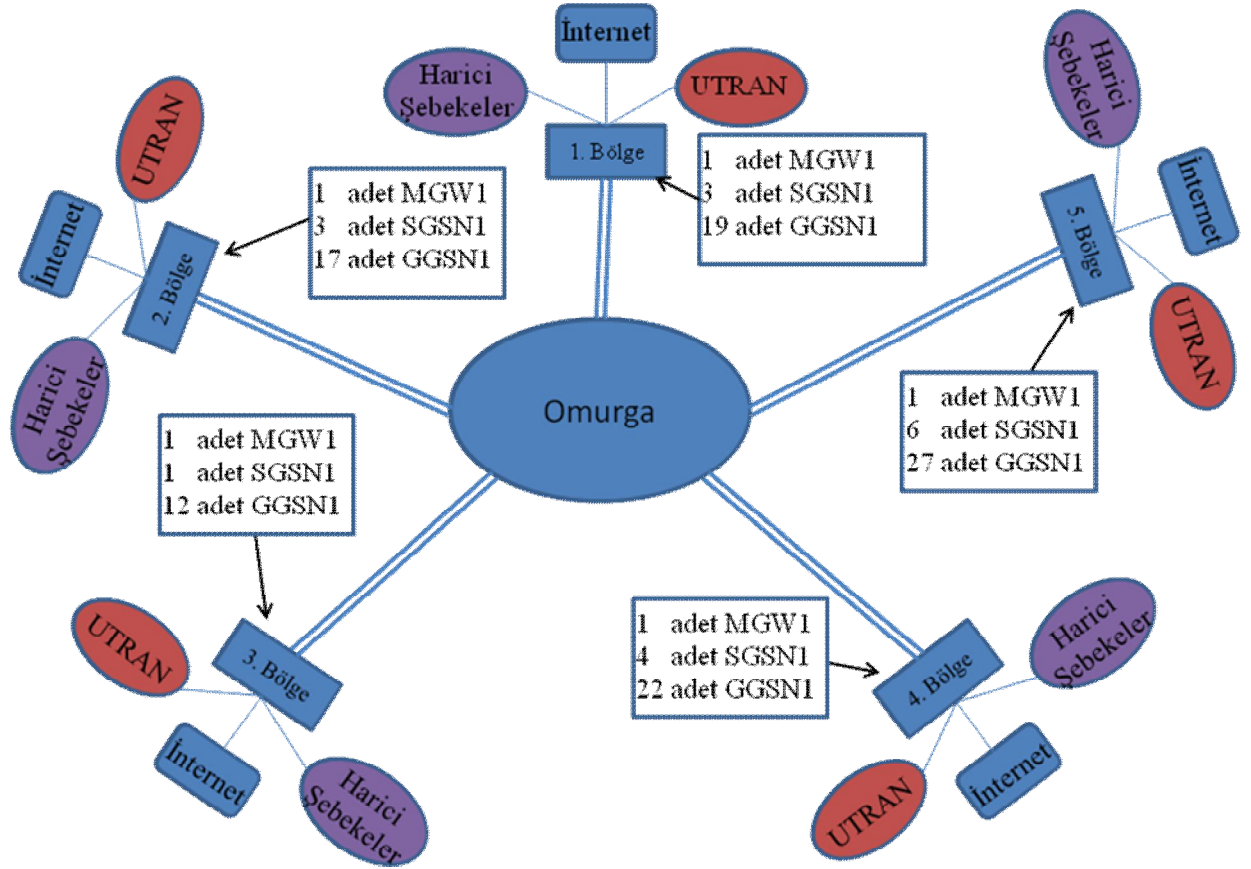
Yukarıdaki şekillerde verilen kapasite değerlerine göre SGSN ve GGSN sayıları Ek 3’de verildiği gibi hesaplanmıştır.

Ek 3’deki hesaplamalar incelendiğinde bütün bölgelerde hem SGSN için hem de GGSN için sınırlayıcı kapasite özelliğinin paket işleme hızı olduğu görülmektedir.

Çizelge 8.15 Gerekli SGSN ve GGSN sayıları

	1. Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	5.Bölge
SGSN Sayısı	3	3	1	4	6
GGSN Sayısı	19	17	12	22	27

SGSN ve GGSN sayılarının belirlenmesi ile tasarlanan şebekenin görünümü ise Şekil 7.13’de verildiği gibi olacaktır.



Şekil 8.13 MGW ve GSN düğümlerinin şebekedeki yeri ve sayısı

8.4.6 MSC, HLR/AUC Sayılarının hesaplanması

Kontrol katmanı elemanları olan MSC, HLR ve AUC sayıları şebekedeki kullanıcı sayılarına bağlıdır. Tasarımda kullanılacak MSC şebeke elemanı ve birleştirilmiş HLR/AUC elemanlarının kapasiteleri Çizelge 8.16 ve Çizelge 8.17’de verildiği gibidir [33].

Çizelge 8.16 MSC kapasitesi

MSC/VLR	MSC 1
UMTS Kullanıcı Sayısı	455000
Trafik Kapasitesi (Erlang)	11540

Çizelge 8.17 HLR/AUC kapasitesi

HLR/AUC	HLR/AUC 1
UMTS Kullanıcı Sayısı	2165000

Çizelge değerlerine göre gerekli MSC sunucusu:

UMTS kullanıcı sayısına göre:

$$2000000/455000 = 4.39 \approx 5 \text{ MSC sunucusu}$$

Trafik kapasitesine göre:

$$\text{Şebekedeki toplam trafik} = 34100 \text{ Erlang}$$

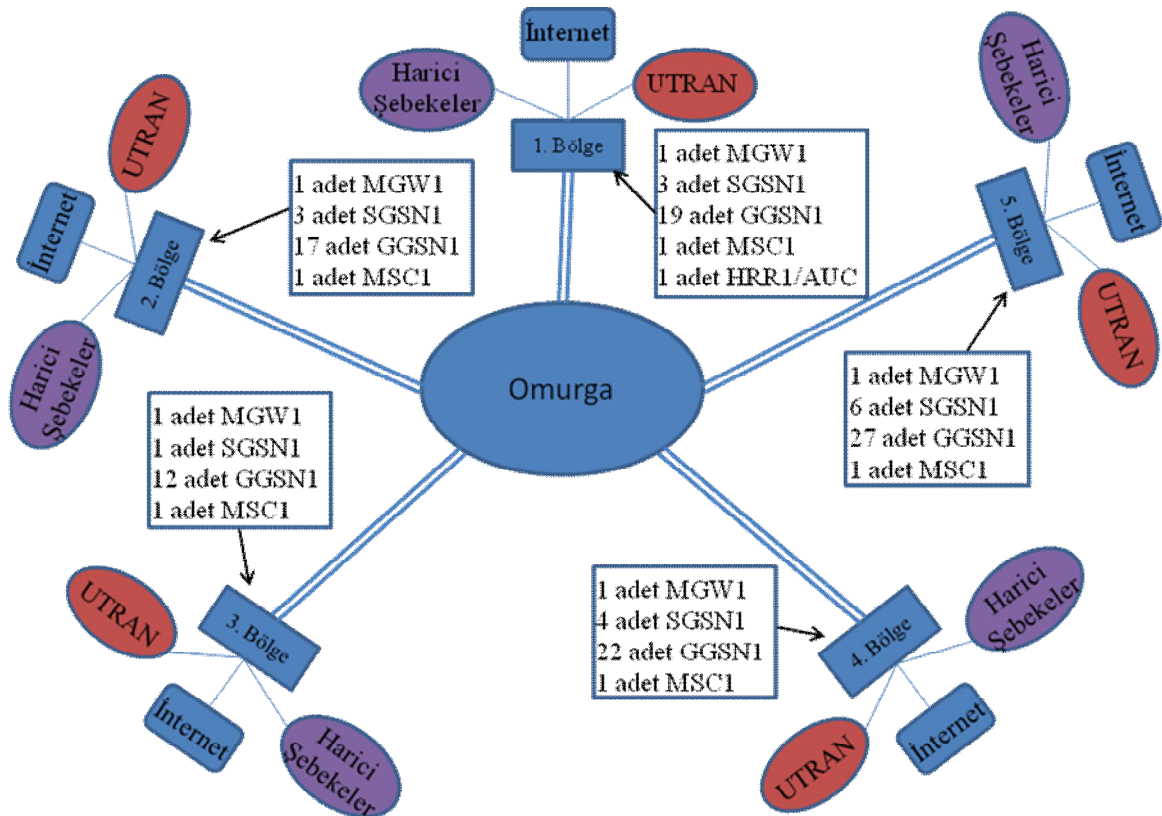
$$34100 / 11540 = 2.95 \approx 3 \text{ MSC sunucusu}$$

Hesaplamalardan görüldüğü gibi MSC şebeke elemanı sayısında belirleyici faktör UMTS kullanıcı sayısıdır.

HLR/AUC sayısı ise:

$$2000000 / 2165000 = 0.92 \approx 1 \text{ HLR/AUC olarak bulunur.}$$

Tasarlanan şebekeye MSC şebeke elemanı ve HLR/AUC eklenmiş hali ise Şekil 8.14'de verildiği gibi olacaktır. Tasarımda HLR/AUC elemanları 1. bölgeye eklenmiş, MSC cihazı ise her bölgeye bir tane düşecek şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 8.14 MSC ve HLR cihazının şebekeye yerleştirilmesi

8.5 ATM Omurga Şebekesinin Tasarımı

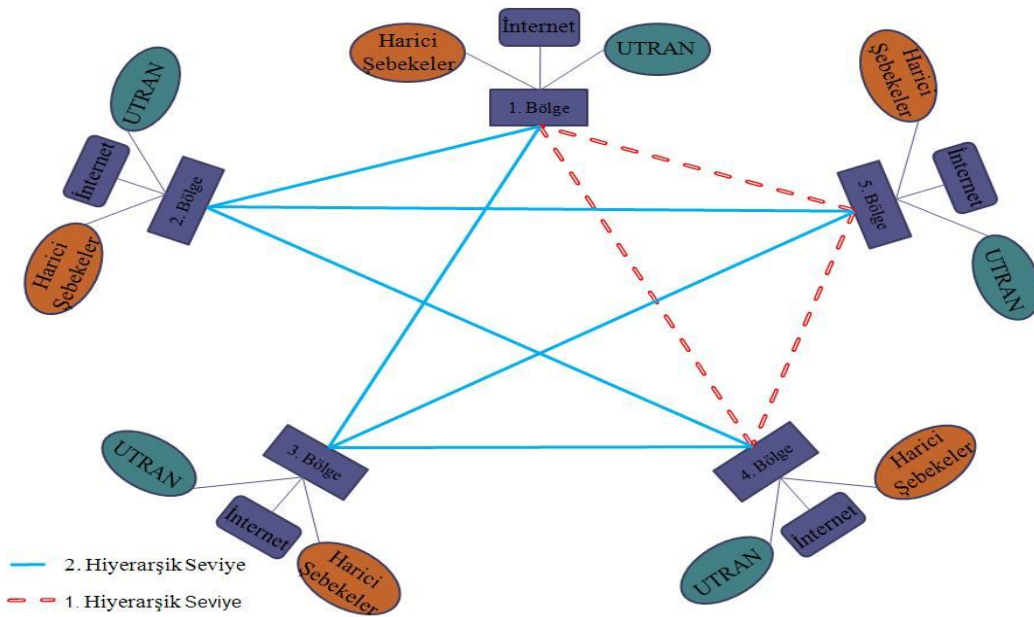
Tasarlanan şebekedeki bölgeler arasındaki trafiği taşıyacak olan omurga şebekesi tasarlanacaktır. Omurga şebekesi olarak UMTS şebekelerinde kullanılan ve IP taşıma şebekesinde de kolayca kullanılabilecek olan ATM taşıma şebekesi seçilmiştir.

8.5.1 Omurga Şebeke Topolojisi

Tasarımı yapılan şebekenin genişlemesinin daha kolay yapılabilmesi için hiyerarşik topoloji seçilmiştir. Tasarlanan şebekede bu amaçla iki hiyerarşik seviye belirlenmiştir.

Hiyerarşik topolojide alt seviyedeki düğümler sadece bir üst seviyedeki düğümler ile doğrudan fiziksel bağlantı sağlayabilir. Aynı seviyedeki düğümler üst seviye düğümleri aracılığı ile birbirine lojik olarak bağlanabilirler. Birinci hiyerarşik seviyedeki kontrol düğümleri trafiğin yüksek olduğu 1. bölge, 4.bölge ve 5. bölgelere yerleştirilmiştir. İkinci hiyerarşik seviyenin kontrol düğümleri ise 2. bölge ve 3. bölgelerde bulunacaktır.

Tasarımda birinci seviyedeki 1. bölge, 4.bölge ve 5. bölge birbirine fiziksel olarak bağlanacak, 2. bölge ve 3. bölge ise sadece 1. seviyedeki bölgelere bağlanacaktır. Yapılan tasarımın ışığında omurga şebeke topolojisi Şekil 8.15 şeklini alacaktır.



Şekil 8.15 ATM omurga şebeke topolojisi

8.5.2 ATM Hatlarında Bölgeler Arası Trafik

Bu aşamada ATM hatları üzerinde ne kadar trafik yükü olacağı hesaplanacaktır.

ATM hatlarında kullanılacak arayüzlerde Iu arayüzünde kullanılan ATM başlığı yüzdesi,

işaretleşme yüzdesi ve bloklanma olasılığı parametreleri aynı olduğundan Iu arayüzü için hesaplanan trafik miktarları geçerli olacaktır.

8.5.2.1 Devre Anahtarlama Trafik için Trafik Miktarı

ATM hatlarında oluşacak trafik miktarını hesaplamak için ilk olarak devre anahtarlama trafiğinin oluşturduğu trafik yükü hesaplanmalıdır. İki bölge arasındaki trafik miktarı formülü:

$$\text{Toplam hat yükü (bölge } xy) = \text{Trafik miktarı (bölge } x-y) + \text{Trafik miktarı (bölge } y-x)$$

olarak kullanılacaktır.

Devre anahtarlama trafik için trafik miktarı hesaplamaları Ek 4’de verilmiştir.

Ek 4’de elde edilen sonuçlar altında ATM hatları üzerinde toplanan devre anahtarlama trafik miktarı Çizelge 8.18’deki gibi olacaktır.

Çizelge 8.18 ATM hatları üzerindeki toplam devre anahtarlama trafik miktarı

Devre anahtarlama trafik yükü (Mb/sn)	1. Bölge	2.Bölge	3. Bölge	4.Bölge	5.Bölge
1.Bölge	-	55.97	15.31	111.31	148.41
2.Bölge		-	12.23	87.22	116.54
3.Bölge			-	24.89	32.99
4.Bölge				-	225.78
5.Bölge					-

8.5.2.2 Paket Anahtarlama Trafik için Trafik Miktarı

Şekil 7.10’da verilen Iu arayüzündeki trafiğin bütün bölgelerde yerel trafik olarak kalmasından, ATM hatları üzerinde bir trafik yükü oluşturmayacaktır.

Gn arayüzünde üretilen trafiğin bölgeler arasındaki dağılım ise Şekil 8.8, 8.9, 8.10, 8.11 ve 8.12’de verildiği gibi referans alınacaktır. Bu şekillerde verilen modele göre paket anahtarlama bölge trafik miktarlarının %60’ı kendi içlerinde %10’ları ise diğer bölgelerde sonlandırılmıştır. ATM hatları üzerindeki trafik yükünü bu %10’luk kısımlar oluşturacaktır.

Paket anahtarlama trafiğinin ATM hatlarında oluşturacağı yük yine devre anahtarlama yapıda olduğu gibi aynı hat üzerinde gelen ve giden trafik miktarlarının toplamı ile hesaplanacaktır.

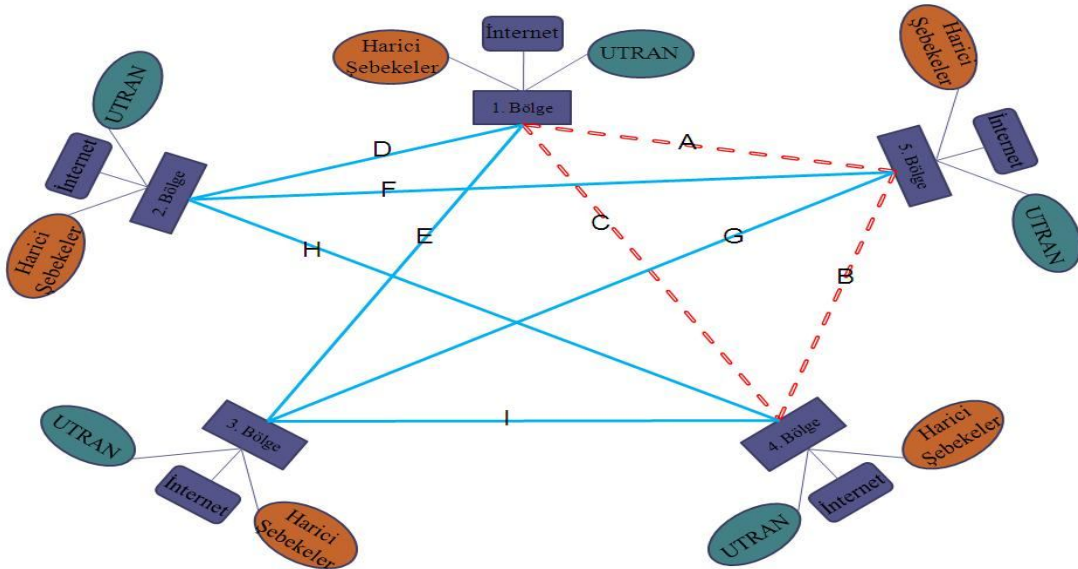
Paket anahtarlama trafiğinin bölgeler arasında oluşturduğu yük Çizelge 8.19’da verildiği gibi olacaktır.

Çizelge 8.19 Bölgeler arasındaki paket anahtarlama trafik yükü

Paket anahtarlama trafik yükü (Mb/sn)		1. Bölge	2.Bölge	3. Bölge	4.Bölge	5.Bölge
1.Bölge	%20	-	466.42	333.18	599.74	733.01
2.Bölge	%15		-	266.5	533.06	666.33
3.Bölge	%5			-	399.82	533.09
4.Bölge	%25				-	799.65
5.Bölge	%35					-

8.5.2.3 ATM Hatlarının Belirlenmesi

Tasarımda bölgeler arasındaki arayüzlerde oluşan trafik yükleri belirlendikten sonra yapılması gereken işlem bölgeler arasındaki gerekli ATM hatlarının sayılarının belirlenmesidir. Şekil 8.16'da hesaplama da kullanılacak ATM hatları ve isimleri verilmiştir. 2. Bölge ile 3. bölgenin haberleşmesi için D-E ve H-I yollarını kullanacağı varsayılmaktadır.



Şekil 8.16 ATM hatları ve isimleri

ATM hatlarının sayısını belirlemek için öncelikle yapılması gereken işlem paket ve devre anahtarlama sistemleri için yönlendirme çizelgelerinin belirlenmesidir. Elde edilen sonuçlar ışığında devre anahtarlama şebekesi için elde edilen yönlendirme çizelgesi Çizelge 8.20'de verildiği gibi olacaktır.

Elde edilen sonuçlarla paket anahtarlama şebekesi için yönlendirme çizelgesi Çizelge 8.21'de verildiği gibi olacaktır.

Elde edilen yönlendirme çizelgeleri yardımı ile gerekli ATM hattı (STM-1) sayısı belirlenecektir. Bu ifadeler altında elde edilen değerler Çizelge 8.22'de verildiği gibi olacaktır.

Çizelge 8.20 Devre anahtarlama trafik yönlendirme çizelgesi ve trafik miktarları

Devre Anahtarlama Trafik										
Yönlendirme	Mbit/sn	Hat A	Hat B	Hat C	Hat D	Hat E	Hat F	Hat G	Hat H	Hat I
1.Bölge- 2.Bölge	55.97				1					
1.Bölge- 3.Bölge	15.31					1				
1.Bölge- 4.Bölge	111.31			1						
1.Bölge- 5.Bölge	148.41	1								
2.Bölge- 3.Bölge	12.23				0.5	0.5			0.5	0.5
2.Bölge- 4.Bölge	87.22								1	
2.Bölge- 5.Bölge	116.54						1			
3.Bölge- 4.Bölge	24.89									1
3.Bölge- 5.Bölge	32.99							1		
4.Bölge- 5.Bölge	225.78		1							
Toplam (Mbit/sn)		148.41	225.78	111.31	62.12	21.46	116.54	32.99	93.37	31.04

Çizelge 8.21 Paket anahtarlama trafik yönlendirme çizelgesi ve bant genişlikleri

Paket Anahtarlama Trafik										
Yönlendirme	Mbit/sn	Hat A	Hat B	Hat C	Hat D	Hat E	Hat F	Hat G	Hat H	Hat I
1.Bölge- 2.Bölge	466.42				1					
1.Bölge- 3.Bölge	333.18					1				
1.Bölge- 4.Bölge	599.74			1						
1.Bölge- 5.Bölge	733.01	1								
2.Bölge- 3.Bölge	266.5				0.5	0.5			0.5	0.5
2.Bölge- 4.Bölge	533.06								1	
2.Bölge- 5.Bölge	666.33						1			
3.Bölge- 4.Bölge	399.82									1
3.Bölge- 5.Bölge	533.09							1		
4.Bölge- 5.Bölge	799.65		1							
Toplam (Mbit/sn)		733.01	799.65	599.74	599.67	466.43	666.33	533.09	666.31	533.07

Çizelge 8.22 Gerekli STM-1 Sayısı

	Hat A	Hat B	Hat C	Hat D	Hat E	Hat F	Hat G	Hat H	Hat I
Toplam Devre anahtarlamalı trafik yükü	148.41	225.78	111.31	62.12	21.46	116.54	32.99	93.37	31.04
Toplam Paket anahtarlamalı trafik yükü	733.01	799.65	599.74	599.67	466.43	666.33	533.09	666.31	533.07
Toplam trafik yükü	881.42	1025.43	711.05	661.79	487.89	782.87	566.08	759.68	564.11
Hatların maksimum %90 dolulukla çalışması için gerekli bant genişliği	980	1140	790	735	542	870	629	844	627
Gerekli STM-1 sayısı	7	8	5	5	4	6	4	6	4

9. SONUÇ

UMTS şebekelerinde gün geçtikçe artan internet ve çoklu ortam hizmetlerinin kullanımı paket anahtarlama veri trafiğini trafik hacmi açısından en baskın trafik haline getirmiştir. Çalışmada trafik miktarı hesaplamaları bunu açıkça göstermektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda paket anahtarlama veri trafik miktarının devre anahtarlama trafik miktarından oldukça fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca şebekedeki cihaz sayıları açısından bakıldığında devre anahtarlama trafiğin şebeke üzerindeki yükünün paket anahtarlama trafiğe göre oldukça düşük olduğu yorumlanabilir.

Çalışmada taşıma şebekesi için kullanılan ATM teknolojisinde trafik ayrıştırması ve GoS gibi gerçek zamanlı, gecikmeye duyarlı trafik için önemli olan parametreler başarıyla uygulansa da Ses trafiğin oluşturduğu trafik miktarının şebeke trafik yüküne göre oldukça az olması ATM teknolojinin taşıma şebekesi olarak optimum çözümü engeller.

Paket anahtarlama şebeke trafik miktarının yüksek olduğu durumlarda IP teknolojisi trafiğin taşınması açısından en verimli taşıma teknolojisidir. IP protokollerinin çok yaygın olarak kullanılması, trafik taşıma verimi, şebekelerin birbirine kolay entegrasyonu gibi sağladığı büyük avantajlar IP tabanlı şebekeleri cazip hale getirmektedir.

Yapılan çalışma sonucunda taşıma teknolojisi seçiminin şebekenin karakterine uygun olarak seçilmesi gerektiği söylenebilir. Paket anahtarlama trafik yükünün yoğun olduğu durumlarda IP tabanlı teknolojiyi, Ses trafik yükünün yoğun olduğu durumlarda ATM teknolojisini kullanmak optimum çözümdür.

KAYNAKLAR

- [1] Walke B., Seindenberg P. ve Althoff M. P., (2003) "UMTS the Fundamentals", Wiley
- [2] Mishra A. R., (2007) "Advanced Cellular Network Planning and Optimisation 2G/2.5G/3G Evolution to 4 G", Wiley
- [3] Mishra A. R., (2004) "Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation 2G/2.5G/3G Evolution to 4 G", Wiley
- [4] Bannister J. Coope S. ve Mather P., (2004), "Converence Technologies for 3G Networks IP, UMTS, EGPRS and ATM", Wiley
- [5] 3GPP TS 23.101 v4.0.0, (2001) UMTS: General UMTS Architecture", Third Generation Partnership Project
- [6] Holma H. ve Toskala A., (2004), "WCDMA for UMTS Radio Access for Third Generation Mobile Communications" Wiley
- [7] 3GPP TS 23.002 v4.8.0, (2003) "Network Architecture", Third Generation Partnership Project
- [8] 3GPP TS 25.410 v4.5.0, (2002) "UTRAN Iu Interface: General Aspects and Principles", Third Generation Partnership Project
- [9] 3GPP TS 23.205 v4.11.0 (2006), "Bearer-independent circuit-switched core network" Third Generation Partnership Project
- [10] 3GPP TS 25.401 v4.0.0, (2001) "UTRAN Overall Description", Third Generation Partnership Project
- [11] Kreher R., Ruedebusch T., (2005) "UMTS Signaling: UMTS Interfaces, Protocols, Message Flows and Procedures Analyzed and Explained ", Wiley
- [12] 3GPP TS 23.108 v4.0.0, (2001) "Mobile radio interface layer 3 specification, Core network protocols - Stage 2", Third Generation Partnership Project
- [13] 3GPP TS 25.413 v4.0.0, (2001) "UTRAN Iu interface RANAP signalling", Third Generation Partnership Project
- [14] ITU-T Q.711, (2001) "Functional description of the signalling connection control part (SCCP)", International Telecommunication Union
- [15] ITU-T Q.2210 (1996) "Message transfer part level 3 (MTP3 B) functions and messages using the services of ITU-T Recommendation Q.2140", International Telecommunication Union
- [16] ITU-T Q.2140 (1995) "B-ISDN ATM adaptation layer - Service specific coordination function for signalling at the network node interface (SSCF at NNI)", International Telecommunication Union
- [17] ITU-T Q.2110 (1994) "B-ISDN ATM adaptation layer - Service specific connection oriented protocol (SSCOP)", International Telecommunication Union
- [18] ITU-T I.363.5 (1996) "B-ISDN ATM Adaptation Layer specification : Type 5 AAL", International Telecommunication Union
- [19] ITU-T I.361 (1999) "B-ISDN ATM Layer Specification", International Telecommunication Union
- [20] ITU.T Q.2630.1 (1999) "AAL type Signaling Protocol (Capability Set 1)", International Telecommunication Union

- [21] ETSI EN 301.704 v7.2.1, (2000) “Adaptive Multi-Rate (AMR) Speech Transcoding”, European Telecommunications Standards Institute
- [22] 3GPP TS 26.102 v4.1.0, (2003) “Mandatory speech codec - Adaptive Multi-Rate (AMR) speech codec - Interface to Iu, Uu and Nb”, Third Generation Partnership Project
- [23] Chevallier c., Brunner C., Garavaglia A., Murray K.P., Baker K. R., (2006),”WCDMA (UMTS) Deployment Handbook Planning and Optimization Aspects”, Wiley
- [24] ITU-T I.363.2 (2000) “B-ISDN ATM Adaptation Layer specification : Type 2 AAL”, International Telecommunication Union
- [25] 3GPP TS 29.232 v4.17.0, (2007) “Media Gateway Controller (MGC) – Media Gateway (MGW) interface”, Third Generation Partnership Project
- [26] 3GPP TS 23.205 v4.11.0 (2006), “Bearer-independent circuit-switched core network (BICC)” Third Generation Partnership Project
- [27] 3GPP TS 29.060 v4.11.0, (2004) “GPRS Tunnelling Protocol (GTP) across the Gn and Gp interface”, Third Generation Partnership Project
- [28] ETSI UMTS 23.925 v0.2.0, (1999) “UMTS Core Network based on ATM Transport”, European Telecommunications Standards Institute
- [29] Kaaranen H., Niemi V., Ahtanen A. Laitinen L., (2005), “ UMTS Networks Architecture, Mobility and Services”, Wiley
- [30] Persaud R., (2006), “Core Network Mobility Active MPLS”, Deutsche Nationalbibliothek
- [31] 3GPP TS 22.105 v3.4.0, (1999) “ Service and Capabilities Principles”, Third Generation Partnership Project
- [32] 3GPP TS 22.107 v3.0.0, (1999) “ QoS Concept and Architecture”, Third Generation Partnership Project
- [33] Xu Y., Lindberg P., (2001), “ WCDMA Systems Extended Core Network Design”, Ericsson Radio Systems AB

EKLER

- | | |
|------|--|
| Ek 1 | Mobil Kullanıcıdan Harici Şebekelere olan Trafik |
| Ek 2 | Şebeke içi Mobil Kullanıcı Trafiği |
| Ek 3 | SGSN/GGSN Sayıları |
| Ek 4 | Devre Anahtarlama Trafik Miktarı |

Ek 1 Mobil Kullanıcıdan Harici Şebekelere olan Trafik

1.Bölge için:

1. bölgenin toplam harici şebeke trafiği:

$$1. \text{ Bölge harici trafik} = 8800 * \%30 = 2640 \text{ Erlang olarak bulunur.}$$

Bu trafik değerinin genel kabullerde %65'inin bu bölgede %35'inin ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

1.bölgenin kendi içinde sonlanan trafik değeri:

$$2640 * \%65 \text{ (kendi içinde sonlanan trafik yüzdesi)} = 1716 \text{ Erlang}$$

1.bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik değeri:

$$2640 * \%35 * (\%15 / \%80) = 173.25 \text{ Erlang}$$

1.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik değeri

$$2640 * \%35 * (\%5 / \%80) = 57.75 \text{ Erlang}$$

1.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik değeri

$$2640 * \%35 * (\%25 / \%80) = 288.75 \text{ Erlang}$$

1.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik değeri

$$2640 * \%35 * (\%35 / \%80) = 404.25 \text{ Erlang}$$

2.Bölge için:

2. bölgenin toplam harici şebeke trafiği

$$2. \text{ Bölge harici trafik} = 6900 * \%40 = 2760 \text{ Erlang olarak bulunur.}$$

Bu trafik değerinin genel kabullerde %60'ının bu bölgede %40'ının ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

2.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik değeri:

$$2760 * \%40 * (\%20 / \%85) = 260 \text{ Erlang}$$

2.bölgenin kendi içinde sonlanan trafik değeri:

$$2760 * \%60 \text{ (kendi içinde sonlanan trafik)} = 1656 \text{ Erlang}$$

2.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik değeri

$$2760 * \%40 * (\%5 / \%85) = 65 \text{ Erlang}$$

2.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik değeri

$$2760 * \%40 * (\%25 / \%85) = 325 \text{ Erlang}$$

2.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik değeri

$$2760 * \%40 * (\%35 / \%85) = 455 \text{ Erlang}$$

3.Bölge için:

3. bölgenin toplam harici şebeke trafiği:

3. Bölge harici trafik = $2200 * \%25 = 550$ Erlang olarak bulunur.

Bu trafik değerinin genel kabullerde %70'inin bu bölgede %30'unun ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

3.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik değeri:

$$550 * \%30 * (\%20 / \%95) = 34.73 \text{ Erlang}$$

3.Bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik değeri

$$550 * \%30 * (\%15 / \%95) = 26 \text{ Erlang}$$

3.bölgenin kendi içinde sonlanan trafik değeri:

$$550 * \%70 \text{ (kendi içinde sonlanan trafik)} = 385 \text{ Erlang}$$

3.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik değeri

$$550 * \%30 * (\%25 / \%95) = 43.4 \text{ Erlang}$$

3.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik değeri

$$550 * \%30 * (\%35 / \%95) = 60.76 \text{ Erlang}$$

4.Bölge için:

4. bölgenin toplam harici şebeke trafiği:

4. Bölge harici trafik = $11000 * \%50 = 5500$ Erlang olarak bulunur.

Bu trafik değerinin genel kabullerde %50'sinin bu bölgede %50'sinin ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

4.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik değeri:

$$5500 * \%50 * (\%20 / \%75) = 733.33 \text{ Erlang}$$

4.Bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik değeri

$$5500 * \%50 * (\%15 / \%75) = 550 \text{ Erlang}$$

4.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik değeri

$$5500 * \%50 * (\%5 / \%75) = 183.3 \text{ Erlang}$$

4.bölgenin kendi içinde sonlanan trafik değeri:

$$5500 * \%50 \text{ (kendi içinde sonlanan trafik)} = 2750 \text{ Erlang}$$

4.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik değeri

$$5500 * \%50 * (\%35 / \%75) = 1283.1 \text{ Erlang}$$

5.Bölge için:

5. bölgenin toplam harici şebeke trafiği:

$$5. \text{ Bölge harici trafik} = 15400 * \%20 = 3080 \text{ Erlang olarak bulunur.}$$

Bu trafik değerinin genel kabullerde %60'ının bu bölgede %40'ının ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

5.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik değeri:

$$3080 * \%40 * (\%20 / \%65) = 379 \text{ Erlang}$$

5.Bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik değeri

$$3080 * \%40 * (\%15 / \%65) = 284.25 \text{ Erlang}$$

5.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik değeri

$$3080 * \%40 * (\%5 / \%65) = 94.75 \text{ Erlang}$$

5.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik değeri

$$3080 * \%40 * (\%25 / \%65) = 473.75 \text{ Erlang}$$

5.bölgenin kendi içinde sonlanan trafik değeri:

$$3080 * \%60 \text{ (kendi içinde sonlanan trafik)} = 1848 \text{ Erlang}$$

Ek 2 Şebeke içi Mobil Kullanıcı Trafığı

1.Bölge için:

1. bölgenin toplam şebeke içi mobil trafiği:

1. Bölge şebeke içi trafik = $8800 * \%70 = 6160$ Erlang olarak bulunur.

Bu trafik değerinin genel kabullerde $\%65$ 'inin bu bölgede $\%35$ 'inin ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

1.bölgenin kendi içinde sonlanan mobil trafik değeri:

$6160 * \%65$ (kendi içinde sonlanan trafik yüzdesi) = 4004 Erlang

1.bölgenin 2. bölgede sonlanan mobil trafik değeri:

$6160 * \%35 * (\%15 / \%80) = 404.25$ Erlang

1.Bölgenin 3. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$6160 * \%35 * (\%5 / \%80) = 134.75$ Erlang

1.Bölgenin 4. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$6160 * \%35 * (\%25 / \%80) = 673.75$ Erlang

1.Bölgenin 5. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$6160 * \%35 * (\%35 / \%80) = 943.25$ Erlang

2.Bölge için:

2. bölgenin toplam şebeke içi mobil trafiği:

2. Bölge şebeke içi trafik = $6600 * \%60 = 3960$ Erlang olarak bulunur.

Bu trafik değerinin genel kabullerde $\%60$ 'ının bu bölgede $\%40$ 'ının ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

2.bölgenin 1. bölgede sonlanan mobil trafik değeri:

$3960 * \%40 * (\%20 / \%85) = 372.68$ Erlang

2.bölgenin kendi içinde sonlanan mobil trafik değeri:

$3960 * \%60$ (kendi içinde sonlanan trafik) = 2376 Erlang

2.Bölgenin 3. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$3960 * \%40 * (\%5 / \%85) = 93.17$ Erlang

2.Bölgenin 4. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$3960 * \%40 * (\%25 / \%85) = 465.85 \text{ Erlang}$$

2.Bölgenin 5. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$3960 * \%40 * (\%35 / \%85) = 652.19 \text{ Erlang}$$

3.Bölge için:

3. bölgenin toplam şebeke içi mobil trafiği:

$$3. \text{ Bölge şebeke içi trafik} = 2200 * \%75 = 1650 \text{ Erlang olarak bulunur.}$$

Bu trafik değerinin genel kabullerde %70'inin bu bölgede %30'unun ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

3.bölgenin 1. bölgede sonlanan mobil trafik değeri:

$$1650 * \%30 * (\%20 / \%95) = 104 \text{ Erlang}$$

3.Bölgenin 2. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$1650 * \%30 * (\%15 / \%95) = 78 \text{ Erlang}$$

3.bölgenin kendi içinde sonlanan mobil trafik değeri:

$$1650 * \%70 \text{ (kendi içinde sonlanan trafik)} = 1155 \text{ Erlang}$$

3.Bölgenin 4. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$1650 * \%30 * (\%25 / \%95) = 130 \text{ Erlang}$$

3.Bölgenin 5. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$1650 * \%30 * (\%35 / \%95) = 182 \text{ Erlang}$$

4.Bölge için:

4. bölgenin toplam şebeke içi mobil trafiği:

$$4. \text{ Bölge şebeke içi trafik} = 11000 * \%50 = 5500 \text{ Erlang olarak bulunur.}$$

Bu trafik değerinin genel kabullerde %50'sinin bu bölgede %50'sinin ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

4.bölgenin 1. bölgede sonlanan mobil trafik değeri:

$$5500 * \%50 * (\%20 / \%75) = 733.2 \text{ Erlang}$$

4.Bölgenin 2. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$5500 * \%50 * (\%15 / \%75) = 550 \text{ Erlang}$$

4.Bölgenin 3. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$5500 * \%50 * (\%5 / \%75) = 183.3 \text{ Erlang}$$

4.bölgenin kendi içinde sonlanan mobil trafik değeri:

$$5500 * \%50 (\text{kendi içinde sonlanan trafik}) = 2750 \text{ Erlang}$$

4.Bölgenin 5. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$5500 * \%50 * (\%35 / \%75) = 1283.1 \text{ Erlang}$$

5.Bölge için:

5. bölgenin toplam şebeke içi mobil trafiği:

$$5. \text{ Bölge şebeke içi trafik} = 15400 * \%80 = 12320 \text{ Erlang olarak bulunur.}$$

Bu trafik değerinin genel kabullerde %60'ının bu bölgede %40'ının ise diğer bölgelerde sonlandırılacağı varsayılarak

5.bölgenin 1. bölgede sonlanan mobil trafik değeri:

$$12320 * \%40 * (\%20 / \%65) = 1516 \text{ Erlang}$$

5.Bölgenin 2. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$12320 * \%40 * (\%15 / \%65) = 1137 \text{ Erlang}$$

5.Bölgenin 3. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$12320 * \%40 * (\%5 / \%65) = 379 \text{ Erlang}$$

5.Bölgenin 4. bölgede sonlanan mobil trafik değeri

$$12320 * \%40 * (\%25 / \%65) = 1895 \text{ Erlang}$$

5.bölgenin kendi içinde sonlanan mobil trafik değeri:

$$12320 * \%60 (\text{kendi içinde sonlanan trafik}) = 7392 \text{ Erlang}$$

Ek 3 SGSN/GGSN Sayıları1.Bölge için:

Paket işleme hızına göre:

$$2665.5 / 900 = 2.96 \quad \longrightarrow \quad 3 \text{ SGSN}$$

$$2665.45 / 140 = 11 \quad \longrightarrow \quad 19 \text{ GGSN}$$

Aynı anda sisteme bağlanan kullanıcı sayısı kapasitesine göre:

$$200000 / 300\,000 = 0.66 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

PDP bağlamı kapasitesine göre:

$$400000 / 600\,000 = 0.66 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

2.Bölge için:

Paket işleme hızına göre:

$$1998.7 / 900 = 2.22 \quad \longrightarrow \quad 3 \text{ SGSN}$$

$$2332.05 / 140 = 16.65 \quad \longrightarrow \quad 17 \text{ GGSN}$$

Aynı anda sisteme bağlanan kullanıcı sayısı kapasitesine göre:

$$150000 / 300\,000 = 0.5 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

PDP bağlamı kapasitesine göre:

$$300000 / 600\,000 = 0.5 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

3.Bölge için:

Paket işleme hızına göre:

$$666.3 / 900 = 0.74 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

$$1665.85 / 140 = 11.89 \quad \longrightarrow \quad 12 \text{ GGSN}$$

Aynı anda sisteme bağlanan kullanıcı sayısı kapasitesine göre:

$$50000 / 300\,000 = 0.16 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

PDP bağlamı kapasitesine göre:

$$100000 / 600\,000 = 0.16 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

4.Bölge için:

Paket işleme hızına göre:

$$3331.9 / 900 = 3.7 \quad \longrightarrow \quad 4 \text{ SGSN}$$

$$2998.65 / 140 = 21.4 \quad \longrightarrow \quad 22 \text{ GGSN}$$

Aynı anda sisteme bağlanan kullanıcı sayısı kapasitesine göre:

$$250000 / 300\ 000 = 0.83 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

PDP bağlamı kapasitesine göre:

$$500000 / 600\ 000 = 0.83 \quad \longrightarrow \quad 1 \text{ SGSN}$$

5.Bölge için:

Paket işleme hızına göre:

$$4664.6 / 900 = 5.18 \quad \longrightarrow \quad 6 \text{ SGSN}$$

$$3665 / 140 = 26.17 \quad \longrightarrow \quad 27 \text{ GGSN}$$

Aynı anda sisteme bağlanan kullanıcı sayısı kapasitesine göre:

$$350000 / 300\ 000 = 1.16 \quad \longrightarrow \quad 2 \text{ SGSN}$$

PDP bağlamı kapasitesine göre:

$$700000 / 600\ 000 = 1.16 \quad \longrightarrow \quad 2 \text{ SGSN}$$

Ek 4 Devre Anahtarlama Trafik Miktarı

1.Bölge için:

1. bölgenin devre anahtarlama trafik miktarı: 403.7 Mb/sn

Bu trafik miktarının %35'i diğer bölgelerle arasındaki trafik miktarı olacaktır.

1.bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik miktarı:

$$403.7 * \%35 * (\%15 / \%80) = 26.49 \text{ Mb/sn}$$

1.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$403.7 * \%35 * (\%5 / \%80) = 8.83 \text{ Mb/sn}$$

1.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$403.7 * \%35 * (\%25 / \%80) = 44.15 \text{ Mb/sn}$$

1.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$403.7 * \%35 * (\%35 / \%80) = 61.81 \text{ Mb/sn}$$

2.Bölge için:

2. bölgenin devre anahtarlama trafik miktarı: 313.5 Mb/sn

Bu trafik yükünün %35'i diğer bölgelerle arasındaki trafik yükü olacaktır.

2.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$313.5 * \%40 * (\%20 / \%85) = 29.48 \text{ Mb/sn}$$

2.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$313.5 * \%40 * (\%5 / \%85) = 7.37 \text{ Mb/sn}$$

2.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$313.5 * \%40 * (\%25 / \%85) = 36.85 \text{ Mb/sn}$$

2.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$313.5 * \%40 * (\%35 / \%85) = 51.59 \text{ Mb/sn}$$

3.Bölge için:

3. bölgenin devre anahtarlama trafik miktarı: 102.7 Mb/sn

Bu trafik yükünün %35'i diğer bölgelerle arasındaki trafik yükü olacaktır.

3.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$102.7 * \%30 * (\%20 / \%95) = 6.48 \text{ Mb/sn}$$

3.Bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$102.7 * \%30 * (\%15 / \%95) = 4.86 \text{ Mb/sn}$$

3.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$102.7 * \%30 * (\%25 / \%95) = 8.1 \text{ Mb/sn}$$

3.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$102.7 * \%30 * (\%35 / \%95) = 11.34 \text{ Mb/sn}$$

4.Bölge için:

4. bölgenin devre anahtarlama trafik miktarı: 503.8 Mb/sn

Bu trafik yükünün %35'i diğer bölgelerle arasındaki trafik yükü olacaktır.

4.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$503.8 * \%50 * (\%20 / \%75) = 67.16 \text{ Mb/sn}$$

4.Bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$503.8 * \%50 * (\%15 / \%75) = 50.37 \text{ Mb/sn}$$

4.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$503.8 * \%50 * (\%5 / \%75) = 16.79 \text{ Mb/sn}$$

4.Bölgenin 5. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$503.8 * \%50 * (\%35 / \%75) = 117.53 \text{ Mb/sn}$$

5.Bölge için:

5. bölgenin devre anahtarlama trafik miktarı: 703.9 Mb/sn

Bu trafik yükünün %35'i diğer bölgelerle arasındaki trafik yükü olacaktır.

5.bölgenin 1. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$703.9 * \%40 * (\%20 / \%65) = 86.6 \text{ Mb/sn}$$

5.Bölgenin 2. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$703.9 * \%40 * (\%15 / \%65) = 64.95 \text{ Mb/sn}$$

5.Bölgenin 3. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$703.9 * \%40 * (\%5 / \%65) = 21.65 \text{ Mb/sn}$$

5.Bölgenin 4. bölgede sonlanan trafik yükü:

$$703.9 * \%40 * (\%25 / \%65) = 108.25 \text{ Mb/sn}$$

ATM hattı üzerindeki trafik miktarı her iki yöne olan toplam trafik miktarına eşittir.

1.Bölge ile 2. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 12)} = \text{Trafik (Bölge 1-2)} + \text{Trafik (Bölge 2-1)}$$

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 12)} = 26.49 + 29.48 = 55.97 \text{ Mb/sn}$$

1.Bölge ile 3. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 13)} = \text{Trafik (Bölge 1-3)} + \text{Trafik (Bölge 3-1)}$$

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 13)} = 8.83 + 6.48 = 15.31 \text{ Mb/sn}$$

1.Bölge ile 4. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 14)} = \text{Trafik (Bölge 1-4)} + \text{Trafik (Bölge 4-1)}$$

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 14)} = 44.15 + 67.16 = 111.31 \text{ Mb/sn}$$

1.Bölge ile 5. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 15)} = \text{Trafik (Bölge 1-5)} + \text{Trafik (Bölge 5-1)}$$

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 15)} = 61.81 + 86.6 = 148.41 \text{ Mb/sn}$$

2.Bölge ile 3. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 23)} = \text{Trafik (Bölge 2-3)} + \text{Trafik (Bölge 3-2)}$$

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 24)} = 7.37 + 4.86 = 12.23 \text{ Mb/sn}$$

2.Bölge ile 4. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 24)} = \text{Trafik (Bölge 2-4)} + \text{Trafik (Bölge 4-2)}$$

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 24)} = 36.85 + 50.37 = 87.22 \text{ Mb/sn}$$

2.Bölge ile 5. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 25)} = \text{Trafik (Bölge 2-5)} + \text{Trafik (Bölge 5-2)}$$

$$\text{Toplam hat yükü (Bölge 25)} = 51.59 + 64.95 = 116.54 \text{ Mb/sn}$$

3.Bölge ile 4. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

Toplam hat yükü (Bölge 34) = Trafik (Bölge 3-4) + Trafik (Bölge 4-3)

Toplam hat yükü (Bölge 34) = 8.1 + 16.79 = 24.89 Mb/sn

3.Bölge ile 5. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

Toplam hat yükü (Bölge 35) = Trafik (Bölge 3-5) + Trafik (Bölge 5-3)

Toplam hat yükü (Bölge 35) = 11.34 + 21.65 = 32.99 Mb/sn

4.Bölge ile 5. Bölge arasındaki toplam devre anahtarlama trafik miktarı:

Toplam hat yükü (Bölge 45) = Trafik (Bölge 4-5) + Trafik (Bölge 5-4)

Toplam hat yükü (Bölge 45) = 117.53 + 108.25 = 225.78 Mb/sn

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 11.06.1981

Doğum yeri Bursa

Lise 1992-1999 Gemlik Anadolu Lisesi

Lisans 200-2006 Yıldız Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Fak.
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2006- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı,
Haberleşme Programı