

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**GENİŞ BANT ERİŞİM TEKNOLOJİLERİNDE YENİ
NESİL AĞ SERVİSLERİ ve TÜRKİYE
TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNE ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

CAN İLKHAN

İSTANBUL, 2009

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİ TEKNOLOJİLERİ**

**GENİŞ BANT ERİŞİM TEKNOLOJİLERİNDE YENİ
NESİL AĞ SERVİSLERİ ve TÜRKİYE
TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNE ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Can İLKHAN

Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. YALÇIN ÇEKİÇ

İSTANBUL, 2009

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİ TEKNOLOJİLERİ

Tezin Adı: Geniş Bant Erişim Teknolojilerinde Yeni Nesil Ağ Servisleri ve Türkiye Telekomünikasyon Sektörüne Etkileri

Öğrencinin Adı Soyadı: Can İlkhan

Tez Savunma Tarihi: 12-06-2009

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Enstitümüz tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Bülent ÖZGÜLER

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Orhan GÖKÇÖL

Program Koordinatörü

Bu tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Yrd. Doç. Dr. Yalçın ÇEKİÇ

Doç. Dr. Adem KARAHOCA

Yrd. Doç. Dr. Orhan GÖKÇÖL

TEŐEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında yardımları ile yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Yalçın eki'e, tım desteği ile yanımda olan sevgili eőim Őebnem Akal'a ve bu sũre boyunca gosterdikleri sabır ve yardımları için aileme, dostlarıma ve iş arkadaşlarıma teőekkũri bir borç bilirim.

Can İLKHAN

ÖZET

GENİŞ BANT ERİŞİM TEKNOLOJİLERİNDE YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİ ve TÜRKİYE TELEKOMÜNİKASYON SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

İlhan, Can

Bilgi Teknolojileri

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Yalçın Çekiç

Haziran 2009, 100 Sayfa

Yeni çağın başlangıcı ile artan bilgiye erişim ihtiyacı, geniş bant erişim teknolojilerinin her geçen gün gelişmesini sağlamaktadır. Geniş bant erişim teknolojilerindeki bu değişim, kullanıcılara sunulan hizmetlerin evrimini de hızlandırmıştır. Geniş bant erişim ile oluşan potansiyel günümüze kadar ayrı ayrı sunulan ses, veri ve görüntü hizmetlerinin birleştirilmesini hedefleyen yeni nesil ağ kavramını ortaya çıkarmıştır.

Yeni nesil ağlar, paket anahtarlama teknolojilerini kullanarak aynı şebeke üzerinden birden çok hizmetin sunulabilmesini sağlamaktadırlar. Bunlara örnek olarak yüksek hızlı veri iletişimi, kurumsal müşteriler için sanal ağların kurulması, telefon hizmetlerinin verilmesi ve televizyon yayınlarının izlenmesi gibi farklı alanlarda kullanmaya alışık olduğumuz hizmetler verilebilir.

Bu çalışma, yeni nesil ağ servislerini tanımlayarak Türkiye ve Dünya'daki uygulamaları incelemeyi ve bu konudaki gelişmelerin telekomünikasyon sektörüne etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda yeni nesil ağ servislerinin üzerinde çalıştığı geniş bant erişim teknolojileri ve yeni nesil ağlar hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak, bu altyapılar üzerinde çalışan MPLS VPN, VoIP, IPTV ve VoD servisleri gibi veri, ses ve görüntü hizmetleri tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: IPTV, Üçlü-Oyun, Sabit Telefon Hizmetleri, VoD, VoIP.

ABSTRACT

NEXT GENERATION NETWORK SERVICES OVER BROADBAND ACCESS and THE EFFECT ON THE TURKISH TELECOMMUNICATION SECTOR

İlkhan, Can

Information Technologies

Supervisor: Assistant Professor Yalçın Çekiç

June 2009, 100 Pages

With the coming of the new century, the increased demand for access to information provides a fertile environment for a continuous evolvement in broadband technologies. It is also worthy to note that this transformation has also speeded up the evolvement of services provided to consumers. The potential generated by broadband access has resulted in a concept of next generation network that aims to unite voice, data and video services that were provided separately up until today.

Using packet switching technologies, Next Generation Networks (NGN) procure the provision of multiple services through the same network. High speed data communication, establishing virtual private networks for corporate customers, providing phone services, and broadcasting TV channels could be cited as diverse examples.

The aim of this study is to identify NGN services, along with investigating cases from Turkey and the World, and analyzing the effect of these developments on the telecommunication sector. In this respect, the study provides information regarding broadband access technologies over which NGN services operate and next generation networks. At last, data, voice and video services that operate over these infrastructures such as MPLS VPN, VoIP, IPTV and VoD were introduced.

Keywords: IPTV, Triple-Play, Fixed Telephone Services, VoD, VoIP.

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR	vii
ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. GENİŞ BANT ERİŞİM	3
1.1.1. Geniş Bant Erişimin Tanımı	3
1.1.2. Geniş Bant Erişimin Tarihçesi	3
1.1.3. Türkiye’de Geniş Bant Erişim Alternatifleri	6
1.2. GENİŞ BANT ERİŞİM ÇÖZÜMÜ OLARAK zDSL TEKNOLOJİLERİ	10
1.2.1. ADSL	12
1.2.2. ADSL2	18
1.2.3. ADSL2+	20
1.2.4. VDSL ve VDSL2	21
1.2.5. G.SHDSL	24
1.3. YENİ NESİL AĞLAR	25
1.3.1. Yeni Nesil Ağın Tanımı	25
1.4. YENİ NESİL AĞLARDA MPLS KULLANIMI	26
1.5. YENİ NESİL AĞLARDA VOICE OVER IP KULLANIMI	27
1.5.1. Devre anahtarlama alternatif paket anahtarlama	27
1.5.2. Yeni nesil telefon servis sağlayıcıları	28
1.5.3. VoIP servislerinde güvenlik	34
1.5.4. VoIP servislerinde kalite kontrolü	35
1.5.5. VoIP servislerinde yasal dinleme (lawful interception)	38
1.6. YENİ NESİL AĞLARDA VIDEO OVER IP KULLANIMI	40
1.6.1. Multicast iletişim	40
1.6.2. Unicast IPTV iletimi	42
1.6.3. Yeni nesil görüntü servis sağlayıcıları	43
1.6.4. Çağrı girişim denetimi (CAC) ile Video Kalitesinin Korunması	46
1.6.5. Medya kodlaması, güvenlik ve şifreleme	48
2. YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİ	50
2.1. VERİ HİZMETLERİ	50
2.1.1. Kurumsal Bağlantılar	50
2.1.2. “Walled-garden” Servisleri	56
2.2. VOICE OVER IP İLE SES HİZMETLERİ	57
2.2.1. Yeni Nesil Telefon Servisleri	59
2.3. VIDEO OVER IP İLE GÖRÜNTÜ HİZMETLERİ	60
2.3.1. IPTV hizmetleri	60
2.3.2. Ismarlama Video (VoD) Hizmeti	61
2.3.3. Diğer Video Servisleri	62
2.4. ÜÇLÜ OYUN “TRIPLE PLAY”	63
2.5. DÖRTLÜ OYUN “QUADRUPLE PLAY”	65
2.6. YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİNDE REGÜLASYON	66
2.6.1. Regülasyon Nedir?	66
2.6.2. Ses Hizmetlerinde Düzenleyici Hususlar	67
2.6.3. Görüntü Hizmetlerinde Düzenleyici Hususlar	71
2.7. YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİNDE UYGULAMALAR	75

2.7.1. VoIP Alanındaki Uygulamalar	77
2.7.2. IPTV Alanındaki Uygulamalar	80
2.8. TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİ.....	81
3. SONUÇ.....	88
3.1. TEKNİK BULGULAR.....	88
3.2. İDARİ ve TİCARİ BULGULAR	90
3.3. GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER	93
KAYNAKÇA	94

TABLÖLAR

Tablo 1.1 : 2000 Yılı İnternet ve geniş bant erişim analizi.	4
Tablo 1.2 : 2007 Yılı İnternet ve geniş bant erişim analizi.	4
Tablo 1.3 : 1995 ve 2000 Yılları sabit telefon hattı analizi	4
Tablo 1.4 : ITU G.1010 - Data, ses ve görüntü uygulamalarında performans hedefleri.	7
Tablo 1.5 : Geniş bant medya ve transmisyon alternatifleri.	8
Tablo 1.6 : DSL teknoloji opsiyonları.....	11
Tablo 1.7 : R Faktörü ve MOS Faktörü.	36
Tablo 2.1 : MPLS Layer 3 VPN terminolojisi.	52
Tablo 2.2 : IPTV abonelerinin 2007 ve 2008 yıllarındaki bölgesel dağılımları.	80
Tablo 2.3 : 2008 Yılı son çeyreği verileri ile Türkiye’de geniş bant kullanımı.....	82
Tablo 2.4 : 2004 ve 2009 Yılları Arasında TTAŞ Standart Hat Tarifesi.	86
Tablo 2.5 : 2009 yılı veriyle Koç Telekom ve TTAŞ Fiyat Karşılaştırması.....	87

ŞEKİLLER

Şekil 1.1 : ADSL ve telefon hizmeti aynı fiziksel hat üzerinde nasıl çalışır.....	14
Şekil 1.2 : 16-QAM Yıldız kümesi şeması.....	16
Şekil 1.3 : POTS ve ISDN servisleri ile ADSL uygulamalarının frekans alakosyonu.....	20
Şekil 1.4 : VDSL ve VDSL2 Bant planları.....	22
Şekil 1.5 : ADSL2+, VDSL ve VDSL2 Teknolojilerinin performans karşılaştırması.....	23
Şekil 1.6 : Telefon mimarisindeki evrim.....	28
Şekil 1.7 : Yeni nesil telefon ağı mimarisi.....	29
Şekil 1.8 : Paket iletim operasyonu.....	37
Şekil 1.9 : Girişim denetimi bileşenleri.....	38
Şekil 1.10 : Bilgi toplama arabirimlerinin fonksiyonel blok diagramı.....	39
Şekil 1.11 : Bir video akışının birden çok kullanıcıya unicast gönderimi.....	40
Şekil 1.12 : Bir video akışının birden çok kullanıcıya multicast gönderimi.....	41
Şekil 1.13 : Multicast uygulamaları.....	42
Şekil 1.14 : Ulusal ve bölgesel head-end bileşenleri.....	44
Şekil 1.15 : VoD varlık şifrelemesi ve dağıtım işlemi.....	49
Şekil 2.1 : MPLS Layer 3 VPN bileşenleri.....	51
Şekil 2.2 : Adanmış devreler kullanılarak kurumsal Layer 3 VPN erişimi.....	54
Şekil 2.3 : Servis sağlayıcı ana şebekesinde Layer 2 MPLS VPN.....	55
Şekil 2.4 : Geniş bant abonelerinin bölgelere göre dağılımı.....	75
Şekil 2.5 : Geniş bant penetrasyonu ve 2008 yılı 4. çeyrek büyüme oranları.....	76
Şekil 2.6 : 2008 Yılı 4. çeyrek verileriyle toplam geniş bant abonelerinin teknoloji tercihleri.....	76
Şekil 2.7 : 2004 ve 2007 Yılları arasında Avrupa'daki VoIP aboneleri ve gelirlerindeki gelişme.....	77
Şekil 2.8 : 2007 4. Çeyreğinde Avrupa'daki VoIP servislerinin ülkelere göre hane penetrasyonu.....	78
Şekil 2.9 : 2007 yıl sonu verileri ile Avrupa'nın en büyük 5 VoIP servis sağlayıcısı.....	79
Şekil 2.10 : IPTV servislerinde erişim teknolojileri trendi.....	81
Şekil 2.11 : 2006 ve 2007 yıllarında TTNET'in abone başına elde edilen gelir seviyeleri.....	82
Şekil 2.12 : 2005 Yılı UMTH-TTAŞ Trafik Karşılaştırması.....	83
Şekil 2.13 : 2007 Yılı UMTH-TTAŞ Trafik Karşılaştırması.....	84
Şekil 2.14 : 2005, 2006 ve 2007 Yıllarında PSTN trafik dağılımı.....	85

KISALTMALAR

Asimetrik Sayısal Abone Hattı (Assymmetric Digital Subscriber Line)	:	ADSL
Asynchronous Transfer Mode	:	ATM
Çağrı Girişim Denetimi (Call Admission Control)	:	CAC
Carrierless Amplitude/Phase	:	CAP
Committed Information Rate	:	CIR
Dijital Hak Yönetimi (Digital Rights Management)	:	DRM
Sayısal Abone Hattı (Digital Subscriber Line)	:	DSL
Digital Video Broadcasting over Satellite	:	DVB-S
Discrete Multitone	:	DMT
Sayısal Abone Hattı Erişim Çoklayıcısı (DSL Access Multiplexer)	:	DSLAM
European Telecommunication Standards Institute	:	ETSI
Frame Relay	:	FR
Free Space Optics	:	FSO
Frequency-Division Multiplexing	:	FDM
High Definition Television	:	HDTV
Institute of Electrical and Electronic Engineers	:	IEEE
Entegre Erişim Cihazı (Integrated Access Device)	:	IAD
Integrated Services Digital Network	:	ISDN
International Telecommunication Union	:	ITU
Lawful Interception	:	LI
Mean Opinion Score	:	MOS

Media Gateway Control Protocol	:	MGCP
Passive Optical Network	:	PON
Permanent Virtual Connection	:	PVC
Plain Old Telephone Service	:	POTS
Powerline Telecommunication	:	PLT
Public Switched Telephone Network	:	PSTN
Quality Of Service	:	QoS
Real-time Streaming Protocol	:	RSTP
Real-time Transport Protocol	:	RTP
Session Intiation Protocol	:	SIP
Synchronous Transport Mode	:	STM
Trellis Code Modulation	:	TCM
Time Division Multiplexing	:	TDM
Transport Layer Security	:	TLS
Video On Demand	:	VOD

1. GİRİŞ

20. yüzyılın insanlığa sağladığı pek çok teknolojik ilerleme arasında, İnternet kuşkusuz en başlarda yer almaktadır. Zaman içerisinde İnternet, bilgiye erişim ve bilgiyi paylaşma konularında, geleneksel yöntemlerin tümünü geride bırakmış ve mitolojik kütüphaneleri kışkandıracak bir kaynak haline gelmiştir. Bu durum, hem bu ağa bağlanan kullanıcılar hem de teknoloji geliştirenler için daha hızlı, daha güvenilir ve daha verimli erişim teknolojilerine olan ihtiyacı arttırmıştır. Bu sebeple, 21. yüzyılın sorusu bilgiye nasıl ulaşılabileceğinden ziyade ne kadar sürede ulaşılabileceğidir. Bu ihtiyaç, geniş bant erişim teknolojilerini doğurmuştur.

Birbirine ağ ile bağlanan bilgi toplumu, işitsel ve görsel iletişimi de aynı ağ üzerinden talep eder hale gelmiştir. Geniş bant erişim, sağladığı yüksek veri aktarım hızı ile veri iletişimine ek olarak ses ve görüntünün de ağ üzerinden paylaşılmasının mümkün olduğu bir medya sunmaktadır. Geniş bant teknolojiler ile gelen verimlilik de bu noktada başlamaktadır. Çünkü alışılmış ses ve görüntü hizmetlerinin sunulması için oluşturulan birbirinden bağımsız altyapılara ihtiyaç kalmamakta, aynı medya üzerinde veri, ses ve görüntünün sayısal olarak iletimi sağlanabilmektedir. Aynı alanlarda paylaşılan bilginin bir arada sunulması ile verimlilik sağlanacak ve kullanıcı deneyimi gelişecektir.

Telekomünikasyon sektöründe İnternet ile yaşanan patlamadan sonra artık günümüzde sadece verinin değil ses ve görüntü hizmetlerinin de bir arada sunulduğu yeni nesil ağ kavramı ön plana çıkmaktadır. Bu durum sadece kullanılan erişim teknolojilerini değil bunlar üzerinde sunulan servisleri de geliştirmekte ve telekomünikasyon sektörünü hiç olmadığı kadar geniş kapsamlı bir değişime sürüklemektedir. Bu değişim hem servis sağlayıcılar hem de kullanıcılar için farklı anlamlar ifade etmektedir.

Telekomünikasyon sektöründeki oyuncular, artık sadece bir hız yarışı içinde değildir. Hızlı veri iletiminin yanında, ses, görüntü ve mobilite gibi beklentiler de oyunun bir parçası olmuş ve altyapı yatırımlarını yönlendiren dinamikler arasına girmiştir. İnternet, telefon ve televizyon hizmetlerini sağlayan kurumlar arasındaki ayrımlar kalkmaktadır. Farklı firmalar bu servislerin tamamını tek bir platform üzerinde sunabilmek için bilgi

birliklerini ve güçlerini birleştirme yolunda çalışmaktadırlar. Bu dönüşümü tamamlayamayan tüm aktörlerin ise gelecekte elenmeye mahkum oldukları öngörülmektedir.

Bu çalışmanın amaçlarından biri geniş bant erişim teknolojileri üzerinde çalışan yeni nesil ağ servislerini inceleyerek, bu servislerin kullanıcılar ve servis sağlayıcılar arasındaki iş modelini ne yönde değiştirdiğini değerlendirmektir. Aynı zamanda bu servislerin birleşmesi ile ortaya çıkan yeni durumun, genelde bu servisleri kullanan ülkelerdeki ve özelde Türkiye'deki kullanıcılara yarattığı faydaları ortaya koymaktır. Bu servislerin ihtiyaç duyduğu altyapı gereksinimleri ve mevcut durum da göz önüne alınarak tercih edilecek olan teknolojik araçların en ekonomik ve en etkin biçimde belirlenmesi konusunda önerilerde bulunmak da bu çalışmanın amaçlarındandır. Son olarak, hızlı gelişen her alanda yaşanan standart yoksunluğundan kaynaklanan problemleri aşmak için gerekli olan yasal düzenlemeler irdelenerek, dünyadaki mevcut durumun ne ölçüde bu ihtiyaca cevap verdiği tartışılacaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde, yeni nesil ağ servislerinin verilebilmesi için gereken teknolojiler ve teknik altyapılar üzerinde durulacaktır. Bu bölüm içerisinde, öncelikli olarak, yeni nesil ağların kullanıcıya ulaştırılmasında vazgeçilemeyecek geniş bant erişim yöntemlerini tanımlanacak ve gelişimi hakkında detaylı bilgi verilecektir. Bunun ardından yeni nesil ağ servisleri için erişim ağı gereklilikleri tanımlanacak ve Türkiye'deki durum değerlendirilerek doğru erişim teknolojisinin ne olduğu tartışılacaktır. Birinci bölümün ilk yarısında, son olarak, Türkiye'de geniş bant erişimde baskın teknoloji olan DSL tiplerinin özellikleri ve sundukları avantajlar üzerinde durulacaktır. Birinci bölümün ikinci yarısında ise yeni nesil ağın tanımı yapılarak, yeni nesil ağ içerisinde veri, ses ve görüntü hizmetlerinin teknik geri planı anlatılacak ve servislerin daha iyi anlaşılabilmesi için gerekli bilgiler verilecektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, yeni nesil ağ servisleri, bu servislerin bir arada sunulmasını hedefleyen üçlü oyun, servisler ile ilgili düzenleyici hususlar ve uygulama örnekleri tanıtılacaktır. Bu bölümde, son olarak Türkiye'deki mevcut uygulamalar incelenerek durum değerlendirmesi yapılacaktır.

Tezin son bölümünde ise elde edilen teknik ve idari bulgular değerlendirilerek, bu bulgulardan yola çıkılarak ulaşılan sonuçlar tanımlanacak ve bundan sonraki çalışmalar için öneriler ortaya konacaktır.

1.1. GENİŞ BANT ERİŞİM

1.1.1. Geniş Bant Erişimin Tanımı

Geniş bant erişim, çoklu frekans iletişim sistemlerini, dar bant erişim'den ayırmak için kullanılan bir terimdir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.1). Dar bant erişim'den farklı olarak Geniş bant erişim yöntemleri, yüksek miktarda verinin sürekli iletilmesine ve birden çok hizmetin eş zamanlı sağlanmasına imkan tanımaktadır. Geniş bant erişim, yeni nesil ağlarda servislerin kullanıcıya ulaştırılmasında vazgeçilmez bir rol üstlenmektedir. Geniş bant erişim kavramını tam olarak anlamak için öncesini hatırlamak ve gelişimini incelemek gereklidir.

1.1.2. Geniş Bant Erişimin Tarihçesi

Geniş bant erişim öncesinde çevirmeli ağ üzerindeki 56 Kb/s hız, çoğu kullanıcının tüm dünya ile olan iletişiminde sınırları belirliyordu. Kullanıcının erişimi, süreklilik arz etmediği gibi veri iletişimi ile aynı frekans aralığında yapılan analog telefon görüşmeleri de eş zamanlı olarak gerçekleştirilemiyordu. 1990'ların ortasından itibaren artan internet kullanımı ve kullanıcı beklentileri veri iletişimde hız ile eş zamanlı olarak ses ve görüntü iletimini de gerçekleştirebilecek geniş bant erişimin doğmasını sağlamıştır. Transmisyon tarafında 128 Kb/s hız ile ifade edilmeye başlanan geniş bant erişim, zaman içerisinde gelişen teknolojiler ile bu alt sınırın çok üzerinde seviyelere ulaşmıştır (Çöl and Ünver 2005, ss.124-132).

Gelişen teknolojiler ile birlikte, geniş bant erişim kullanımında çok hızlı bir artış yaşanmıştır. Bu konuda ITU tarafından verilen istatistikler ile 2000 ve 2007 yılları

arasındaki büyük fark Tablo 1.1 ve Tablo 1.2’de görülmektedir (ITU 2007a; ITU 2000a).

Tablo 1.1 : 2000 Yılı İnternet ve geniş bant erişim analizi.

İnternet				Geniş Bant Erişim	
Abone Adedi	100 Kişi Başına Düşen Abone Oranı	Kullanıcı Adedi	100 Kişi Başına Düşen Kullanıcı Oranı	Toplam Abone	100 Kişi Başına Düşen Abone Oranı
166.868.000	2,88	393.451.600	6,51	15.889.000	0,35

Kaynak : International Telecommunication Union, 2000a. ITU 2000 Internet and Broadband.

Tablo 1.2 : 2007 Yılı İnternet ve geniş bant erişim analizi.

İnternet				Geniş Bant Erişim	
Abone Adedi	100 Kişi Başına Düşen Abone Oranı	Kullanıcı Adedi	100 Kişi Başına Düşen Kullanıcı Oranı	Toplam Abone	100 Kişi Başına Düşen Abone Oranı
532.862.000	8,29	1.389.019.700	20,79	352.158.000	5,34

Kaynak : International Telecommunication Union, 2007. ITU 2007 Internet and Broadband.

Tablo 1.3’de 1990’larda tüm dünyada 600 milyonun üzerinde sabit hattın kullanımda olduğu görülmektedir. Bu dönemde sabit hatlar üzerinde sağlanan çevirmeli ağ servisleri ile sınırlı kalmış olan telekom operatörleri gelirlerini arttırmak ve gelişmek istemekteydi. Geniş bant erişim teknolojilerinin gelişimindeki diğer önemli bir neden olarak, yerleşik telefon operatörlerinin gelirlerinin tepe noktasına geldiği ve gelişmelerinin yavaşlama gösterdiği, bu özel dönem içerisinde birçok yeni teknoloji üretilmesi gösterilmektedir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.1).

Tablo 1.3 : 1995 ve 2000 Yılları sabit telefon hattı analizi

Toplam Sabit Telefon Hattı			100 Kişi Başına Düşen Sabit Telefon Hattı		
1995 Yılı	2000 Yılı	1995 ile 2000 Yılları Arası Yüzdesele Değişim Oranı	1995 Yılı	2000 Yılı	1995 ile 2000 Yılları Arası Yüzdesele Değişim Oranı
688.144.700	974.717.200	7,2	12,07	15,99	5,8

Kaynak : International Telecommunication Union, 2000. ITU 2000 Telephone Lines

Geliştirilen teknolojiler arasında, Digital Subscriber Line (DSL) mevcut telefon altyapısının kullanılabilmesi sayesinde hızlı bir yükseliş gerçekleştirdi. Bununla birlikte, Kablo Platformu ve PON sistemini kullanan fiber optik dağıtım metodları da ortaya

çıkmiştir. 90'ların ortası, birçok yeni buluşun hayata geçtiği telekom evriminde önemli bir dönemdir. Synchronous Optical Network (SONET), Integrated Services Digital Network (ISDN) ve Asynchronous Transfer Mode (ATM), Frame Relay gibi birçok yeni teknoloji yoğun olarak kullanıma geçmiştir. Yine bu dönemde gelişmeye başlayan kablosuz ve uydu erişim teknolojileri de diğer bir alternatifi oluşturmaktaydı (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.2).

Tüm bu teknolojik yenilikler, telekom operatörlerinin gelirlerini yükseltebilmesi için gerekli olan yeni ticari servislerin geliştirilebilmesini sağlamıştır. Bu sayede, telekom operatörleri eş zamanlı olarak veri, ses ve görüntü hizmetlerini içeren servisleri portföylerine eklediler (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.1).

Önceleri, sadece televizyon yayınlarını dağıtan kablo platformları 1980'lerde fiber optik kablolar ile oluşturdukları fiber ve koaksiyel birleşiminden oluşan melez yapılara (HFC) geçmiştir. Bu sayede, kablo dağıtım noktalarını kullanıcıya yakınlaştırmayı başaran HFC sistemleri daha kısa bakır kablo kullanımı ile daha yüksek bantgenişliği sağlayan kaliteli ve güvenilir bir platform oluşturmuştur. Bu gelişme ile televizyon yayınlarına ek olarak, kablo kullanıcılarına da geniş bant erişim de sağlanmaya başlanmıştır (Crandall 2005, p.113).

1990'ların ortalarından itibaren, kullanıcı başına düşen gelirlerini arttırmak isteyen yerleşik operatörlerin görüntü servisleri ile yeni gelir alanları yaratmaya çalışması gibi kablo platformları da veri servislerini başlatarak çok yoğun bir rekabet ortamı oluşturdular (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.2).

DSL ve kablolu modem teknolojisi dışında da, çok sayıda kullanıcı tarafından tercih edilen kablosuz teknolojiler ve uydu üzerinden veri aktarımı sağlayan sistemler mevcuttur. Yüksek hızlı kablosuz Internet erişiminde, uydu sistemleri önemli rol oynamaktadır. Bu sistemler, 400–500 Kb/s gibi yüksek veri transfer hızları ile özellikle de DSL ya da kablo modem teknolojisinin bulunmadığı kırsal alanlarda tercih edilmektedir. Gelecekte uydu sistemlerinin, daha yüksek hızlarda ve daha yüksek kapasitede veri aktarımı sağlayacağı tahmin edilmektedir (Crandall 2005, p.114).

1990'larda ön plana çıkan kablosuz Internet erişimi on yıllık süre içerisinde çok hızlı bir gelişim göstermiştir. Kablosuz Internet erişimini, sabit bir alanda sağlamaya yönelik yerel (LMDS) ve çok kanallı dağıtım servisleri (MMDS) olmak üzere iki önemli servis vardır. MMDS, kablolu televizyonun kablosuz alternatifi olarak yorumlanabilir. LMDS, MMDS'den daha farklı frekans aralığında çalışmaktadır. Bu nedenle, elverişsiz hava koşulları altında veri iletiminde aksamalar ortaya çıkabilmektedir (Crandall 2005, p.114).

Kısa mesafe kablosuz iletişimde yaygınlık kazanan bir diğer teknoloji de, yerel ağlarda kablosuz veri iletimi veya çoğunluk tarafından bilenen adıyla WiFi'dır. WiFi, restoranlarda, havalanlarında, üniversite kampüslerinde ve mağaza zincirlerinde kullanılmaktadır. Bu kısa mesafe servisleri henüz ev veya işyerlerinin kullanımına uygun değildir ancak potansiyel olarak gelecekte bu yönde bir gelişim beklenmektedir (Crandall 2005, p.115).

Geniş bant erişim, son on yıllık süreçte 1980'lerde kablolu televizyonun gösterdiği gelişmeye benzer bir gelişim göstermiştir. 2006 yılının ilk çeyreğinde, tüm dünyada geniş bant Internet erişiminden (DSL, kablo modem, fiber ve kablosuz ağları da kapsayan diğer geniş bant erişim teknolojileri) faydalanan yaklaşık 230 milyon kullanıcı bulunmaktadır. 2010 yılında ise sadece DSL kullanımının 500 milyon kullanıcıya erişeceği ve kablo modem gibi diğer alternatiflerin DSL karşısında zayıflayacağı öngörülmektedir.

1.1.3. Türkiye'de Geniş Bant Erişim Alternatifleri

Çalışmanın bu bölümünde, Türkiye'de yeni nesil ağ servislerinin verilmesi için en uygun geniş bant erişim teknolojisinin seçilmesi için gerekli kriterler belirlenecek ve kullanılacak en doğru teknoloji belirlenecektir.

Bu noktada, yeni nesil ağ servislerinin verilebilmesinde vazgeçilemeyecek veri hızı, servis kalitesi gibi erişim gerekliliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yeni nesil servislerinin en temel gerekliliklerinden biri olan bant genişliğinde genel olarak 20Mb/s veri hızı hedeflenmektedir. Bu hız ihtiyacı bir evde kullanılacak veri,

telefon ve televizyon yayınlarının yaratacağı trafiğin eş zamanlı toplamıdır (Broadband Forum 2009a). Broadband Forum yeni nesil ağ servislerinden veri, ses ve görüntünün aynı anda sağlandığı üçlü oyun hizmetleri için gerekli kullanıcı deneyimi kalitesi kriterlerini TR-126 raporu içerisinde tanımlamıştır (Wright, Rahrer and Fiandra 2006). Bu raporda servisler klasifiye edilirken ITU'nun G.1010 Multimedya QoS Kategorileri standartları göz önünde bulundurulmuştur. Tablo 2.4 içerisinde bu gerekliliklerin son mildeki erişim ağı ile ilgili olan konu başlıkları ve servis kalitesindeki beklentiler listelenmektedir.

Tablo 1.4 : ITU G.1010 - Data, ses ve görüntü uygulamalarında performans hedefleri.

	Gecikme	Gecikme Varyasyonu	Veri Kaybı
Görüşme Amaçlı Ses Trafiği	<150ms tercihen <400ms üst limit	<1ms	<1%
Tek Yönlü Görüntü Akışı	<10s	Önemli Değil	<1%
WEB Tabanlı Veri Trafiği	<2s tercihen <4s üst limit	Önemli Değil	Olmamalı
Yüksek Miktarda Veri Transferi	<15s tercihen <60s üst limit	Önemli Değil	Olmamalı
İnteraktif Oyun Trafiği	<200ms	Önemli Değil	Olmamalı
Elektronik Posta Trafiği	<2s tercihen <4s üst limit	Önemli Değil	Olmamalı

Kaynak : International Telecommunication Union, 2001. End-user multimedia QoS categories ITU-T Recommendation G.1010, Geneva, Switzerland.

Veri sesvisleri, transmisyon sürecindeki gecikmelerden diğer servislerden daha az etkilense de olası paket kayıplarından oluşabilecek veri kaybını tolere edememektedirler. Bundan dolayı, veri bütünlüğünün önemli olduğu veri transferlerinde, kontrol sağlayan ve iletimi güvence altına alan TCP protokolü kullanılmaktadır. Ancak, interaktif oyunlar gibi kullanıcı tepkilerinin yansımalarının önemli olduğu veri hizmetleri, gecikmeden yüksek oranda etkilenebilirler. Karşılıklı görüşme amaçlı ses servislerinde ise yüksek gecikme, insanların karşılıklı konuşma senkronizasyonunu bozduğu için tolere edilemez ve ses deneyiminde sorunlara neden olur. Ağ üzerinde gecikme farklılıklarından dolayı ses paketlerinin sıralamasının bozulması da, ön bellek kullanımının ek gecikmeye neden olmasından dolayı düşük

oranlarda düzeltilebilir. Aynı şekilde, karşılıklı akış halindeki çift taraflı sürekli görüşme içerisinde oluşabilecek veri kayıpları da tekrar iletim ile düzeltilemez ve ancak çok düşük seviyede paket kayıp oranları kabul edilebilir.

Yeni nesil ağ servislerini geniş bant erişim teknolojileri üzerinden dağıtacak servis sağlayıcının ilk karar vermesi gereken konu, servise uygun medya tipinin belirlenmesidir. Bu amaçla, geniş bant erişim alanındaki alternatifleri transmisyon tiplerinin kullandığı medya tiplerine göre ayırabiliriz. Tablo 1.5 içerisinde günümüzde telekomünikasyon alanında kullanılan farklı medya tipleri ve üzerlerinde çalışan transmisyon teknolojileri listelenmiştir.

Tablo 1.5 : Geniş bant medya ve transmisyon alternatifleri.

Medya Tipi	Erişim Teknolojisi
Bükümlü Bakır	HDSL, SDSL, G.SHDSL, ADSL, ADSL2, ADSL2+, ADSL2-RE, RADSL, VDSL, LR-VDSL2-12MHz, SR-VDSL2-30MHz
Koaksiyel	HFC, DOCSIS1.0, DOCSIS1.1, DOCSIS2.0, DOCSIS3.0, PacketCable 1.0, PacketCable 1.5, PacketCable 2.0, OpenCable, CableHome
Fiber	FTTN, FTTH/FTTP, APON, EPON, GPON
Kablosuz	DBS/DTH, WiMax, FSO, WiFi
Mobil	UMTS HSDPA, CDMA EV-DO
Elektrik Şebekesi	Broadband PLT

Kaynak : Goleniewski, L. & Jarrett, K. W., 2006. Telecommunications Essentials, Second Edition: The Complete Global Source. Boston: Addison Wesley Professional.

Yeni nesil ağ servisleri geniş kitlelere erişmeyi hedeflemektedir. Özellikle bireysel kullanıcılara erişim amaçlanırken, bu alanda başarıyı sağlayacak en büyük unsur yaygınlıktır.

Bu noktaya kadar belirtilen gereksinimler doğrultusunda lisanslı spektrum kullanımı, girişim sorunları, direk görüş gereklilikleri, düşük bant genişliği ve düşük erişim

mesafeleri gibi kısıtlayıcı nedenlerden dolayı mevcut kablosuz çözümler henüz ihtiyaçları karşılayabilecek durumda değildir (Corning 2005, p.16).

Kablosuz çözümlere benzer olarak, elektrik hatları üzerinden erişim sunan PLT çözümlerinde sağlanabilen veri hızı 1 veya 2 Mb/s seviyelerinde kalmaktadır (Cantekinler ve diğ. 2008a, s.5). Özellikle HDTV gibi, çok yüksek bant genişliklerine ihtiyaç duyulan uygulamaların sunulabilmesi için elektrik hatları üzerinden sağlanabilecek mevcut çözümler yeterli koşulları sağlamamaktadır.

Uygun teknolojik şartların sağlanabildiği kablo platformu Türkiye’de sadece bir devlet kurumu olan Türksat tarafından, çok kısıtlı sayıda kullanıcıya geniş bant erişim hizmeti sunmaktadır (Cantekinler ve diğ. 2008a, s.60). Türksat Adana, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bursa, Denizli, Edirne, Erzurum, Eskişehir, Gaziantep, İstanbul (Anadolu / Avrupa), İzmir, Kayseri, Kocaeli, Konya, Tekirdağ, Zonguldak, Mersin, Samsun, Yalova ve Manisa illerinde, kablo platformu üzerinden geniş bant erişim sağlandığını açıklamıştır (TURKSAT 2009). Türkiye’deki kablo platformunun kısıtlı erişim alanı ve rekabete kapalı yapısı, yeni nesil ağ servislerinin geniş kitlelere ulaştırılması önünde engel oluşturmaktadır.

Çok uzun mesafelerde yüksek bant genişlikleri sağlayabilen fiber optik çözümler, geleceğe dönük platformlar oluşturabilmektedir. Ancak fiber optik uygulama süreçlerindeki zorluklar, ekipmanların yüksek maliyetleri gibi nedenlerden dolayı henüz düşük oranlarda kullanılmaktadır. Özellikle, evlere kadar fiber erişimin sağlandığı Fiber to the Home (FTTH) uygulamalarında uç başına maliyetler, 1,000 ile 1,800 Amerikan Doları arasında değişen seviyelere ulaşabilmektedir (Eriksson and Odenhammar 2006, p.1). Yüksek maliyet ve sınırlı kurulum alanı nedeniyle, fiber optik çözümleri henüz Türkiye’de yeni nesil ağ hizmetlerinin verilebilmesi için uygun değildir.

DSL çözümlerinde yaşanan gelişmeler sonucunda, ADSL2+ ve VDSL2 yeni nesil ağ servislerinin verilebilmesi için gerekli olan veri hızı, güvenilirlik ve düşük hata oranlarını karşılayabilmektedir. FTTN çözümleri ile birlikte kullanıldığında da erişim alanları genişletilebilen ADSL2+ ve VDSL2 yeni nesil ağ servislerinin verilmesinde yakın gelecekte en doğru çözümü oluşturmaktadır. DSL teknolojisinin telefon hizmetleri ile aynı anda sunulabiliyor olması yaygın bakır kablo altyapısı üzerinde diğer

teknolojilere göre daha düşük yatırım maliyetleri ile çok yüksek sayıda aboneye ulaşılabilmesini sağlamaktadır. Ülkemizde yerel ağın paylaşıma açılması ile rekabet ortamı sağlanmış DSL çözümleri, yeni nesil ağ servislerinin sunulmasında servis sağlayıcılar için en uygun erişim platformunu sağlamaktadır.

1.2. GENİŞ BANT ERİŞİM ÇÖZÜMÜ OLARAK xDSL TEKNOLOJİLERİ

Çalışmanın bu bölümünde Türkiye’de yeni nesil ağ servislerinin verilmesinde en uygun çözüm olan DSL teknolojisinin ayrıntıları ve sağladığı avantajlar incelenecektir.

DSL, lokal devrelerin bükümlü bakır kabloları üzerinde çalışan ve dijital transmisyon sağlayan teknoloji ailesine verilen genel adıdır. DSL, noktadan noktaya bağlantı ile sağlanan ve sürekli açık olan bir erişim teknolojisidir Dünya üzerinde kullanılan en yaygın geniş bant erişim teknolojisi DSL tipleridir. DSL teknolojilerinde özel ve sınırlı kullanım alanları olanlar dışında kalan ana başlıklar şunlardır;

- i. High-Bit-Rate Digital Subscriber Line (HDSL)
- ii. Symmetrical (Single-Line) Digital Subscriber Line (SDSL)
- iii. Symmetric High-Speed Digital Subscriber Line (G.SHDSL)
- iv. Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL), ADSL2, ADSL2+ ve ADSL2-RE
- v. Rate-Adaptive Digital Subscriber Line (RADSL)
- vi. Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line (VDSL) ve VDSL2

Tüm bu ana başlıkları ve alt tipleri, bir arada ifade etmek için xDSL terimi kullanılmaktadır.

DSL, 1988 yılında Bellcore tarafından iki ucunda DSL modemlerin takılı olduğu hat üzerindeki arka plan gürültüsünü filtreleyerek dijital bir sinyalin doğru bir şekilde, bakır kablo üzerinden iletilebilmesini sağlayan bir teknik olarak ortaya çıkmıştır. Bunun için

telefon hizmetinde kullanılmayan bir frekans aralığının tercih edilmesi, DSL'in telefon hizmeti ile birlikte aynı lokal devre üzerinde çalışabilmesini mümkün kılmıştır. Bu sayede, ses ve veri sinyalleri arasında girişim olmamaktadır.

Tüm DSL tiplerinin gelişiminde, kullanıcı ihtiyaçları ve uygulamaların etkileri görülmektedir. Bu noktalardaki çeşitlilik DSL tiplerine de yansımaktadır. Tablo 1.6 içerisinde DSL tiplerinin sağladıkları veri hızları ve erişim mesafeleri yönünden farklılıkları görülebilmektedir.

Tablo 1.6 : DSL teknoloji opsiyonları.

DSL Ailesi	İsim	ITU Standartı	Yayın Tarihi	Veri Hızı	Erişim Mesafesi
HDSL	HDSL	G.991.1	1980'lerin sonu	DOWN:2Mbps UP:2Mbps	3,6 km
SDSL	SDSL	-	-	DOWN:2Mbps UP:2Mbps	5,5 km
SHDSL	G.SHDSL	G.991.2	2001 2003'de güncellendi	DOWN:5,6Mbps UP:5,6Mbps	5,5 km
ADSL	G.dmt	G.992.1	1999	DOWN:7Mbps UP:800Kbps	5,5 km
ADSL	G.lite	G.992.2	1999	DOWN:1,5Mbps UP:512Kbps	5,5 km
ADSL2	G.dmt.bis	G.992.3	2002	DOWN:12Mbps UP:1Mbps	5,5 km
ADSL2	G.lite.bis	G.992.4	2002	DOWN:12Mbps UP:1Mbps	5,5 km
ADSL2+	ADSL2+	G.992.5	2003	DOWN:24Mbps UP:1Mbps	5,5 km
ADSL2+	ADSL2-RE	G.992.3	2003	DOWN:8Mbps UP:1Mbps	5,5 km
RADSL	RADSL	-	-	DOWN:7Mbps UP:1Mbps	5,5 km
VDSL	VDSL	G.993.1	2004	DOWN:55Mbps UP:15Mbps	1,5 km
VDSL2	LR-VDSL212MHz	G.993.2	2005	DOWN:55Mbps UP:30Mbps	4,5 km
VDSL2	SR-VDSL230MHz	G.993.2	2005	DOWN:100Mbps UP:100Mbps	0,5 km

Kaynak : Goleniewski, L. & Jarrett, K. W., 2006. Telecommunications Essentials, Second Edition: The Complete Global Source. Boston: Addison Wesley Professional.

Tüm bu DSL tipleri, bükümlü kablo çifti üzerinde yüksek bant genişliği ile transmisyona sağlamayı amaçlamaktadır. Her birinin gelişiminde daha iyi modülasyon veya hat kodlama teknikleri kullanılarak daha yüksek veri bitlerinin taşınmasına çalışılmıştır. Çok sayıda özel DSL tipi bulunsa da günümüzde yaygın olarak kullanılan tipler ADSL, G.SHDSL ve VDSL aileleri olarak özetlenebilir. Çalışmanın bu bölümünde, bu tiplerin teknolojik gelişimleri ve özellikleri incelenecektir.

1.2.1. ADSL

Orjinal olarak Bellcore tarafından 1988'de tasarlanmış olan ADSL spesifikasyonu, iki standardizasyon kurumu tarafından da ele alınmıştır. Bunlardan biri ANSI, bir diğeri ise endüstri içinde 1994 yılında kurulmuş bir konsorsiyum olan ADSL Forum'dur. İlk DSL standartları CAP (Carrierless Amplitude Modulation) ve Discrete Modulation Multitone (DMT) olarak adlandırılan iki ana modülasyon şemasına sahiptir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.220).

CAP en çok kullanılmış modülasyon tekniği ve geniş bir geçirme bandı kullanan tek taşıyıcılı bir modülasyon şemasıdır. Diğer taraftan, DMT, çoklu ayrıık taşıyıcılar ile birçok dar bant kanalının kullanımını sağlayarak, daha yüksek bant genişliğine ulaşılmasını sağlar (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.220).

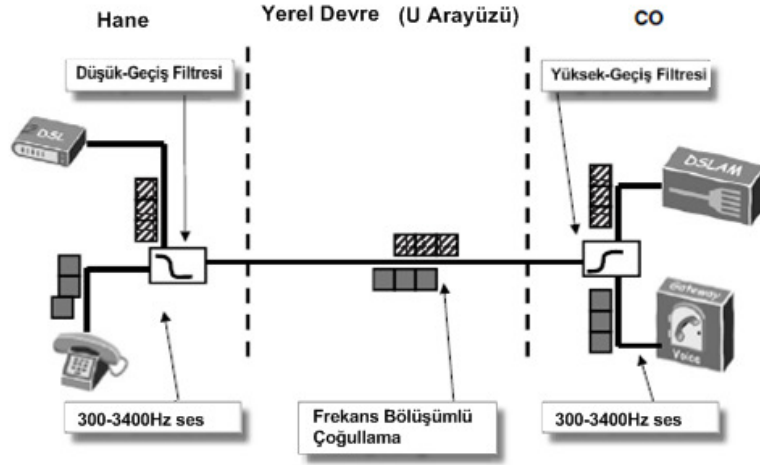
Her iki yöntem, farklı modülasyonları kullanmalarına rağmen üst katmanlardaki protokollere aynı arayüzü sağlamaktadır. DMT gelişimini sürdürmüş ve günümüzde ITU tarafından belirlenmiş G.992 ve G.993 standartları altında tanımlanmıştır. Bu bölümde, tüm ADSL standartlarını ele almak yerine en geçerli olanları üzerinde durulacaktır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.220).

Genel olarak ADSL, diğeri dijital transmisyona standartları ile benzer şekilde dijital sinyallerin bir veya daha çok analog taşıyıcı üzerinden iletimidir. ADSL bazlı servislerin önemli bir kısmı POTS veya ISDN telefon haberleşmesinin mevcut olduğu aynı fiziksel kablo üzerinde var olabilirler. Bu FDM (Frequency Division Multiplexing) diye adlandırılan bir yöntem ile iki servisin iki farklı frekans alanına bölünmesi sayesinde mümkündür (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.220).

POTS alt parçayı alırken, geri kalan üst frekans aralığı ise ADSL'e aittir. ADSL alanında ise çift katlı bir yapı içerisinde, gönderim ve alım parçaları bulunmaktadır. Gönderim için düşük bant aralığı kullanılırken, indirme için üst frekans bandı ayrılmıştır. "Asymmetric Digital Subscriber Line" ifadesindeki asimetrik bölümü, gönderim ve alımdaki veri transfer hızı arasındaki farktan gelmektedir. Alım hızı her zaman gönderim hızından yüksektir. Bu tasarımın amacı, ev kullanıcılarına sunulacak görüntü servislerinde yüksek miktarda indirme yönünde veri transferi yapılacağına öngörülmesidir. Zaman içerisindeki uygulamalarda, bu konunun doğruluğunu kanıtlamıştır. ADSL'nin asimetrik doğası, NEXT (Near-End Cross Talk) problemlerini azaltmakla birlikte, daha yüksek lokal devre uzunluğuna, çok sayıda servise ve aksi takdirde ulaşılamayacak yüksek veri hızlarına imkan tanımıştır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.221).

ADSL servisinin karakteristiklerini belirleyen konulardan biri de, kullanıcı ile santral arasında bulunan devrenin uzunluğudur. Örnek olarak, ADSL 1,8 km ye kadar 8 Mb/s veri transfer hızına ulaşabilmektedir ancak, bunun üzerindeki mesafelerde hız düşmeye başlar. Çünkü, kablo uzunluğu ve frekansla orantılı olarak artan direnç sinyal seviyesinde zayıflamaya neden olmaktadır. Yani, kablo uzunluğu arttıkça direnç artmakta ve bu düşük frekanslardan daha çok yüksek frekansları etkilemektedir. Veri indirme için ayrılmış alanın daha yüksek frekans bandında olmasından dolayı, bu yönde veri transferi ilk etkilenen alan olarak hat hızının düşmesine neden olmaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.221).

Şekil 1 de FDM sayesinde ADSL'nin POTS veya ISDN servisleriyle aynı fiziksel hattı nasıl paylaştığı görülebilmektedir.



Şekil 1.1 : ADSL ve telefon hizmeti aynı fiziksel hat üzerinde nasıl çalışır.

Kaynak : Hellberg, C., Greene, D. & Boyes, T., 2007. **Broadband Network Architectures Designing and Deploying Triple-Play Services.** Boston: Prentice Hall

1.2.1.1. G.DMT (ITU-T G.992.1) Standartı

G.DMT'nin sunduğu birçok özellik servis sağlayıcıları ilgilendirmektedir. İlk olarak doğal STM veya ATM veri yolları ADSL sinyali üzerinde taşınabilmektedir. Ek olarak, ADSL bir EOC (Embedded Operations Channel) oluşturarak, hatla ilgili istatistik ve teşhis amaçlı bilgileri sunabilmektedir. EOC'nin ilginç bir özelliği de bir otonom veri transfer modu olmasıdır. Bu beceri, 15 kb/s hızında bir veri kanalı ile abone tarafındaki cihaz hakkında üretici ismi, yazılım, donanım, revizyon numarası, seri no ve diğer bilgi amaçlı parametrelerin DSLAM'a iletilmesini sağlar. Bu sayede kullanıcı cihazlarının, ağ üzerinde seri numarası bazında takibinin yapılabilmesi gibi faydalar yaratılır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.222).

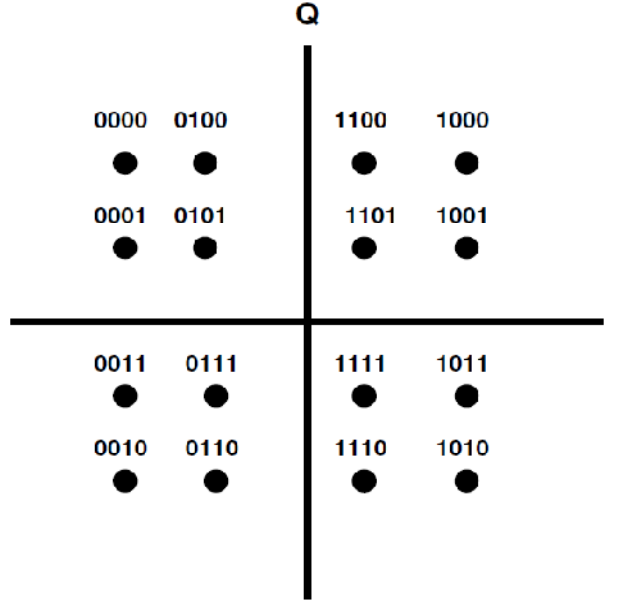
Son olarak, "dying gasp" diye adlandırılan bir mesaj kullanıcı cihazında enerji kesintisi durumunda gönderilebilir. Kullanıcı tarafındaki cihazın bu mesajı transfer edebilmesine yetecek kadar, çalışma gücüne sahip olması gerekir. Bu sayede DSLAM kesintinin hattaki bir problemde değil de, kullanıcı tarafındaki bir güç kaybından kaynaklandığı bilgisine sahip olacaktır. Bu standart ek olarak, POTS ve ISDN frekanslarının ADSL sinyali ile bir arada var olabilmeye imkan tanımaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.223).

1.2.1.2. Standartlar ve Spektrum

ANSI CAP standartının önüne geçmek için ITU, ilk DMT bazlı standardı olan G.992.1'i 1999'un ortasında yayınlamıştır. DMT bazlı ADSL, POTS servislerinin frekans aralığı olan 0 ile 4 kHz bandını kullanmayarak aynı kablo üzerinde bir arada var olabilmeyi mümkün kılmıştır. Aslında 300 ile 3400 Hz frekansları arasında yer alan analog ses haberleşmesinden sonra da küçük bir tampon bölge bırakılarak V.90 modülasyonunda ihtiyacı olabilecek 4000 mHz frekansına kadar ayırım gerçekleştirilmiştir. Bu standarta göre 25 kHz ile 1,1 MHz arasında kalan tüm frekans bandı ADSL spektrumu olarak değerlendirilir. Bu band üzerindeki frekanslardan 25 kHz ile 138 kHz arası gönderim yönüne ve 138 kHz ile 1,1 MHz arası indirme yönüne adanmıştır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.223).

1.2.1.3. Veri Kodlaması

Standart aynı zamanda veri bitlerinin servis sağlayıcının modemi ile kullanıcı tarafındaki modem arasında nasıl kodlanacağını da açıklamaktadır. Servis sağlayıcının modemi için ATU-C (ADSL Transceiver Unit-CO) ve kullanıcı tarafındaki ekipman için de ATU-R (ADSL Transceiver Unit-Remote) tabirleri kullanılmaktadır. Kodlamada bir yıldız kümesi şeması kullanılmaktadır. Bu yöntem ile bir bit yığını (sembol olarak da adlandırılır) kablo üzerindeki analog örnekleme frekansındaki değişiklikler ile ifade edilebilir. Hattın veri hızını arttırabilmek için faz değişiklikleri, genlik değişiklikleri veya her ikisi birden kullanılabilir. Veri gönderim miktarını iyileştirebilmek için ise, TCM (Trellis Code Modulation) önerilmektedir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.223).



Şekil 1.2 : 16-QAM Yıldız kümesi şeması.

Kaynak : Hellberg, C., Greene, D. & Boyes, T., 2007. *Broadband Network Architectures Designing and Deploying Triple-Play Services*. Boston: Prentice Hall, p.225.

Sinyalin fazı ile genliği baz alınarak belirlenen her bir nokta, bir bit serisini göstermektedir. Analog sinyali alan cihaz demodülasyon ile sinyalin genliğini ve fazını kontrol ederek bit serilerine çevrim yapar ve tam tersi yönde gönderim için kodlama gerçekleştirir. Trellis kodlama şemasının bu örneğinin dışında QPSK, 64-QAM ve 128-QAM gibi daha birçok farklı versiyonu bulunmaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.225).

1.2.1.4. Veri Modülasyonu

Veri bitleri kodlanır kodlanmaz, her biri 32 kb/s veri akışını destekleyen bins veya alt taşıyıcılar olarak kablo üzerinde modüle edilirler. Bu alt taşıyıcıların herbiri kendi frekans bandına sahiptir. Alt taşıyıcılar 4 kHz'in hemen sonrasında başlar. Hepsi kullanılmamakla birlikte, 255 adettirler ve indirme yönünde 8 Mb/s'nin biraz üzerinde bir veri akışı sağlarlar. Bu alt taşıyıcılardan biri pilot sinyal için kullanılır ve toplam çıktı kapasitesini 32 kb/s düşürür. Alt taşıyıcılar farklı sayılarda bit'leri taşıyabilirler. Bu durum bit hata oranı ile sınırlıdır. Eğer çok yüksek sayıda hata oluşuyor ise sembol başına bitlerin sayısı düşecektir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.225).

1.2.1.5. Hata Düzeltme ve Tespiti

Lokal devre üzerinde oluşabilecek bit hatalarını tespit edip düzelterek bu duruma tolerans sağlanması için Reed-Solomon Forward Error Correction (FEC) yöntemi kullanılmaktadır. TCM'de kullanılan yıldız kümesi şemasına benzer bir şekilde FEC orjinal veriyi örnekleyerek çalışır. RAID-5 veri depolama sistemlerine benzer şekilde orjinal veriye ek olarak gönderilen eşlik sembolleri sağlanmaktadır. Bu sayede veri üzerinde bozulma yaşandığı durumlarda, eşlik kontrolü ile bozulan bölüm kurtarılabilir. Elbetteki bu veri koruma metodunun bir götürüsü bulunmaktadır. Eşlik kontrolü için gönderilen bilgiler gerçek veri hızını düşürmektedir. Oluşan ek yük uygulamaya göre değişmektedir. Hata oranı yüksek hatlarda orjinal yüke daha çok FEC eklenebilir. FEC kodlamalı bu sistemler, kod kelimeler olarak adlandırılır ve ADSL modem sistemlerinin bir sonraki seviyesi olan modülatöre ulaşırlar (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.226).

Reed-Solomon FEC kodları izole tekil hataları gidermek için başarılı olurlarken, hattaki ani bir gürültü sonucu oluşabilecek ardıl hatalarda çok iyi sonuçlar sağlayamamaktadır.

G.992.1 standardı ardıl bit bloklarında hatalar oluşmaması için bir kod kelimenin gönderilen verilerin aralarına girilmesini sağlar. Bu sayede, ani yoğunluklarda hataların veri bloklarının arasında dağıtılması sağlanabilir. Verilerin kodlanması öncesinde bloklar halinde kuyruklanmasından dolayı ADSL hattı üzerinde 1 ila 32 ms arasında değişen ek bir gecikme oluşmaktadır. Serpiştirme yöntemi ADSL bağlantılarının gürültüye karşı dayanıklılığını arttırmak için gerekli bir yöntemdir. VoIP ve çevrimiçi oyunlar gibi gecikmeye duyarlı uygulamalar için ise serpiştirme yapılmayan hızlı bir yol sağlanabilmekte ve gürültüye karşı dayanıklılık ile gecikme arasında takas gerçekleştirilebilmektedir. (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.226).

1.2.1.6. G.LITE (ITU-T G.992.2) Standardı

G.992.2 standartında tanımlandığı üzere, G.lite G.992.1 ADSL spesifikasyonunun sadeleştirilmiş bir uygulamasıdır. Ancak bazı geliştirmeleri de içermektedir. G.lite STM iletim metodunu kaldırmış ve sadece ATM'yi veri iletim metodu olarak tanımlamıştır. Hatta oluşan gürültüler (örneğin bir telefonun açılıp kapatılması) sonrasında hattın hızlı bir şekilde yeniden sınanması yeni bir özellik olarak eklenmiştir. Bu standardın indirme

yönündeki maksimum bant genişliği 1,5 Mb/s kadar düşük bir hızdır. Modülasyon seviyesinde alt taşıyıcıların sayısı indirme yönü için 127 ve gönderme yönü için 31 ile sınırlandırılmıştır. Müşteri tarafında merkezi bir ayraç kullanılmasına gerek olmaması ve kullanıcı tarafı modemlerin düşük frekans kullanımından dolayı, dönemine göre düşük maliyetli üretilebilmesi bu standardın avantajları arasında bulunmaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.227).

1.2.2. ADSL2

ADSL'in evrimindeki ikinci adım G.992.3 içerisinde tanımlanmış olan ADSL2 standardıydı. Bu standart, kısa mesafede indirme yönünde 12 Mb/s hıza ulaşılmasını sağlıyordu. Bu ilerleme geliştirilmiş hat kodlama teknikleri, sinyal işleme algoritmaları ve diğer birçok alt seviye iyileştirmenin ilk nesil ADSL standardına uygulanması ile sağlanmıştı. Elektriksel seviyede çoğu karakteristik özellik ADSL ile aynıydı. Halen 4,3 kHz alt taşıyıcıların kullanıldığı 25 kHz ila 1,1 MHz frekans spektrumunda çalışıyordu. ADSL2 de POTS ve ISDN sistemleri ile eş zamanlı olarak DSL sinyalinin bir arada çalışabilmesine imkan tanımaktadır. Ancak bu yeni teknolojiye tam dijital mod diye adlandırılan ve kullanıcı tarafındaki cihazların 3kHz gibi düşük frekansları da kullandığı bir seçenek vardır. Bu durumda analog telefon görüşmelerine ait olan spektrumda kullanılarak maksimum gönderim hızında 256 kbps değerinde bir artış sağlanmaktadır. Özellikle POTS servisinin verilmeyeceği veya telefon hizmetinin farklı bir yöntem ile sunulacağı durumlarda, bu artış simetrik bir hizmet sunulmasına yakınlama açısından da büyük bir avantaj sağlamaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.227).

1.2.2.1. ADSL2'nin Getirdikleri

DSL servislerinin ilk çıkışının sonrasında yapılan iyileştirmelerle, daha uzun lokal devrelerin kullanılabilmesi, senkronizasyon zamanının kısaltılması gibi birçok gelişme gerçekleştirilmiştir. Bunlardan bir diğeri de, hattın şartlarının değişmesi durumunda dinamik olarak uyum sağlamasını mümkün kılan Dynamic Rate Adaptation (DRA) özelliğidir. Standart eş zamanlı olarak STM, ATM ve ADSL üzerinden ses taşınmasının nasıl gerçekleştirileceğini de açıklamaktadır. DSL üzerinden ses, aynı anda kanalize edilmiş ses servisi ile hücre bazlı ATM akışının taşınabilmesini sağlar. Ses ve veri

servisinin birleştirildiği bu yöntem ile servis sağlayıcı DSLAM tarafındaki aynı ekipman ile her iki servisi de sunabilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.228).

ATM Forum tarafından yayınlanan Inverse Multiplexing over ATM (IMA) yöntemi ile bağlantı birleştirme tekniği iki veya daha fazla bakır kablo çiftinin, bir bağlantıya göre daha yüksek veri hızı sağlanması amacı ile birleştirilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, iki hat üzerinde dağıtılmış hücreler diğer uçta doğru sıra ile birleştirilebilirler (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.228).

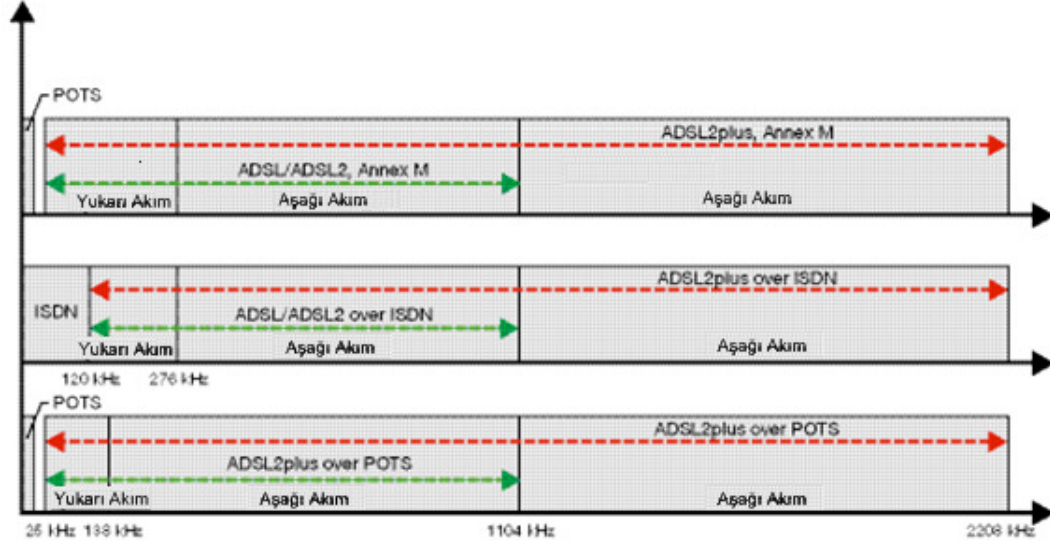
ADSL2 lokal devre uzunluğunu kablo çapına göre 4,5 ila 5,5 km arasında kullanılabilir hale getirmiştir. Değişken çerçeve ek yükleri kullanımı ile sağlamıştır. ADSL 32 kb/s ek yük getiren çerçeveler kullanırken ADSL2 4 ila 32 kb/s arasında değişen çerçeveler kullanmaktadır. Bu yöntem özellikle ek yüklerin taşınan yüke oranının yüksek olduğu durumlarda, örneğin 128 kb/s gibi veri hızının düşük olduğu hatlarda ek saniye başına kazanılan her bir kilobit nedeniyle çok kullanışlıdır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.228).

Önceki sistemlerde on saniye kadar süren el sıkışma işlemi üç saniyeye kadar düşürülmüş ve hattın tamamen kapalı olduğu durumdan başlayan sınanma süreci kısaltılmıştır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.228).

Alt taşıyıcılardaki hata oranlarının takibi sonucunda, yüksek hata oranları için gerçek zamanlı olarak hat senkronizasyonu hızının ayarlanabilmesi sağlanmıştır. Yöntem, hata oranının çok yüksek olduğu hatlarda, alt taşıyıcıların sembol başına bit oranlarının düşürülmesine dayanmaktadır. Bu oran, hata oranları azalmadığı sürece sıfıra kadar düşürülür ve gerekirse ilgili DMT alt taşıyıcısı tamamen devre dışı bırakılabilir. Bu sayede tüm hattın düşürülmesi yerine, sadece hat hızı düşürülmektedir. Eğer hat üzerindeki gürültü geçerse, hattın tekrar sınamasıyla daha yüksek hat hızına geri dönüş gerçekleştirilebilir. Bu yöntem sayesinde G.992.1 standardında olduğu gibi hattın belli bir bit hata oranının üzerine çıkması durumunda tamamen yeniden sınanmasının önüne geçilmiştir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.229).

1.2.3. ADSL2+

ITU'nun ADSL2+ standardını yayınlamasıyla, indirme yönündeki hız 24 Mb/s gibi ciddi bir artış göstermiştir. Bu gelişme, frekans aralığının 2.2 MHz'e çıkarılması ve alt taşıyıcıların 512 adete yükseltilmesi ile elde edilmiştir. Şekil 1.3 içerisinde farklı ADSL standartlarının frekans kullanımları görülmektedir.



Şekil 1.3 : POTS ve ISDN servisleri ile ADSL uygulamalarının frekans alakosyonu.

Kaynak : Eriksson, P.-E. & Odenhammar, B., 2006. VDSL2: Next important broadband technology, p.37

Eklenen tüm yeni alt taşıyıcılar, indirme yönünde kullanılmıştır. Bu standart, genel olarak ADSL2 (G.992.3-4) üzerine kurulu olduğu için en yüksek gönderme hızı 1 Mb/s sınırında kalmıştır. Buna bir istisna olarak Annex M uygulaması karşımıza çıkar. Annex M içerisinde, 138 kHz olan maksimum gönderme frekansı potansiyel olarak 276 kHz'e yükseltilmiştir. Annex A ve B'nin indirme için kullandığı bu 138 kHz ila 276 kHz aralığının Annex M tarafından gönderim için kullanılması nedeniyle bu standart çok yaygınlaşmamıştır. Çünkü bu üç tipin aynı anda kullanıldığı örneklerde, kablolar arasındaki girşim riski yükselmiş ve NEXT oluşmaması için gönderim ve alım amacıyla farklı spektrumlar kullanan DSL sistemleri riskli duruma gelmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi lokal devre mesafesi arttıkça ve kullanılan frekans yükseldikçe kablo direnci de artmaktadır ve yüksek frekanslı iletişim, bu durumdan daha fazla

etkilenerek sinyalde güç kaybına uğramaktadır. ADSL2+ ile ulaşılan, 24 Mb/s indirme hızı 900 metre uzunluğundaki mesafelerden sonra zayıflamakta iken, ADSL teknolojisinde ise 1,8 km sonrasında benzeri zayıflamalar görülmektedir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.229).

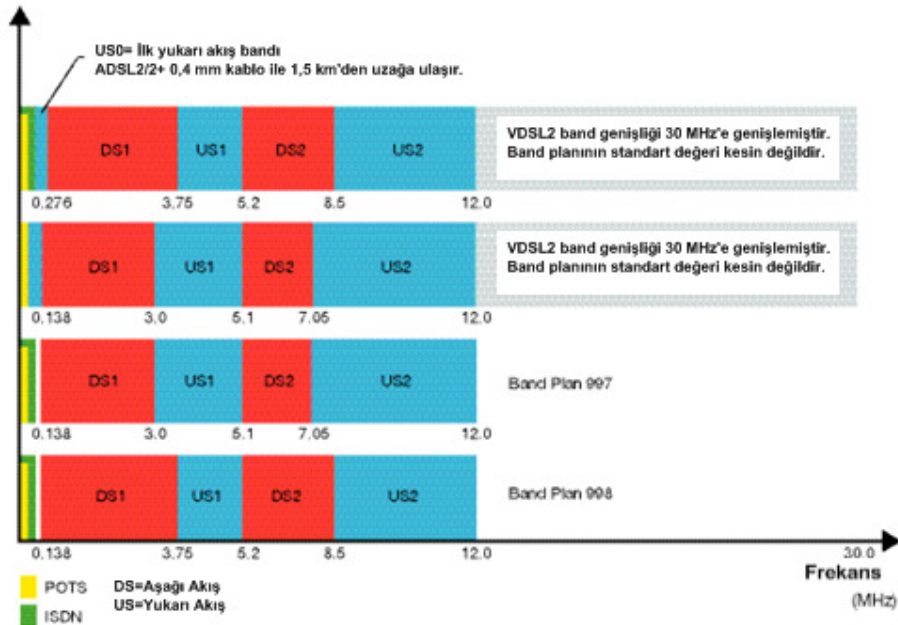
1.2.4. VDSL ve VDSL2

Her geçen gün artan sayıda yeni nesil uygulamalar ile son milde veri hızı ihtiyacı da artmış ve simetrik çözümlerin gerekliliği görülmüştür. Bu konuda çözüm oluşturabilecek bir teknoloji olarak VDSL standartlaştırma çalışmaları 90'ların ortalarında başlamış ancak ADSL2 ve ADSL2+ teknolojilerinin geliştirilmesine yoğunlaşılması, VDSL standartının gelişimini yavaşlatmıştır. Bu sebeple özel uygulamalar olarak çıkan VDSL-QAM ve VDSL-DMT, 2003 yılında önemli DSL sağlayıcıların DMT hat kodlamasını seçmesi üzerine bu alanda birleşmiştir. Bu konu IEEE'i tarafından standartlaştırılmaya çalışılan VDSL üzerinden, Ethernet çalışmalarında tek bir hat kodlaması ile uyumluluğun tercih edilmesinden de etkilenmiştir. Yapılan çalışmalar, ilk VDSL standardında hem QAM hem de DMT kullanımının dahil edilmesiyle sonuçlanmış, ancak ITU tarafından sonraki tüm VDSL standartlarında DMT kullanılacağı ön görülmüştür (Eriksson and Odenhammar 2006, p. 37). 2004 yılının Ocak ayında, yeni bir standart olan VDSL2 (G.993.2) için ilk çalışmalar ITU tarafından yayınlanmış ve 2005 yılı Mayıs ayında yapılan bir toplantıda konsensus sağlanmıştır. ADSL tiplerinde olduğu gibi VDSL2'de de DMT kodlama tekniğini kullanılmaktadır ve geriye dönük olarak donanım değişikliği gerektirmeden ADSL standartlarına da otomatik geçiş yapılabilir. Bu geri uyumluluk sayesinde, ADSL teknolojilerinden yapılacak altyapı geçişlerinde kullanıcı tarafındaki cihazlar değiştirilmeden altyapıda değişiklikler yapılabilir (Eriksson and Odenhammar 2006, p.37).

ITU'nun G.993.1 standardına uygun olarak 12MHz'e kadar yükseltilmiş VDSL frekans aralığının ADSL sistemleri ile girişimini sınırlayabilmek için öncüllerine göre farklı bir bant kullanım planı takip edilmiştir. VDSL ve VDSL2'de en düşük frekans bandı 138kHz'den başlatılmış ve bu frekans ilk indirme taşıyıcısı olarak kullanılmıştır. Bu sayede diğer ADSL sistemleri ile en az girişim için komşu kablolar ile spektral olarak

daha uyumlu olunması sağlanmıştır. Daha sonraki frekans bantları ise, indirme, gönderme ve yine indirme yönünde kullanılmaktadır. Bu frekans grupları, bölgesel bazlı ihtiyaçları karşılamak ve simetrik hizmet verebilmek için bant planları kullanılarak bölünebilirler (Hellberg, Greene and Boyes 2007, pp.230-231). Örnek olarak, 2000 yılında 998 ve 997 numaralı bant planları tanımlanmıştır. Bunlardan ilki olan 998 asimetrik servisler için tasarlanmışken, 997 simetrik hizmetlerin verilebilmesini amaçlamaktadır. VDSL2 kullanılan spektrumu 30MHz'e kadar arttırılmıştır. Uzun mesafeli hatlarda performans artışı için 25kHz ila 138kHz frekans aralığı da gönderme yönünde alt taşıyıcılara tahsis edilmiştir. Kısa mesafelerdeki performans artışıysa, 12MHz'den 30MHz'e çıkarılarak elde edilmiştir (Eriksson and Odenhammar 2006, p.39).

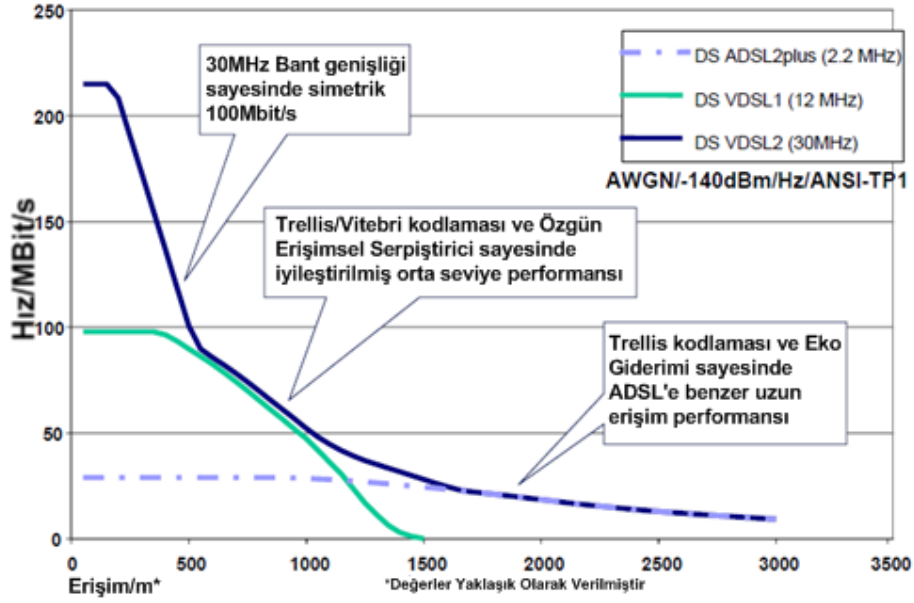
Frekans gruplarını farklı bir şekilde kullansa da VDSL ve VDSL2, ADSL teknolojilerindeki gibi POTS ve ISDN frekans aralıklarında çalışmadığı için bu servisler ile aynı hattı paylaşabilir. Şekil 1.4 içerisinde VDSL ve VDSL2 frekans aralıkları ve bant planları görülmektedir.



Şekil 1.4 : VDSL ve VDSL2 Bant planları.

Kaynak : Eriksson, P.-E. & Odenhammar, B., 2006. VDSL2: Next important broadband technology, p.39

Yüksek frekans aralıklarının, daha fazla dirençle karşılaşmasından ötürü oluşan kayıplardan dolayı hedeflenen üst limitler için daha kısa lokal devrelerin kullanılması gerekmektedir. Bir diğer önemli nokta, hat frekansındaki bu artışın önceki DSL standartlarına göre daha fazla girişime neden olmasıdır. Şekil 1.5 içerisinde ADSL2+ ve VDSL tiplerinin erişim mesafeleri ve bu mesafelerde ulaşılabilecek en yüksek hızlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 1.5 : ADSL2+, VDSL ve VDSL2 Teknolojilerinin performans karşılaştırması.

Kaynak : Broadband Forum, 2009. DSL Technology Evolution, p.22

Erişimde ADSL2+'ın mesafelerine VDSL hızı ile ulaşılması, VDSL2'nin en önemli özelliklerinden biridir. Diğer önemli bir gelişme ise ilk milde kapsülleme olarak, Ethernet teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıdır. Bu sayede, ATM'nin aradan çıkarılması ile uçtan uca Ethernet erişim mimarisi üzerinde, sadece VLAN tanımları kullanılarak servisler basitçe tanımlanabilmektedir (Eriksson and Odenhammar 2006, p.42). Artık, ATM içinde kullanılan hücre başına 5 byte olan ek yükler ortadan kalktığı için, paket boyutuna bağlı olarak yüzde 20'ye varan oranda bant genişliği kazanılmaktadır. Ek olarak, ileriki uygulamalarda DSL çiplerinin içindeki ATM desteği tamamen kaldırılarak donanımların basitleştirilmesi de mümkün olabilecektir.

VDSL tiplerinde, yüksek erişim mesafesinin göreceli olarak, daha düşük olması kullanıcıya yakın lokasyonlarda, örneğin sokak kabinetlerinde, kurulumlar yapılmasını

gerektirebilmektedir. Bu tür kurulumlar için, fiber optik kablolarla dağıtım sağlanan FTTN (Fiber to the Node) çözümü kullanılmaktadır. Artık servis sağlayıcı tarafındaki cihazlar VTU-O VDSL (Transceiver Unit at the Optical Network Unit) ve kullanıcı tarafındaki cihazlar da, VDSL Transceiver Unit-Remote Site (VDSL-R) olarak adlandırılmaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.230).

1.2.5. G.SHDSL

HDSL ve SDSL'in uluslararası bir standart olarak kabul edilmemiş ve uygulamalarında problemler yaşanmıştır. Bundan dolayı, kurumsal geniş bant erişim ihtiyacındaki açığı karşılamak amacı ile G.SHDSL geliştirilmiştir. G.SHDSL ile T-1, E-1, ISDN, ATM ve IP protokollerine ait yükler taşınabilmektedir (Goleniewski and Jarrett 2006).

G.SHDSL, ilk olarak ITU-T tarafından 2001 yılında G.991.2 başlığı altında standartlaştırılmıştır. Daha sonraki çalışmalarla, bu standart geliştirilmiş ve G.991.2.bis olarak güncellenmiştir (Goleniewski and Jarrett 2006). Uluslararası bir standart olarak kabul edilmiş olması sayesinde, yüksek seviyede üretilmesi ekonomik olarak donanım maliyetlerini düşürmektedir (Goleniewski and Jarrett 2006).

Bu erişim teknolojisinde bir veya iki bakır kablo çifti kullanılabilir. G.SHDSL ile, bakır kablo üzerinde simetrik ve hız uyarlmalı bir servis sağlanabilir. Özellikle simetrik bağlantılar, gelişmiş kurumsal uygulamaların her iki yöndeki yüksek bant genişliği ihtiyacı için tercih edilmektedir. G.SHDSL ile tek kablo çifti kullanılarak her iki yönde 5,6Mb/s veri hızına ulaşılmaktadır. (Goleniewski and Jarrett 2006). SHDSL tekrarlayıcı kullanılarak, mesafe artışı sağlanabilen bir teknolojidir. Bu sayede, daha uzun mesafelere erişim sağlanabilir. Öncüllerine göre daha iyi bir hat kodlaması kullanması tekrarlayıcı kullanımına çok daha uzun mesafelerden sonra ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.236).

Diğer önemli bir gelişme ise, 5,5 km gibi uzak mesafelerde T-1/E-1 sinyallerinin taşınmasında tekrarlıyıcılara ihtiyaç kalmamasıdır. ADSL'in, daha önceki simetrik teknolojilerin erişim mesafelerinde çalışabilmesi, operatörler kapsama alanını geliştirerek yeni müşteriler dolayısıyla da ek gelirler sağlamıştır (Goleniewski and Jarrett 2006).

İlk çıkan standart, 1 veya 2 kablo çifti kullanırken; yeni çıkan standart ile 4 çifte kadar eş zamanlı olarak hat birleştirme yapılabilmektedir. Bu sayede, tüm kablolardan sağlanabilecek bant genişliği birleştirilebilir. (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.237).

G.SHDSL simetrik bant genişliği sunması ve gönderim yönünde sunduğu hız ile özellikle kurumsal kullanıcılar tarafından tercih edilmektedir (Cantekinler 2008a, s.60).

1.3. YENİ NESİL AĞLAR

1.3.1. Yeni Nesil Ağın Tanımı

ITU'nun tanımına göre Yeni Nesil Ağ, paket tabanlı bir ağ ile telekomünikasyon servisleri sunabilen altyapılardır. Bu altyapılarda, servis kalitesinin sağlandığı taşıma teknolojileri ve servisler ile ilgili fonksiyonların bu teknolojilerden bağımsız olduğu birçok geniş bant teknolojisi kullanılır. Bu durum, kullanıcıların ağ erişimlerinde özgürlük sağlayacak ve tercih ettikleri servis sağlayıcılar ve/veya servisler arasında rekabet oluşturacaktır. Bu sayede, genel hareketlilik desteklenecek ve servislerin kullanıcılar için aynı anda, her yerde kararlı bir şekilde sağlanması mümkün olacaktır (ITU 2007b, p.21).

Teknolojik açıdan bakıldığında, ana şebeke ve kullanıcı erişim ağında yeniliklerin bulunduğu bir altyapı sunulmaktadır. Ana şebeke, ağ kontrol katmanından bağımsız bir paket tabanlı taşıma katmanı ile kurulmakta ve genel olarak mimarisinde IP temel alınmaktadır. Ancak, servis kalitesinden emin olunabilmesi için bu taşıma katmanı Multi Protocol Label Switching (MPLS) ile zenginleştirilmiştir. Son kullanıcının erişiminde de veri, ses ve görüntünün eş zamanlı olarak aktarılabilirdiği paket tabanlı birçok farklı geniş bant erişim teknolojileri tercih edilmektedir (ITU 2007b, p.21).

Bu amaçla veri hizmetleri için MPLS altyapılarının, ses hizmetleri için Voice over IP teknolojilerinin ve görüntü hizmetleri için Video over IP kullanımının her geçen gün arttığı servis sağlayıcılar ortaya çıkmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde, yeni nesil ağ altyapıları üzerinde kullanılan teknolojiler tanımlanacaktır. Bu sayede, verilecek servisler için gereken altyapı koşulları açıklanacaktır.

1.4. YENİ NESİL AĞLARDA MPLS KULLANIMI

MPLS, geleneksel IP ağlarında görülen servis kalitesi yönetimi ve yönlendirme zekasındaki eksiklikler gibi zayıflıkları giderebilmek için geliştirilmiştir.

Cisco'ya ait bir standart olarak ortaya çıkmış olan MPLS, günümüzde yoğun olarak ilgi görmektedir. IETF tarafından, 1997 yılında sunulmuş ve çekirdek tanımlamaları 2000 yılında tamamlanmış olan MPLS, çok büyük ölçekli geniş alan ağlar göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır (Goleniewski and Jarrett 2006).

MPLS, IP ağlarındaki statik yollar üzerinde yönetim imkanı tanıyarak servis sağlayıcıların servis kalitesinin kontrolü ve ağ kaynaklarının kullanımında optimizasyon için gerek duyduğu trafik mühendisliğini mümkün kılmıştır. Bu sayede, VPN hizmetleri için gerekli temel altyapılarda oluşturabilmektedir (Goleniewski and Jarrett 2006).

Kontrol düzeyi ile yönlendirme düzeyini ayırması, IP kontrol düzeyinin IP tabanlı olmayan cihazlar üzerinde de kullanılabilmesini sağlamıştır. Çoklu protokol desteği sayesinde, kapsülleme yaparak çok sayıda farklı protokolün taşınmasında kullanılabilir. Protokollerin kapsüllemesi esnasında, etiketlerde eklenir. Bu etiketler, belirli bir hat veya mantıksal hatlar üzerindeki veri akışını tanımlayan eşsiz numaralardır. Kullanılan etiketler her bir atlayışta değiş tokuş edilmektedir (Goleniewski and Jarrett 2006).

1.5. YENİ NESİL AĞLARDA VOICE OVER IP KULANIMI

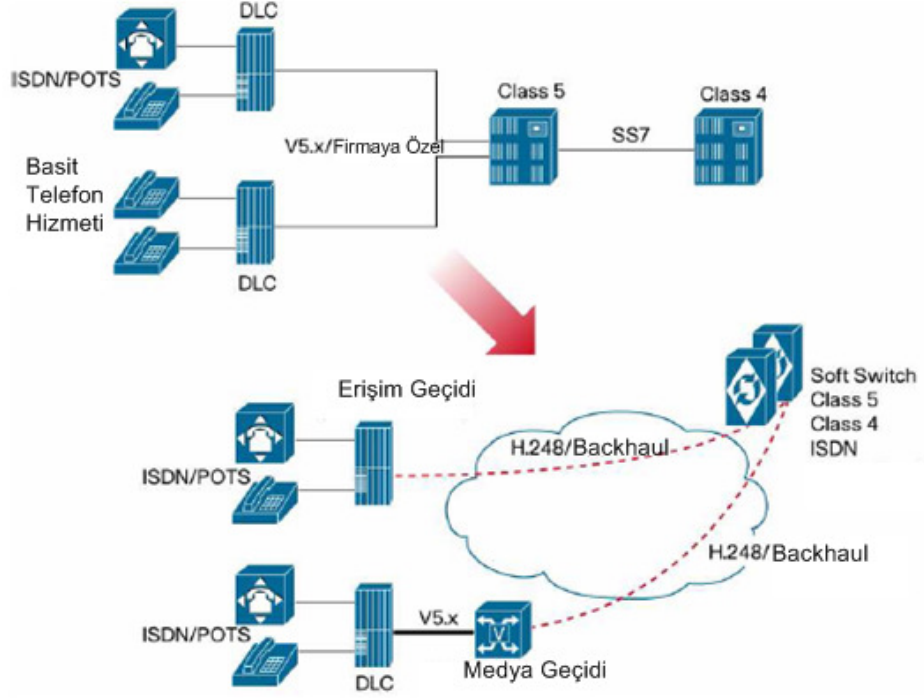
En temel tanımıyla VoIP, sesin Internet Protokolü (IP) üzerinden taşınmasıdır. Ancak, bu terim ile özetlenen teknolojinin arkasında kurulu bir çok bileşen ve işlev bulunmaktadır.

1.5.1. Devre anahtarlama alternatif paket anahtarlama

PSTN dünyasında kullanılan devre anahtarlama ağı, iki uç arasında iletişim kurulmadan önce, tüm ara cihazlar bir kanal (devre) oluşturacak şekilde aralarında bağlantı kurarlar. Bu sayede, iki uç arasında oluşan adanmış devre, kullanıcı tarafından serbest kılınmadığı sürece başka hiçbir kullanıcı tarafından kullanılamaz.

Sabit hat operatörlerinin devre anahtarlama ağı, Class 4 ve Class 5 santrallere ek olarak ileri servis becerileri için akıllı ağ (IN) birimleri de bulunur. Telefon switch'leri sesi trunk'lar ve hatlar üzerinden toplamaktadır. Bu hat ve trunklar, kullanıcı ile lokal santral arasındaki bağlantıyı sağlar. Trunk'lar aynı zamanda, santraller arasındaki bağlantılarda da kullanılır.

Devre anahtarlama PSTN altyapıları, kullanılan yedekli donanım ve adanmış kaynak kullanımı ile yüksek erişilebilirliği olan devamlı yapılarıdır. (Montgomery 2005, pp.44-45) Ancak, adanmış kaynakların kullanımı ve yeni uygulamaları entegre etmenin zorluğu nedeniyle yatırım maliyetleri yüksektir.



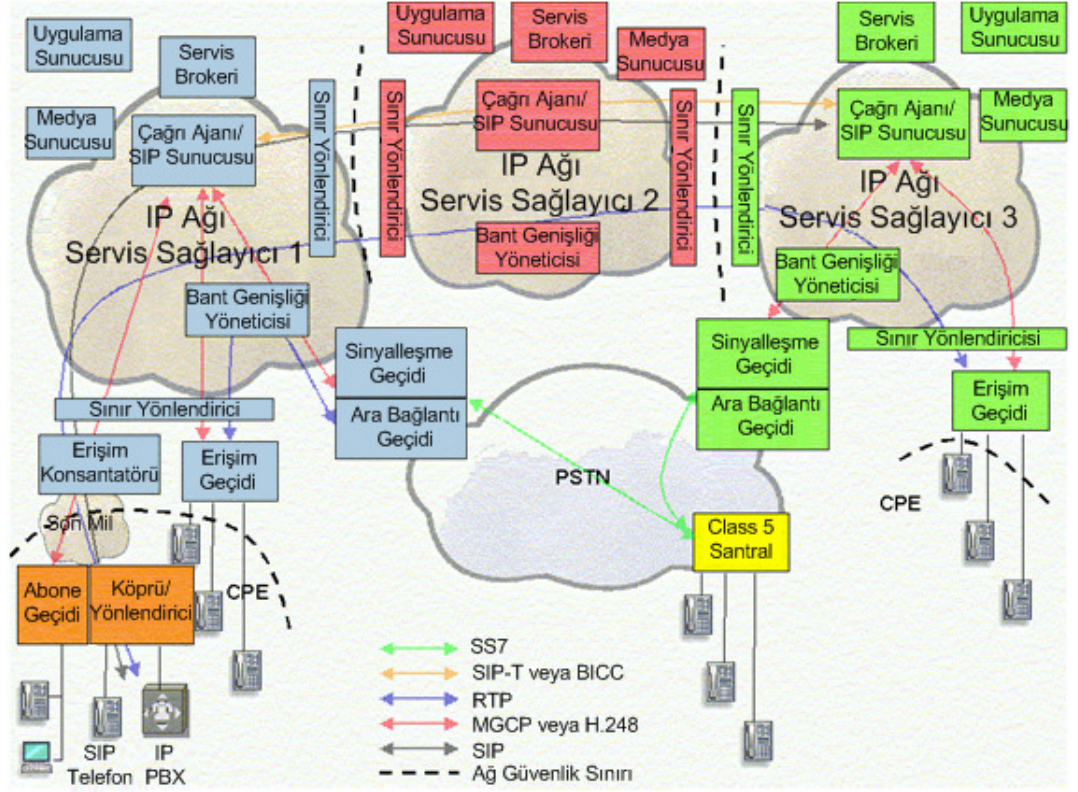
Şekil 1.6 : Telefon mimarisindeki evrim.

Kaynak : Cisco Systems Inc., 2006a, Building the Carrier-Class IP Next-Generation Network, p.16.

Şekil 1.6 içerisinde görüldüğü üzere, yeni nesil ağlarda hat kontrol birimleri ile telefon switch'leri arasında paket anahtarlama bir ağ bulunmaktadır. Bu sayede, aynı ağ üzerinde birçok servis eş zamanlı olarak verilmekte ve yönetilebilmektedir. Akıllı telefon ağlarının evrimi sonucunda ulaşılan bu yapıya Yeni Nesil Telefon Ağı denmektedir (Montgomery 2005, p.5).

1.5.2. Yeni nesil telefon servis sağlayıcıları

Paket anahtarlama ağlar sayesinde, artan hizmet çeşitliliği ve erişim özgürlüğü servis sağlayıcıların ağları ve servis paketlerini de etkilemektedir.



Şekil 1.7 : Yeni nesil telefon ağı mimarisi.

Kaynak : Drew, P. & Gallon, C., 2003. Next-Generation VoIP Network, MSF Technical Report, MSF-TR-ARCH-001-FINAL, Fremont, CA, U.S.A., p.6.

Şekil 1.7 içerisinde, Multiservice Switching Forum tarafından verilmiş üç farklı operatör tipi ve ağ mimarileri görülmektedir.

- i. Servis Sağlayıcı 1, yerel erişim sağlayıcısı olarak hizmet vermektedir. Müşteri erişimleri, SIP protokolünü kullanan IP telefonlarıyla, IP Santral sistemleri kullanılarak ve geleneksel POTS telefonları için Erişim Geçitleri (Access Gateway) veya Abone Geçitleri (Subscriber Gateway) üzerinden sağlanmaktadır (Drew and Gallon 2003, p.6).
- ii. Servis Sağlayıcı 2 ise, telefon ağı üzerinden SIP, SIP-T ve BICC sinyalleşme protokolleri ile servis sağlayıcılararası bağlantı sağlamaktadır (Drew and Gallon 2003, p.6)..
- iii. Servis Sağlayıcı 3, bir yerel erişim sağlayıcısı olarak diğer operatörlerle SIP protokolünü kullanarak sinyalleşme yapmaktadır. Ancak abonelerine Erişim

Geçitleri kullanarak, sadece POTS hizmeti vermektedir (Drew and Gallon 2003, p.6).

Sadece bir IP ağından öte olan Yeni Nesil Telefon Ağları, kendine has tasarım ve bileşen ihtiyaçlarına sahiptir. Bu bölümde bu bileşenlerin en önemlileri listelenecektir.

1.5.2.1. Çağrı Ajanı (Call agent)

Çağrı ajanı, servis sağlayıcı içerisinde çağrı mantığı ve çağrı kontrolü fonksiyonlarını yerine getirir. Temel olarak, ağ üzerindeki tüm görüşmelerin çağrı durumunu takip eder. Temel işlevine ek olarak, Caller-ID, çağrı bekletme, sesli posta ve bunun gibi birçok tamamlayıcı servisin mantıksal yönetimleri de çağrı ajanı tarafından gerçekleştirilir. Diğer uygulama sunucuları tarafından sunulan servisler için de ilgili sunucularla etkileşime geçer. Çağrı ajanı orjinasyon, terminasyon ve yönlendirme mesajlarında sinyalleşme ve cihaz kontrolü için devreye girer. Ağ mimarisindeki diğer tüm bileşenlerle, iletişim halinde olabilmek için SIP, SIP-T, H.323, BICC, H.248, MGCP/NCS, SS7, AIN, ISDN ve bunlar gibi birçok protokolü destekleyebilir. Ücretlendirme ve mutabakat amaçlı olarak çağrı kayıtlarının oluşturulması da, çağrı ajanı görevleri arasındadır (Drew and Gallon 2003, p.7).

Çağrı ajanı Media Gateway Controller, Softswitch veya Call Controller olarak da adlandırılırlar. Tüm bu terimler, farklı yönleri belirginleştirse de aslında, çağrı durumu yönetimi temel fonksiyondur (Drew and Gallon 2003, p.7).

1.5.2.2. SIP sunucusu ve SIP istemcisi

SIP sunucusu, çağrı ajanına benzer şekilde ağ içerisindeki SIP sinyalleşmesini yönetir. Temel görevleri arasında, SIP taleplerinin yönlendirilmesi ve iletilmesi, çağrı yönetim politikalarının uygulanması ve çağrı kayıtlarının oluşturulması bulunur. Bu sayede, SIP telefonlar veya SIP santrallerden gelen istekler karşılanıp doğru hedefe yönlendirilir (Drew and Gallon 2003, p.7).

SIP İstemcisi ise, SIP sunucusuna benzemekle birlikte, SIP sinyalleşmesinin orjinasyon ve terminasyon bölümlerinde bulunur. Örnek olarak, operatörler arasındaki bir SIP çağrısı SIP İstemcisi üzerinden gerçekleştirilecektir (Drew and Gallon 2003, p.7).

1.5.2.3. Servis brokeri (service broker)

Servis brokeri, sağlayıcı ağının sınırında konumlandırılır. Uygulama sunucuları, medya sunucuları, çağrı ajanı ve alternatif teknolojiler üzerindeki servisler arasında dağıtım, koordinasyon ve kontrol görevlerini gerçekleştirir. Genel olarak, yeni nesil ağlarla geleneksel TDM tabanlı servislerin birleştirilmesinde önemli bir rol oynar. Birçok servisin birleştirilmesini ve yeni servislerin oluşturulmasını da sağlayarak, operatör gelirlerinin arttırılmasını da mümkün kılar (Drew and Gallon 2003, p.7)..

1.5.2.4. Uygulama sunucusu (application server)

Uygulama sunucuları, servis sağlayıcı ağında bulunurlar ve bir veya daha fazla uygulama için servis mantık yönetimi ile yürütme işlevlerini gerçekleştirir. Çağrı ajanı tarafından direk olarak sunulmayan sesli posta ve konferans görüşme hizmetleri yönettikleri konular arasındadır. Çağrı ajanı, kendi gerçekleştiremediği servisler için gelen talepleri, doğru uygulama sunucusuna göndererek hizmetin verilmesini sağlar (Drew and Gallon 2003, p.7).

1.5.2.5. Medya sunucusu (media server)

Anons sunucusu, olarak da adlandırılan medya sunucuları servis sağlayıcı ağı içerisinde konumlandırılır ve çeşitli kontrol protokolleri (H.248, MGCP, SIP) ile çağrı ajanı ve uygulama sunucular tarafından ses hizmetlerinde kullanılırlar (Drew and Gallon 2003, p.7).

Medya sunucular tarafından gerçekleştirilen temel fonksiyonlar;

- i. Anonsların çalınması,
- ii. 3'lü ve diğer konferans görüşmelerinde birleştirme,
- iii. Ses kodlamalı arasında dönüştürme ve ses aktivitesi tespiti,
- iv. Ton tespiti ve üretimi,
- v. Etkileşimli Sesli Yanıt (IVR) işleme,
- vi. Faks işleme olarak sıralanabilir.

1.5.2.6. Sinyalleşme geçidi (signaling gateway)

Sinyalleşme geçidi, SS7 bazlı PSTN ağı ile çağrı ajanı arasında geçit işlevi görerek, iki farklı ağ teknoloji arasında sinyalleşme mesajlarının transfer edilebilmesini sağlar. Genel olarak, IP üzerinden SS7 protokolünün taşınması sağlanırken bazı durumlarda sinyalleşme protokolleri arasında dönüşümde gerçekleştirilir (Drew and Gallon 2003, p.7).

1.5.2.7. Ara bağlantı geçidi (trunking gateway)

Servis sağlayıcının paket tabanlı IP ağı ile TDM (Time Division Multiplexing) bazlı PSTN ağı arasında, ses geçişi için kod dönüşümü sağlar. Çağrı ajanı/Media Gateway Controller tarafından H.248 (Megaco) veya MGCP protokolleri kullanılarak yönetilirler (Drew and Gallon 2003, p.8).

1.5.2.8. Erişim geçidi (access gateway)

Çağrı ajanı/Media Gateway Controller tarafından H.248 (Megaco) veya MGCP protokolleri ile yönetilen erişim geçitleri abonelere geleneksel POTS hizmeti ile telefon servisinin verilebilmesini sağlarlar (Drew and Gallon 2003, p.8).

1.5.2.9. Erişim konsantratörü (access concentrator)

Servis sağlayıcı ile müşteriler arasındaki WAN bağlantılarını sağlar. DSL ağlarında DSLAM, kablo platformunda ise CMTS olarak adlandırılırlar. Erişim geçidi özelliklerini de üzerinde barındırarak yeni nesil DLC (Digital Loop Carrier) olarak da adlandırılan tipleri de bulunur. Örnek olarak, DSL erişimlerinde kullanılan DSLAM'lar üzerinden POTS hizmetinin de sağlanabildiği ürünler vardır. Birden çok servisin verildiği bu tip, MSAN (Multi Service Access Node) olarak da adlandırılmaktadır. Aynı kablo üzerinden verilen DSL ile POTS veya ISDN sinyalleri kullanıcı tarafında bulunan bir ayraç ile farklı cihazlara dağıtılır. Bu yöntem ile kullanıcı tarafında, SIP destekli bir cihazı kurmanın ek maliyetleri de olmadan en basit şekilde VoIP hizmetlerinin dağıtımı sağlanabilir (Drew and Gallon 2003, p.8)..

1.5.2.10. Bant genişliği yöneticisi (bandwidth manager)

Servis sağlayıcı ağının QoS yönetimi için gerekli olan bant genişliği kontrolünü sağlar. Sınır yönlendiriler üzerinde gerekli politikaların uygulanmasını sağlayarak çağrı bazında medya akışını kontrol eder (Drew and Gallon 2003, p.8).

1.5.2.11.Sınır yönlendirici (edge router)

Sınır yönlendiriciler, servis sağlayıcının ana IP şebekesine giriş ve çıkışların yapıldığı noktalardır. Erişim konsantratörleri ile birlikte kullanılarak, birçok farklı amaç için konumlandırılabilirler (Drew and Gallon 2003, p.8).

1.5.2.12.Abone geçidi (subscriber gateway)

Abone tarafındaki WAN bağlantısının sonlandırılmasını sağlarken, üzerlerindeki az sayıda telefon arabirimi ile veri hizmetinin yanında ses hizmetini de sunarlar. Abone geçidi, çağrı ajanı tarafından H.248 (Megaco) veya MGCP/NCS gibi protokoller kullanılarak yönetilir. SIP üzerinden, SIP sunucular ile sinyalleşme yapan tipleri de bulunur. DSL teknolojilerinin kullanıldığı çözümlerde Entegre Erişim Cihazı (IAD) olarak adlandırılan abone geçitleri, kablo platformunda ise MTA olarak anılmaktadır (Drew and Gallon 2003, p.9).

1.5.2.13.Köprü/Yönlendirici (bridge/router)

Abone tarafındaki WAN bağlantısının sonlandırılmasını sağlar. Abone geçidinden farklı olarak, ses hizmetini kendi üzerinden sağlaması mümkün değildir. Bundan dolayı, IP telefonlar ve IP PBX'ler ile birlikte kullanılırlar ve bu cihazların geniş bant teknolojileri üzerinden erişimlerini sağlarlar (Drew and Gallon 2003, p.9).

1.5.2.14.IP telefon ve IP PBX

IP telefonlar ve IP PBX'ler müşteri lokasyonunda çalışır ve ses servisinin uçtan uca IP üzerinden verilebilmesini sağlar. Çağrı ajanı tarafından H.248 (Megaco) veya MGCP gibi cihaz kontrol protokolleri ile yönetilebilirler. Diğer bir olasılık ise SIP veya H.323 gibi sinyalleşme protokolleri kullanarak SIP sunucusu yada Gatekeeper ile etkileşime geçmeleridir (Drew and Gallon 2003, p.9).

1.5.2.15.Medya geçidi (media gateway)

Müşteri lokasyonunda çalışan medya geçidi mevcut yatırımların korunmasını sağlar. Üzerinde bulunan dijital veya analog arabirimler sayesinde, genekselle santrallerin ve telefonların IP üzerinden haberleşebilmesini mümkün kılar. Günümüzde, genel olarak SIP protokolü kullanarak servis sağlayıcıda bulunan SIP sunucu ile sinyalleşen ürünler tercih edilmektedir.

1.5.3. VoIP servislerinde güvenlik

Veri servislerine benzer şekilde, paket anahtarlama yeni nesil ağlar üzerinde sunulan telekomunikasyon servisleri de tehdit altındadır. Temel olarak, bu saldırılar servislerin kaçak kullanımı, servis devamlılığının engellenmesi veya özel görüşmelerin takibi amaçlıdır. Fiziksel devreleri kullanan PSTN'nin güvenlik standartlarına alışmış kullanıcı beklentileri VoIP teknolojilerinde de güvenliğin ve kişisel gizliliğin sağlanması için çeşitli teknolojilerin geliştirilmesine neden olmuştur. Sinyalleşme protokollerinin içerisindeki kullanıcı doğrulama gibi yöntemlerle yetkisiz erişimlere engel olunmaya çalışılsa da, saldırılardan korunmak için ek güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bundan dolayı, diğer dijital güvenlik ihtiyaçlarında olduğu gibi kimlik, içerik ve bütünlüğün korunması için geliştirilen yöntemler sinyalleşme ve medya akışında çeşitli önlemler almaktadır.

1.5.3.1. TLS kullanımı ile sinyalleşme güvenliği

VoIP sinyalleşmesinde yoğun olarak kullanılan SIP protokolü metin tabanlıdır ve ağ üzerinde şifrelenmeden taşınırken, MAC spoofing gibi saldırılarla araya girilerek izlenmesi mümkün olabilmektedir. Sinyalleşme içeriğine ve bütünlüğüne yapılabilecek bu tür saldırıları engellemek için text tabanlı benzer bir protokol olan HTTP içinde kullanılan Transport Layer Security (TLS) şifreleme teknikleri, kolay uyulanabilirliği ile VoIP sinyalleşmesinin korunmasında ön plana çıkmaktadır.

RFC 4346 içerisinde tanımlanmış, TLS sunucu istemci mimarisindeki protokollerde SHA-1 ve AES gibi algoritmaları kullanarak çift yönlü kimlik doğrulaması ve veri şifrelemesi sağlar. TCP üzerinde çalışan TLS'in performans üzerinde fazla etkisi yoktur. Veri iletiminde kesinliğin bulunmadığı UDP ile, çalışması gereken örneklerde RFC 4347 içerisinde tanımlanmış olan DTLS (Datagram Transport Layer Security) kullanılması gerekmektedir (Thermos and Takanen 2007, pp.176-185).

1.5.3.2. SRTP ile medya güvenliği

Sinyalleşme için yapılan saldırılara benzer şekilde, görüşme içeriğinde hedef alınması mümkündür. Saldırgan, geleneksel PSTN sistemlerinde kablo üzerinden yapılan dinleme gibi ses akışını sağlayan RTP paketlerinin, ağ üzerinden dinlenmesi ve birleştirilmesi ile şifrelenmemiş ses içeriğine erişilebilir. Bu amaçla kullanılacak

ücretsiz yazılımlar İnternet üzerinden kolayca bulunabilmektedir. Örnek olarak, ağ problemlerinin tespiti ve analizi için geliştirilmiş bir trafik analiz yazılımı olan Wireshark (Wireshark Network Analyzer - www.wireshark.org) ile ağ üzerindeki çağrılar kayıt edildikten sonra dahili medya oynatıcı ile görüşme ek bir yazılıma ihtiyaç duyulmaksızın dinlenebilir.

Bu alanda günümüzde yaygın olarak tercih edilen yöntem IETF tarafından RFC 3711 içerisinde standartlaştırılmış olan SRTP (Secure Real Time Protocol) kullanımınıdır. Bu yöntemi kullanan uygulamaların, RTP paketlerini, gönderim öncesinde MIKEY (Multimedia Internet KEYing) kullanarak elde ettikleri şifreleme anahtarları ile kodlamaları ve SRTP paketlerine dönüştürmeleri gerekir. Şifreleme işleminde AES (Advanced Encryption Standard) algoritmalarının kullanılması önerilmektedir.

1.5.4. VoIP servislerinde kalite kontrolü

1990'ların ortalarından itibaren gelişen, İnternet üzerinden ses hizmetleri en başından beri mevcut PSTN hatlarının ses kalitesi ile kıyaslanmaktadır. Zaman içerisinde gelişen teknolojilerle, ses kalitesinin yükseltilmesi ve korunmasında birçok ilerleme kaydedilmiştir. Geniş bant erişimin de yaygınlaşması ile sadece ucuz görüşme değil, tüm alışlagelmiş PSTN altyapısının ikame edilmesinde de VoIP kullanan altyapılar ön plana çıkmaktadır. Bu değişim sürecinde en önemli konulardan biri de, ses hizmetlerinde kalitenin korunması ve sürekliliğin sağlanmasıdır (Broß and Meinel 2008, p.127).

Bu konuda rol oynayan etkenleri bant genişliği, gecikme ile gecikme varyasyonu ve ses bilgilerinin kaybı olarak inceleyebiliriz. Devre anahtarlamalı ağlardaki 64 kb/s bant genişliği, VoIP üzerinde kullanılan yeni ses kodlama algoritmaları ile istenen ses kalitesine göre daha düşük veya daha yüksek bant genişlikleri kullanabilmektedir. Gecikme için ise, ITU'nun da önerdiği şekilde 150 ms en yüksek hedef olarak tercih edilmektedir. Bu seviyeden sonra, ses görüşmesi çok yüksek oranda etkilenmeye başlamakta ve 250 ms'nin üzerindeki gecikmelerde, karşılıklı konuşma duygusu kaybedilmektedir. Ses görüşmelerine ait verilerde, kayıplar yeniden aktarım ile

düzeltilmeyeceği için ancak çok düşük seviyede, kabul edilebilir (Broß and Meinel 2008, p.127).

Ses kalitesinin ölçümünde kullanılan ilk standart olan P.800, ITU tarafından 1996 yılında yayınlanmıştır. Bu yöntemin diğer bir adı ise, MOS (Mean Opinion Score) olarak geçmektedir. Bu yöntemde, 1 en kötü ve 5'te en iyi seviyeyi belirtmektedir. Örnek olarak, PSTN de kullanılan tek kodlama olan G.711 ile gerçekleştirilen bir PSTN görüşmesi, 4,3 puan alırken GSM'de kullanılan kodlamalar 3,7 puan almaktadır. Daha sonraları, daha objektif bir yöntem olarak ortalama bir kullanıcının ses kalitesini nasıl algılayacağını ön gören, E-Model ITU tarafından G.107 önerileri içerisinde tanımlanmıştır. Orjinal olarak PSTN ve GSM şebekeleri için tasarlanmış olan bu model, mevcut VoIP ağları için de tercih edilmektedir. Bu modeldeki sonuç değeri, R Faktörü olarak ifade edilir ve 0 ila 100 arasında en düşük kaliteden en yüksek kaliteye kadar sıralama yapar. Tablo 1.7 içerisinde her iki modelin sonuçlarının karşılaştırılması görülmektedir (Broß and Meinel 2008, pp.127-128).

Tablo 1.7 : R Faktörü ve MOS Faktörü.

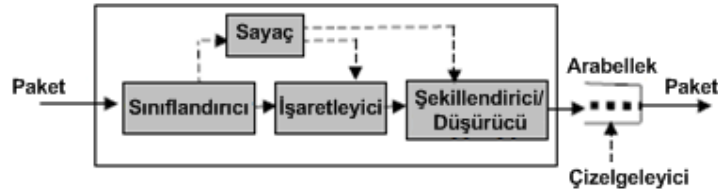
R Faktörü	Kalite Sınıfı	Müşteri Memnuniyeti	MOS Faktörü (ITU G.109'a göre)	Uygulama
90 ≤ R < 100	En İyi	Kesinlikle Tatmin Edici	4,34 ≤ MOS	Tüm PSTN çağrılar
80 ≤ R < 90	Yüksek	Tatmin Edici	4,03 ≤ MOS < 4,34	Tüm ulusal çağrılar
70 ≤ R < 80	Orta	Az Sayıda Tatmin Olmayan	3,60 ≤ MOS < 4,03	Sıkıştırma olmadan uluslararası çağrılar, sabit hatlardan mobil numaralara yapılan ulusal çağrılar
60 ≤ R < 70	Düşük	Tatmin Edici Değil	3,10 ≤ MOS < 3,60	Sabit hatlardan mobil numaralara yapılan uluslararası çağrılar, mobil telefonlar arasında ulusal çağrılar, sıkıştırma olmadan uydu üzerinden yapılan çağrılar
50 ≤ R < 60	Zayıf	Kesinlikle Tatmin Edici Değil	2,58 ≤ MOS < 3,10	Mobil telefonlar arasında uluslararası çağrılar, sıkıştırma ile uydu üzerinden yapılan çağrılar

Kaynak : Broß, J.F., and Meinel C., 2005. Can VoIP Live up to the QoS Standards of Traditional Wireline Telephony?, The IV. Advanced International Conference on Telecommunications, s.3.

Bu yöntemler ile ölçülen ses kalitesinin korunması ise, İnternet üzerindeki uygulamalar için veri taşımak amaçlı tasarlanmış IP ağlarında temel bir sorundur. Ses hizmetlerinde servis kalitesi yönetimi amacıyla kullanılan teknoloji ve yöntemleri kontrol düzeyi ve

veri düzeyi olarak iki alanda inceleyebiliriz (Chen, Wang, Xuan, Li, Min and Zhao 2003, p.2).

Veri seviyesinde yapılan en temel yönetim, paket yönlendirme operasyonunda gerçekleştirilir. Bu adımda öncelikle IP adresi, TCP/UDP portu, protokol, IP önceliklendirme biti, DiffServ kod puanı veya 802.1P sınıfı gibi bilgiler ile paketler sınıflandırılır. Sonrasında, profilleri belirlenerek ön belleğe alınan paketlerin üzerinde geciktirme veya düşürme işlemleri uygulanır. Ön bellek içerisinde, kuyruklarda bekletilen paketler için geciktirme amacıyla birçok farklı zamanlama algoritması kullanılmaktadır. Bu sayede, ses paketleri diğer paketlere göre kuyrukta önceliklendirilir ve gerektiğinde diğer paketlerin düşürülmesi de sağlanarak, servis kalitesi sürekli kılınmaya çalışılır (Chen, Wang, Xuan, Li, Min and Zhao 2003, pp.2-3).



Şekil 1.8 : Paket iletim operasyonu.

Kaynak : Chen, X., Wang, C., Xuan, Li, Min, Y. and Zhao, W., 2003. Survey on QoS Management of VoIP, International Conference on Computer Networks and Mobile Computing, s.3.

Kontrol düzeyinde servis kalitesi yönetimi ise, ihtiyaç duyulacak kaynağın öngörülüp planlanması ve/veya gerektiğinde kullanımın kısıtlanması gibi temellere dayanmaktadır. Bu amaçla, kaynak provizyonu, trafik mühendisliği, giriş denetimi, kaynak rezervasyonu ve bağlantı yönetimi sunulan çözümler arasındadır. Kaynak provizyonu ihtiyaç duyulandan fazlasının adanması ile servis kalitesini sürekli tutmayı hedeflerken; trafik mühendisliği ise, MPLS gibi protokolleri kullanarak sıkışıklıkların ve kapasite aşımalarının ağına belli alanlarında toplanmasını en aza indirmeye çalışır. Girişim denetiminde ise, yeni bir çağrı isteği girişim kriterleri ve ağ servis kalitesi ve akış bilgisi kontrol edilerek kabul edilir veya reddedilir. Şekil 1.9 içerisinde girişim denetim sisteminin bileşenleri görülmektedir. Örnek olarak, Cisco kaynak ayırma tabanlı girişim kontrolü için RSVP protokolünü kullanarak, kaynak ve hedef arasındaki

yönlendiricilere, adanmış kaynaklar tahsis eder (Chen, Wang, Xuan, Li, Min and Zhao 2003, pp.5-7).



Şekil 1.9 : Girişim denetimi bileşenleri.

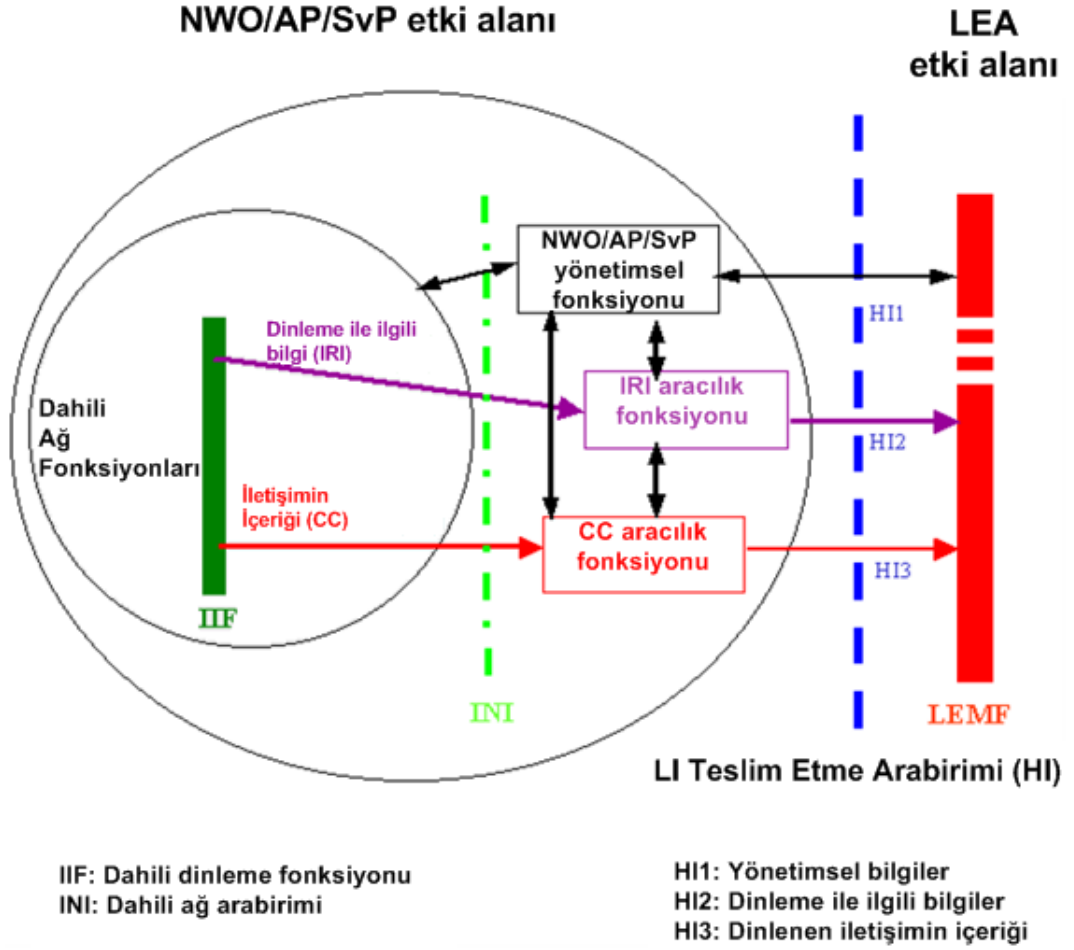
Kaynak : Chen, X., Wang, C., Xuan, Li, Min, Y. and Zhao, W., 2003. Survey on QoS Management of VoIP, International Conference on Computer Networks and Mobile Computing, s.7.

1.5.5. VoIP servislerinde yasal dinleme (lawful interception)

Günümüzde örgütlü suçları ve terör saldırılarını gerçekleştiren kişiler, yeni çıkan teknolojileri diğer bireylerden de daha önce kullanmaya başlıyor ve kendilerine kanun uygulayıcılar karşısında avantaj sağlamaya çalışıyorlar. Geleneksel PSTN teknolojilerinde ve İnternet erişimlerinde, oturmuş olan Yasal Dinleme yeni nesil ağlar içerisindeki ses hizmetlerinde de suçun önlenmesi ve tespiti için önem arz ediyor. Kısacası, Yasal Dinleme (LI), güvenlik amaçlı olarak servis sağlayıcıların, yasal kurumların isteği doğrultusunda, bireylerin veya kurumların özel görüşmeleri hakkındaki çağrı bilgilerini ve görüşme içeriklerini kayıt altına almasıdır.

Bu konuda uluslararası bir standart olmamakla birlikte, her ülke yasa koyucuları tarafından belirlenmiş gereklilikler vardır. Ülkemizde de, 5397 ve 5271 sayılı Ceza Muhakemesi Kanunlarında, bu konuda yasal şartlar belirlenmiş ve konunun yönetimi Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'na (Telekomünikasyon Kurumu) verilmiştir (BTK 2009). Benzer şekilde, Avrupa Birliği'nde de, 19951 numaralı Uluslararası Kullanıcı Gereklilikleri yasal dinleme için gerekli altyapıların kurulmasını zorunlu kılmıştır (Montgomery 2005, p.102). Bu konuda genel standartların belirlenmesi hakkında en önemli kurumlardan bir olan European Telecommunications Standards Institute (ETSI) tarafından yayınlanan en güncel döküman olan ETSI TS 101 671

V3.4.1 içerisinde, telekomunikasyon sistemlerinde yasal dinleme için verilmesi gereken arabirimlerin özellikleri tanımlanmaktadır. Şekil 1.10 içerisinde ETSI tarafından önerilen dinleme ile ilgili yönetimsel bilgiler, takip edilen çağrı hakkındaki detaylar ve görüşme içeriği olmak üzere üç farklı bilgi teslim arabirimi (HI) görülebilir (ETSI 2009).



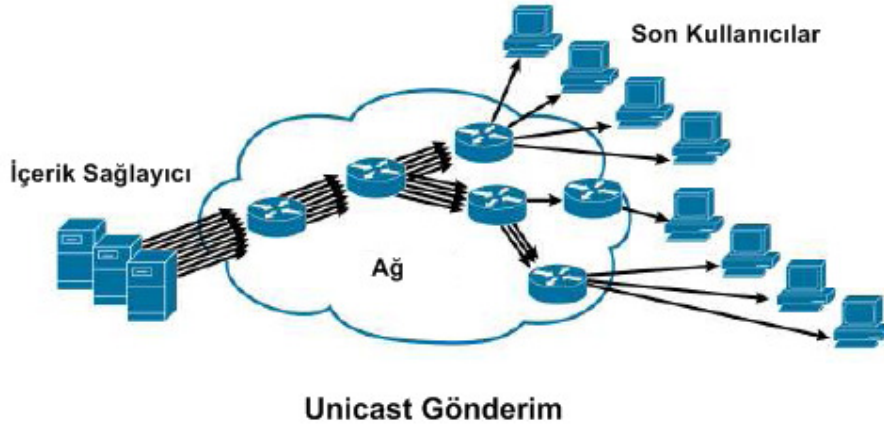
Şekil 1.10 : Bilgi toplama arabirimlerinin fonksiyonel blok diagramı.

Kaynak : European Telecommunications Standards Institute, 2009. Handover Interface for The Lawful Interception of Telecommunications Traffic.

1.6. YENİ NESİL AĞLARDA VIDEO OVER IP KULLANIMI

1.6.1. Multicast iletişim

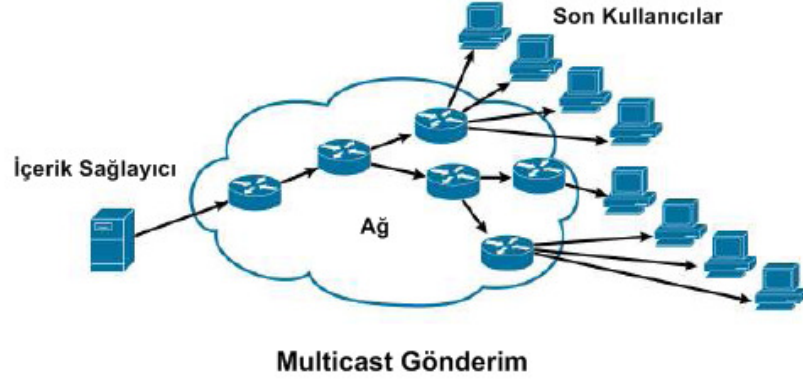
IPTV servislerinin, paket tabanlı bir ağ üzerinde multicast kullanılarak dağıtımı bu servislerin karakteristik bir özelliğidir. Multicast, bir video yayının tek bir kopyasının tüm şebeke üzerinde dağıtılablmesini sağlar. Bu sayede müşteriler ile video sunucuları arasındaki ağ bağlantılarının kullanımında verimlilik sağlanmaktadır. Ağ cihazları uç noktalarda yayının kopyalarını oluşturup bireylere dağıtılmasını sağlarken ana şebeke üzerinde ek yük oluşturmamaktadırlar (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.41).



Şekil 1.11 : Bir video akışının birden çok kullanıcıya unicast gönderimi.

Kaynak : Cisco Systems Inc., 2006. IP NGN Requirements for Scalable and Reliable Broadcast IPTV Services, p.5.

Şekil 6'da görüldüğü gibi aynı yayının birden çok kullanıcıya ulaştırılması gereken durumlarda, eğer unicast kullanılırsa her bir kullanıcı için yayının bir kopyasının ana şebeke üzerinden gönderiminin sağlanması gerekir. Bu durumda aynı yayının tüm kullanıcı sayısı kadar kopyasının taşınması, ana şebeke üzerinde ciddi bir yük getirecektir (Cisco 2007a, p.1).

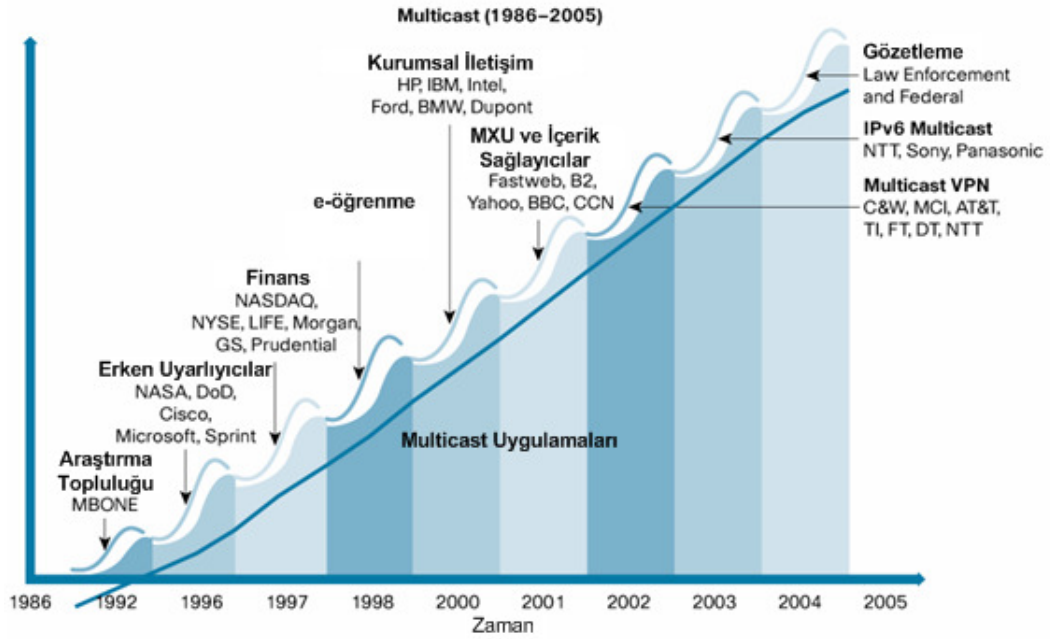


Şekil 1.12 : Bir video akışının birden çok kullanıcıya multicast gönderimi.

Kaynak : Cisco Systems Inc., 2006. IP NGN Requirements for Scalable and Reliable Broadcast IPTV Services, p.5.

Şekil 1.12’de görülen IP Multicast dağıtım sistemi bir video akışının özellikle milyonlarca potansiyel kullanıcıya eş zamanlı olarak dağıtımında kullanılır. Bu yöntem bant genişliğinin korunmasını sağlayan oturmuş ve kanıtlanmış bir teknolojidir. Herbir kullanıcı için ayrı ayrı yapılacak akışlar, tek bir akış ile gerçekleştiren IP multicast ara geçiş yönlendiricileri üzerindeki yükü ve genel ağ trafiğini azaltmaktadır. Ağın içindeki yönlendiriciler akışın kopyalarını ilgili yayını, alması gereken kullanıcılara aktarmak ve dağıtmakla sorumludurlar (Cisco 2006b, p.5).

Son on yılda, büyük kurumlar ve kamu tarafından IP multicast kullanan bir çok uygulamanın hızlı artışı, servis sağlayıcılar tarafından multicast VPN hizmetleri verilmesini sağlamıştır. Video servislerinin verilmesinin başlaması ile servis sağlayıcılar üçlü oyun (veri, ses ve görüntü) trafiğini en verimli şekilde taşıyabilmek için multicast platformlarını daha da güçlendirmişlerdir. Şekil 1.13’te multicast uygulamalarının yükselişi ve özellikle 2000’lerin başından itibaren içerik sağlayıcıların da, bu alanda yerlerini alarak IPTV servislerini destekledikleri görülebilir (Cisco 2007a, p.1).



Şekil 1.13 : Multicast uygulamaları.

Kaynak : Cisco Systems Inc., 2007. IP Multicast Technical Overview, p.4.

Ana şebekeye girmeden önce, bir yayın bir çok diğer bileşenden geçmektedir. Bunlar arasında, kaynak video besleyicisi, kod çözücü, IP kodlayıcı ve şifreleme işlemleri bulunur. Bu bileşenlerden sonra video akışı IP ana şebekesine aktarılır.

Ancak IPTV sadece multicast ile sınırlı değildir. Yüksek bant genişliğine sahip ağlarda, unicast video akışları ile kullanıcılar üzerinde daha fazla kontrol sağlanabilir. Örneğin, alışkanlıklara bağlı olarak yapılacak bir reklam yayını için, belli hanelere ulaşılabilmesi istendiğinde tek tek adreslenebilecek unicast hedeflere ihtiyaç vardır. Unicast trafiğin kullanılacağı diğer bir örnek de, canlı yayının durdurulmasıdır. Bu durumda kullanıcı cihazı multicast yayından çıkıp, ona özel olarak sunulacak unicast yayına geçip programa kaldığı yerden istenen zamanda devam edebilecektir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.41).

1.6.2. Unicast IPTV iletimi

Unicast IPTV tek başına IP ana şebekesi üzerinde ve IPTV sunucularında çok ciddi bir yük getireceği için tercih edilmemektedir. Ancak multicast çözümler ile bir arada

kullanıldığında bazı avantajlar sağlanabilmektedir. Örneğin yayın sırasında bekletme, geri sarma veya hızlı ileri alma gibi işlemlerin multicast dağıtım ile yapılması mümkün değildir. Ancak bu tip istekler gelene kadar yayının multicast olarak dağıtılması ve kullanıcının bu işlemlerden birini gerçekleştirmek istediği durumlarda ilgili kullanıcı için unicast dağıtımına geçilmesi sağlanabilir.

Diğer bir örnek ise, I-frame gönderimleri arasındaki süre nedeniyle kanal geçişleri arasındaki gecikmelerdir. I-frame, MPEG akışı içerisinde sıklıkla bulunan ve kendisinden sonra gelen bilgi ile ekranda hemen görüntü oluşturulabileceğini belirten bir işaretleyicidir. Bir kod çözücü MPEG video akışını çözmeye ancak bir I-frame aldıktan sonra başlayabilir. Ancak, çok sık aralıklarla I-frame sağlanması için MPEG akışının yüksek bit oranı ile gönderilmesi gerekmektedir. Bu durum, IP şebekesine ek yük getirecektir. Bunun yerine, kanal geçişi sonrasında bir I-frame ile başlayan unicast video akışını alan set-top box (IPTV yayınlarının izlenebilmesini sağlayan dekoder) hızlı bir şekilde geçişi tamamlar. Bir yandan da IGMP protokolü, ilgili yayının multicast grubuna üye olan kod çözücü ön belleğin yeterli dolumu sonrasında unicast akışı sonlandırabilir. Transmisyon tarafında büyük bir ek yük getiren unicast IPTV çözümlerinin en büyük avantajı, her bir hanenin kullanım alışkanlıklarının takip edilebilmesini sağlayarak, servis sağlayıcı açısından çok önemli profil bilgilerinin tam olarak oluşturulabilmesini ve reklam aralarında tam olarak hedeflenmiş sunumların yapılabilmesini sağlamasıdır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.41).

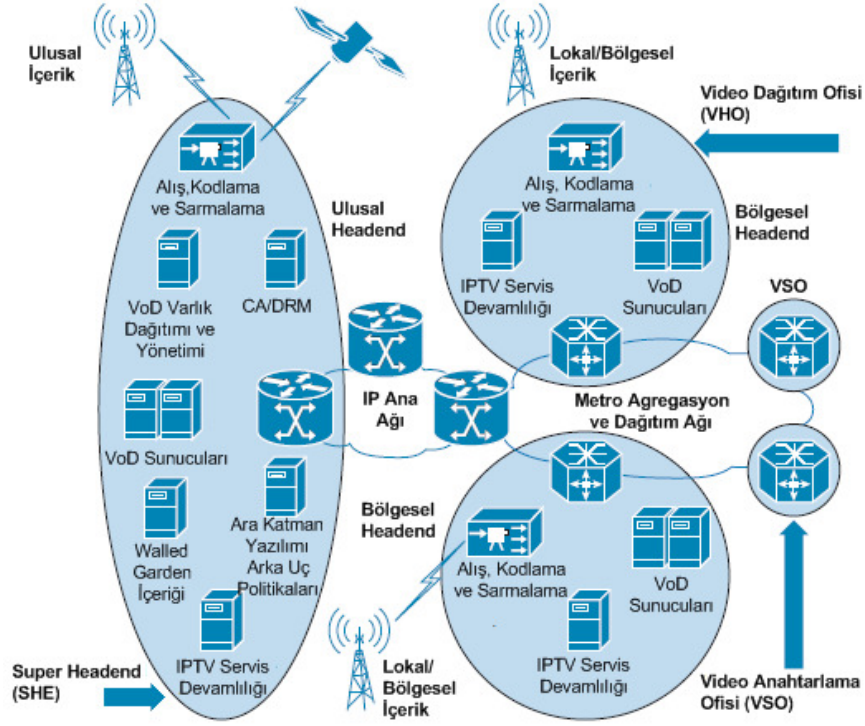
1.6.3. Yeni nesil görüntü servis sağlayıcıları

1.6.3.1. Video head-end

İçerik, uydu yayınları, karasal mikro dalga veya IP gibi yöntemlerle sunulabilir. Uydu üzerinden sunulan içerikler, Digital Video Broadcast, Satellite (DVB-S) standardında sağlanmaktadır.

IPTV şebekesine, kablo veya uydu yayınları video head-end'i üzerinden giriş yapar. Bu noktada, içerik sağlayıcıdan halihazırda korumalı olarak alınmış içerikler, aboneye gönderilmeden önce şifrelenirler. Bu şifreleme sürecinde, yayın kaynağından gelen

içerik önce açılır; sonrasında servis sağlayıcının kendi dijital sertifikaları ile yeniden şifrelenir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.42).



Şekil 1.14 : Ulusal ve bölgesel head-end bileşenleri.

Kaynak : Cisco Systems Inc., 2007b. Cisco IPTV Video Headend, p.6.

Şekil 1.14'te örnek bir video head-end mimarisi görülmektedir. Uydudan alınan frekansı düşürülmüş akış ile beslenen bir alıcı, DVB-S sinyallerini demodüle eder ve uygun bir formatta kodun açılması için, kod çözücüye iletir. Eğer yayın şifrelenmiş olarak sağlanıyor ise, bu şifreleme kod çözücü tarafından çözülür ve akış IP kodlayıcıya iletilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.42).

DVB-S ve DVB-S2 sistemleri, medya akışını MPEG formatında taşırlar. Kod çözücü, şifrelenmemiş MPEG akışını alır ve bunu IP kodlayıcıya iletir. IP kodlayıcı, MPEG yayını üzerinde zor olan bit-rate veya kod dönüştürme işlemleriyle, daha düşük bir bit-rate düzeyine indirilir. Artık, MPEG video akışı IP paketleri içinde kapsüllenebilir. Başlangıçta şifrelenmiş olarak alınan içeriklerin, abonelere gönderilmeden önce yeniden şifrelenmesi gerekmektedir. Bu yayınlar, bir şifreleme motoruna gönderilerek servis sağlayıcının şifreleme anahtarı veya dijital sertifikası ile şifrelenirler. Artık, bu yayın

sadece sertifika sunucusu tarafından yetkilendirilmiş set-top box'lar tarafından çözülebilir. Bu sertifikaların ve şifreleme anahtarlarının dağıtımı, middleware tarafından gerçekleştirilebilir. Şifreleme sunucuları, multicast yayının IP ana şebekesine çıkmadan önce ulaştıkları son noktadır. Bu noktada yüksek erişilebilirlik önemlidir ve birbirini yedekleyen kümelenmiş sunucular tercih edilir. Bu sayede herhangi bir sunucuda sorun yaşandığında, multicast akışı diğer sunucu tarafından devam ettirilir. Yüksek erişilebilirlik senaryolarının karışık olduğu çözümlerde şifreleme sunucuları ile IP ana şebekesi arasında başka bileşenler de bulunabilir. Bu sayede, multicast gruplarının trafikleri, tek bir kaynak IP üzerinden dağıtılır ve gruplara katılan müşterilere yayınların kopyaları, ağ üzerindeki normal multicast yönlendirme işlemi sayesinde dağıtılır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.42).

1.6.3.2. Middleware

Middleware, IPTV servislerinin tüketiciye iletilmesini sağlayan yazılım sistemidir. Headend'den başlayarak set-top box'a kadar tüm ağ bileşenlerinin etkileşimi bu yazılım tarafından yönetilir. Middleware'in sunucu bileşenleri headend veya mekezi bir ağ noktasında bulunur. İstemci/sunucu mimarisine dayanan middleware'nin istemci bölümü set-top box içinde barındırılır (Minoli 2008, p.267).

Middleware platformu, IPTV ve VoD sisteminin kalbini oluşturur. Set-top box menüleri üzerinden gezilen arabirim olan SUI (Subscriber User Interface) middleware tarafından kontrol edilir. SUI servis sağlayıcı tarafından özelleştirilebilir ve genel olarak HTTP ve SSL gibi standart protokoller kullanılarak iletilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.42).

Middleware, müşterinin mevcut program listesinden seçim yapmasına olanak tanır. Buna ek olarak, abone kontrolü, servis tanımlası, içerik kontrolü ve sistem kontrolü de fonksiyonları arasındadır. Middleware kullanıcı deneyimini kontrol eder ve bundan dolayı tüketicinin servis ile nasıl etkileşimde olacağını belirler. IPTV, middleware'i kullanıcı doğrulaması, kanal seçimi, elektronik program rehberi ve VoD servisleri gibi basit operasyonların da gerçekleştirilmesini sağlar (Minoli 2008, p.267).

Elektronik program rehberi, IPTV sistemindeki mevcut ve gelecek programların bir listesidir. Bu bilgi multicast bir yayın ile ilgili gruba üye olan herkese gönderilebildiği

gibi, bir dosya olarak HTTP proxy üzerinden periyodik unicast erişimlerle de indirilebilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.42).

Middleware, dijital sertifikaların saklandığı ve VoD ile IPTV sistemleri üzerinden dağıtılan içeriklerin şifrelendiği DRM platformuyla da arayüz oluşturur. Şifrelenmiş gerçek içerik video akış sunucularında saklanırken, middleware medya varlıkları hakkında üst veriyi barındırır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.42).

Kullanıcı bir medya varlığı satın aldığı zaman, middleware servis sağlayıcının ücretlendirme motorunda bir kayıt oluşturur. Bu kayıda EDR (Entitlement Data Records) denir. EDR medya varlığı satın alındıktan sonra kullanıcının kiralama süresi içerisinde varlığı kaç kere izlediğine bakılmaksızın, sadece bir kere oluşturulabilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.42).

Set-top box'lara kullanıcı arabirimini sağlamanın yanında, cihazların güvenlik ID'lerinin de takip ederek ücretlendirme ve güvenlik amaçlı olarak kullanımı kayıt altında tutar. Kullanıcı veya grup bazlı arabirim özelleştirmeleri ve set-top box'ların uzaktan güncellenmesi de middleware üzerinden gerçekleştirilebilir (Minoli 2008, p.267).

Farklı içerik tiplerine değişik maliyetlerin atanması, kullanım kalıplarına karar verilmesi veya farklı içerik gruplarından değişik paketlerin oluşturulması gibi içerik üzerinde çok esnek yönetimler middleware ile gerçekleştirilir (Minoli 2008, p.267).

Middleware, sistem yöneticisinin sunucu rolleri ve fonksiyonları ile girdi ve çıktı parametrelerini yönetmesini sağlar. Yük dağıtımı için otomatik ve elle kontrol edilebilen araçlar sağlar. Bu sayede, sunucuların erişilebilirliği takip edilir ve bir bileşende hata bulunduğu yedeklerini devreye alacak mekanizmalar etkinleştirilebilir (Minoli 2008, p.267).

1.6.4. Çağrı girişim denetimi (CAC) ile Video Kalitesinin Korunması

Çağrı girişim denetimi, PSTN sistemleri içindekine benzer olarak, bir video akışına izin verilip verilmeyeceğini belirler. Eğer CAC (Call Admission Control) talebi reddedilirse video akışının bozularak sorunlu bir kalitede devam etmesi mümkün olmaz. Bu yöntem,

servis kalitesinin switch ve yönlendiricilerdeki paket veya çerçeve başlıklarındaki işaretlere göre önceliklendirildiği QoS mekanizmasından farklıdır. Eğer bir trafik istenen anda iletilemiyorsa, daha sonraki bir anda iletmek üzere kuyruğa alınır. Bu şekilde, önceliklendirme bir yol üzerinde statik olarak bir araya getirilen IP trafiği için kullanılabilir. Ses ve görüntü akışları dışındaki bu tip trafikler kararlı bir veri hızına sahip değildir ve paket iletimi sırasında oluşabilecek değişken gecikmeleri tolere edebilirler. Çoğu IP üzerinden video uygulaması, zayıf ağ koşullarına uygun değildir. Bu koşullar, ara bağlantılarda yaşanan hataların optimum trafik yönlendirmesine engel olmasından, ağ kapasitesinin hatalı planlanmasından veya DoS saldırılarından dolayı oluşabilmektedir. Sonuç olarak, tüm paketleri iletmeye kapasitesi olmayan bağlantılar üzerinde karşılanamayacak kadar çok fazla veri iletim talebi gerçekleşir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, pp.49-50).

Prensip olarak ağ tasarımı video ve ses trafiğini en öncelikli şekilde gecikmeler olmadan iletmek üzere yapılır. Eğer video akışını veya ses görüşmesini, uçtan uca sağlam bir şekilde iletmek mümkün olmayacak ise oturumun devam ettirilmemesi gerekir. Bu durum, CAC mekanizmasının, oturum kurulum aşamasında çalışmasını gerektirir. Yani kullanıcının talep yapmaya yetkisinin olduğunun anlaşılmasından sonra, ağ bağlantılarında yeterli kaynağın bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir. Ancak bundan sonra akış istemciye iletilebilir. Aralıklı olarak ağ kullanım ortalamalarını takip eden mekanizmalara bu noktada güvenilemez; çünkü, trafik yapısı kontrol periyodları arasında çok hızlı bir şekilde değişebilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.50).

VoD ağı üzerinde CAC fonksiyonunun uygulanabilmesi için video sunucularının becerilerinin dış bir sunucu ile etkileşime geçebilecek şekilde geliştirilmesi gerekir. Bu sayede sunucu ağ topolojisini modelleyebilir ve VoD trafik akışının gerçek zamanlı uçtan uca görünüşüne sahip olabilir. Video akış sunucusunun akış öncesinde set-top box ile iletişime geçen son nokta olmasından dolayı CAC motoru ile etkileşime geçecek arabirime sahip olacak cihaz olması da en anlamlı seçim olacaktır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.50).

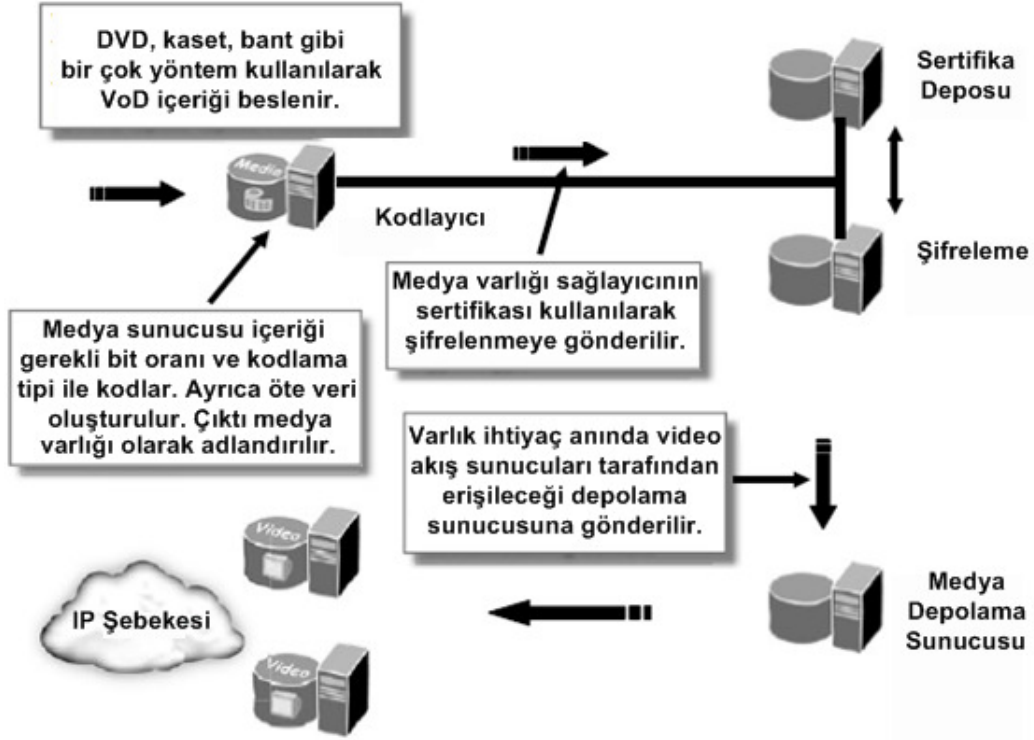
1.6.5. Medya kodlaması, güvenlik ve şifreleme

İçerik güvenliği, tüm IP üzerinden video uygulamalarında zorunlu bir özelliktir. Medya dağıtımını yapacak her kurum için, Digital Rights Management (DRM) önemli bir konudur. Günümüzde, web siteleri üzerinden satın alınan müzik ve video içerikleri oynatıcı programlardaki lisans kontrolünden sonra kullanılabilir. Yani oynatıcı, güven zincirinin son halkasıdır ve bu halka sağlam olduğu sürece içerik güvenle kullanıcıya ulaştırılabilir. Elbette bu kodları geri mühendislik ile çözmeye çalışan kişiler de bulunmaktadır. Bundan dolayı, bazı yazılımlar içeriğin güvenli iletimine ek olarak iletimin gerçekleştiği makede DRM yönetimini atlatmaya çalışan uygulamaların veya donanımların varlığını kontrol ederler (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.51).

Medya kod çözümünde adanmış donanımlar olan set-top box'ların kullanımı, DRM mekanizmasını aşmaya çalışanların işini zorlaştıracaktır. Set-top box'ın iç yapısının bilinmemesi nedeniyle, güvenliği atlatmaya çalışan girişimler bilinen bir işletim sistemi üzerinde çalışan bir uygulamadaki kolay gerçekleştirilemez. Adanmış bir donanımın kullanımının, çalışma ortamının devamlılığı açısından da önemi vardır. Bu tip yapılardaki sorunların teşhisi ve çözümü, kullanıcının bilgisayarındaki olası sorunlara nazaran daha kolay sağlanabilmektedir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.51).

Çoğu medya şifreleme sistemi sertifika doğrulaması ile çalışmaktadır. Bu sayede, öncelikli olarak istemcinin kimliği doğrulanabilir. İçerik korumalı DRM sistemi, daha sonrasında içeriği şifreler ve medya dosyasının ne zaman oynatılabileceğini belirler. Şekil 1.15 içerisinde, sertifika doğrulaması ve içerik şifrelemesi kullanan merkezi video dağıtımına sahip bir sağlayıcı örneği görülmektedir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.51).

Kodlama sonrasında, middleware sistemi medya dosyalarının veya varlıklarının bit-rate, başlık, uzunluk ve bunun gibi diğer detaylarını analiz eder. Daha sonra, varlık sağlayıcının sertifikası kullanılarak şifrelenir. Artık içerik deposuna eklenmiş ve middleware sisteminde listelenmiş içerik, video akış sunucuları tarafından dağıtılmaya hazırdır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.51).



Şekil 1.15 : VoD varlık şifrelemesi ve dağıtım işlemi.

Kaynak : Hellberg, C., Greene, D. & Boyes, T., 2007. *Broadband Network Architectures Designing and Deploying Triple-Play Services*. Boston: Prentice Hall, p.52.

Ek olarak, taleplerin geldiği set-top box'ların kimliklerini tespit edebilmek için IP adresi, set-top box'a ait bir iç belirleyici veya DHCP 82 opsiyonu ya da PPPoE IA yöntemleri ile belirlenmiş fiziksel lokasyon bilgisi kullanılabilir. Daha sonrasında kullanıcı kimliği, VoD oturumu için yetkilendirilmiş mi kontrol edilir. Yetkilendirme kontrolü, müşterinin ücretlendirme profilinin VoD akışına izin verip vermediği veya talep edilen filmin belli bir izleyici yaş kitlesini gerektirmesi gibi konular üzerinden gerçekleştirilebilir. Bu sayede yetişkin koruması sağlanabilir ve her kişinin talep ettiği film sonrasında, kendine ait PIN kodunu girmesi istenir. Her PIN kodu için farklı içerik gruplarına veya tümüne erişim yetkileri tanımlanabilir. Eğer set-top box'a varlığı almak için izin verilirse, bir çağrı yetkilendirmesi gönderilerek medya dosyasının şifresinin nasıl çözüleceği, varlığın ne kadar süreyle geçerli olduğu ve diğer kontrol bilgileri sağlanır. Çoğu örnekte, medya dosyası UDP üzerinden RSTP sıralama bilgisi ile iletilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.52).

2. YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİ

2.1. VERİ HİZMETLERİ

IP üzerinden ses ve görüntü dışında kalan tüm servisler, veri servisleri içerisinde incelenebilir. Birçok insanın geniş bant erişim almasının sebebi olan internet erişimi, en temel veri servisi olarak karşımıza çıkar. Ancak ikamesi kolay olan bu ürün, fiyat rekabeti içerisinde aşınmaya uğramaktadır. Hızlı erişim teknolojilerinin çıkışı bu süreci yavaşlatsa da servis sağlayıcıları birbirinden ayıran asıl konu, sundukları servisler ve hizmet paketleridir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.55). Bu bölüm içerisinde, geniş bant teknolojileri kullanılarak yeni nesil ağlar üzerinde sunulabilecek veri hizmetleri açıklanacaktır.

2.1.1. Kurumsal Bağlantılar

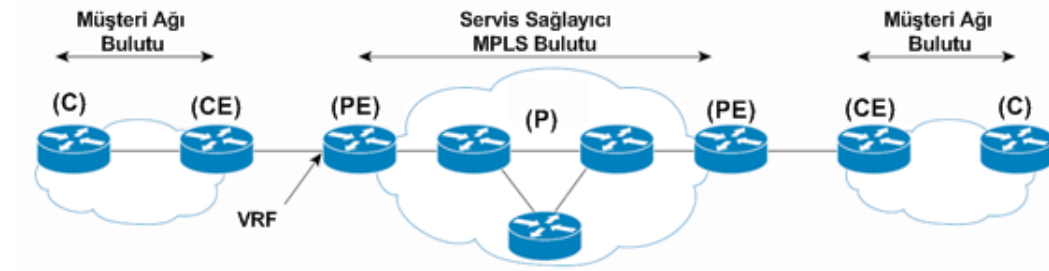
Mevcut Frame-Relay, ATM, ISDN ve Kiralık Hat kullanan kurumlar her geçen gün yüksek maliyetli bu erişim tiplerini DSL teknolojilerini kullanan metodlarla değiştirmektedir. Özellikle, G.SHDSL gibi simetrik ve kurumsal DSL tiplerinin tercih edildiği kurumsal hizmetleri üç ana başlıkta toplayabiliriz. Bunlar geliştirilmiş internet erişimi, Layer 2 VPN ve Layer 3 VPN hizmetleri olarak adlandırılır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.59).

2.1.1.1. Kurumsal Layer 3 VPN hizmetleri

Layer 3 VPN servisleri kurumların ana ağlarını, bir servis sağlayıcının kuruma özel olarak sunduğu IP bazlı servisi ile dış kaynak kullanarak kurmalarını sağlar. ATM ve Frame Relay gibi çözümlerden farklı olarak kurumun servis sağlayıcıya IP katmanında yani Layer 3 ile bağlı olması yeterlidir. Artık servis sağlayıcının ağı Layer 3 seviyesinde yönlendirme yaparak, kurumun IP paketlerinin dağıtımını üstlenir (Cisco 2006c, p.3).

Bu beceri her bir müşteri için Virtual Routing and Forwarding (VRF) tabloları ve MPLS etiketleri tanımlanması sayesinde trafiğin servis sağlayıcı ana şebekesi üzerinde yönlendirilmesine dayanır. Yönlendirme servis sağlayıcı tarafından gerçekleştirildiği için şebeke üzerindeki tüm ilgili VRF tablolarına müşterinin ön ekleri tanımlanmalıdır. Servis sağlayıcı, bu yönlendirmelerin tüm ilgili VRF tablolarına dağıtılmasını sağlamakla görevlidir (Cisco 2006c, p.4).

Uçların direk olarak birbiri ile görüşemediği karışık hub-and-spoke konfigürasyonlarına ek olarak, Layer 3 MPLS VPN'e bağlı her ucun direk olarak haberleşebildiği tanımlamalarda gerçekleştirilebilir. Servis sağlayıcı, etki alanına giren kurum trafiği VRF tablolarındaki bilgilere göre yönlendirilirken, MPLS etiketleri ile kapsüllenenek tüm ana şebeke üzerinde doğru bir şekilde tünellenir ve bir araya toplanır (Cisco 2006c, p.4).



Şekil 2.1 : MPLS Layer 3 VPN bileşenleri.

Kaynak : Cisco Systems Inc., 2006c. Layer 3 MPLS VPN Enterprise Consumer Guide, p.4.

Şekil 2.1 içerisinde MPLS ağında oluşturulan Layer 3 VPN hizmetinde kullanılan bileşenler görülmektedir. Tablo 2.1 içerisinde ise MPLS VPN bağlantılarında kullanılan terminolojiler açıklanmıştır.

Tablo 2.1 : MPLS Layer 3 VPN terminolojisi.

Terminoloji	Açıklama
C	Sadece kuruma ait diğer cihazlara bağlı kullanıcı yönlendiricisi
CE	Servis sağlayıcının sınır cihazı ile bağlı olan kullanıcı sınır yönlendiricisi
P	Servis sağlayıcının ana şebeksinin içinde MPLS VPN için kullanıcı önklerine göre yönetim gerçekleştiren yönlendirici
PE	Servis sağlayıcının MPLS bulutunun sınırında bulunan yönlendiricidir. VRF yönlendirme tablolarına göre her bir kullanıcı grubu için ayrı yönlendirmeler gerçekleştirir. Ek olarak, global bir yönlendirme tablosu ile servis sağlayıcının içindeki yönlendirmeleri gerçekleştirir. Geniş bant erişim teknolojilerinin kullanıldığı yeni nesil ağlarda, BNG'lerin (Broadband Network Gateway) MPLS VPN bulutuna bağlantı noktasında oluştururlar.
VRF	Virtual routing and forwarding (VRF) tablosu global yönlendirme tablosuna ek olarak, PE yönlendiriciler üzerinde bulunur. Bu sayede, kuruma özel yönlendirmeler çeşitli dinamik yönlendirme protokolleri kullanarak tasarlanabilir.

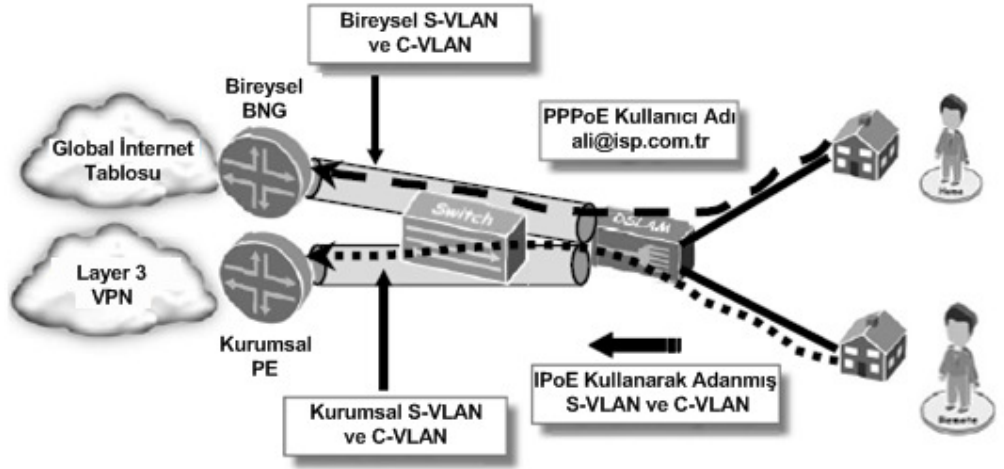
Kaynak : Cisco Systems Inc., 2006. Layer 3 MPLS VPN Enterprise Consumer Guide, p.5.

DSL erişimlerin kullanılmasıyla sunulan Layer 3 VPN hizmetinde ise, PVC veya VLAN tanımlamaları ile DSLAM'lardan başlayan ve BNG'ler üzerinden toplanan tüm uçların erişimleri, kurumun VPN bulutu içerisinde sonlandırılır. Kullanıcı cihazları ve BNG arasında, bireysel erişimlerde olduğu gibi PPPoE veya IP over Ethernet kapsülleme yöntemleri kullanılmaya devam edilmektedir. Her bir Layer 3 VPN erişimi için BNG'ler üzerinde VRF konfigürasyonları tanımlanır. PPPoE kullanılan çözümlerde RADIUS üzerindeki PPP kullanıcı adının VRF'e eşlenmesi ile dinamik olarak kullanıcı oturumunun doğru VRF tanımına provizyonu basitçe gerçekleştirilebilir. Bu yöntemin kullanılmadığı IP over Ethernet çözümlerinde ise statik bir çözüm olarak elle

kullanıcıya ait VLAN'nın veya PVC'nin VRF'e eşleştirilmesi gerekmektedir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, pp.59-60).

Bireysel geniş bant erişimlerin sunulduğu altyapı da kullanılsa, servis kalitesi ve servis seviyesi anlaşmaları garanti altına alınabilmektedir. Layer 3 VPN erişimlerindeki temel gereklilik, IP sınır cihazı ile kullanıcı tarafındaki uç cihaz arasında sağlanması gereken en az veri hızından emin olunulmasıdır. Bu seviyeye Committed Information Rate (CIR) denir. Devrenin tepe hızları çok daha yüksek olabilse de, bu çıktı miktarı aynı bağlantının üzerinden geçen diğer kullanıcıların yoğun trafiği altında garanti edilememektedir. Eğer DSLAM ile BNG arasındaki agregasyon ağı yüksek sayıda kullanıcı tarafından kullanılıyorsa, CIR oranlarının korunması için BNG üzerinde QoS mekanizmaları kullanılabilir. Bu sayede, bir kontrol noktası haline gelen BNG, bir devrenin veya arabirimin yoğunluk yaşadığı durumlarda bile kurumsal bağlantıların taahhüt edilmiş hızlarla erişimini sağlar. Basit bir yöntem olarak, Ethernet başlığındaki öncelik bölümünün kullanılması sayesinde switch ve DSLAM'ların yoğunlukları basit zamanlama ile çözmeleri beklenebilir. Ancak, bu yöntemde çok karmaşık trafik modelleri kullanılmadıkça abonelere taahhüt edilmiş hızların sağlandığından emin olunması mümkün değildir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, pp.60-61).

Ancak, servis sağlayıcılar kurumsal bağlantılar için adanmış sınır yönlendiriciler kullanmayı tercih ederler. Bu tercihte önemli sebeplerden biri, VPN servisleri ile geniş bant bireysel erişimlerin farklı gruplar tarafından yönetilmesidir. Ayrı donanımların kullanılması günlük operasyonların, dizayn ve test çalışmalarının kolaylaşmasını sağlar. Yönetimsel yaklaşımlara ek olarak, farklı yönlendiricilerin kullanılması için mimari sebepler de bulunabilir. Örnek olarak, farklı bir platformda bulunan ek yönlendirme politika özellikleri veya kurumsal bağlantılar için stabilite amaçlanabilir. Bireysel bağlantılara göre kurumsal bağlantıların daha az olmasından dolayı, adanmış bir kurumsal yönlendiricide daha az değişiklik gerçekleşecektir ve bu sayede servis kesintilerine de neden olabilecek çalışmalar azalacaktır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.61).



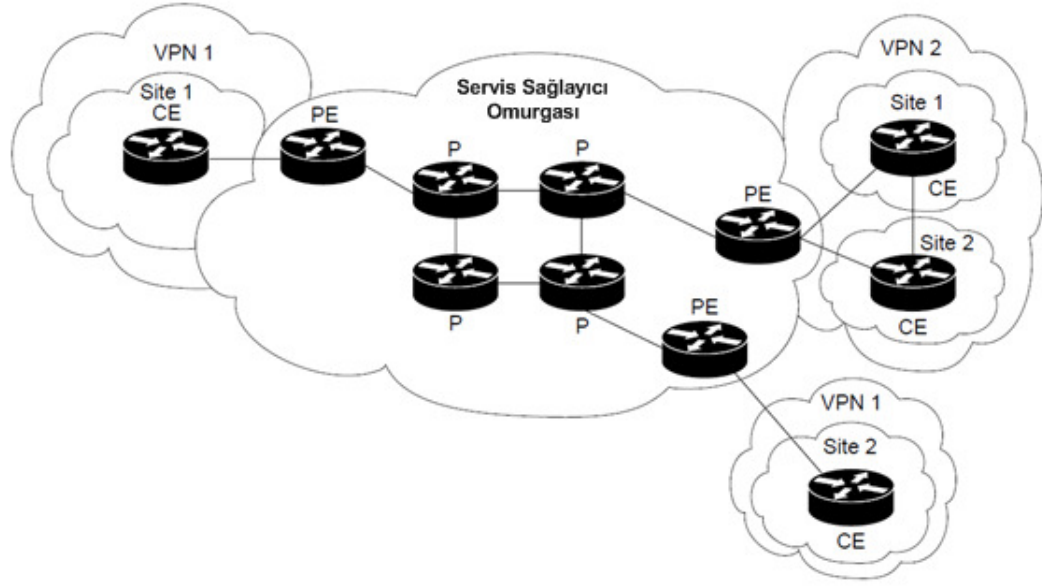
Şekil 2.2 : Adanmış devreler kullanılarak kurumsal Layer 3 VPN erişimi.

Kaynak : Hellberg, C., Greene, D. & Boyes, T., 2007. *Broadband Network Architectures Designing and Deploying Triple-Play Services*. Boston: Prentice Hall

Şekil 2.2’de görülebildiği gibi, servis VLAN’ı (S-VLAN) ve müşteri VLAN’ı (C-VLAN) tanımları sayesinde ayrıştırılabilen kurumsal kullanıcı trafiği metro ethernet ağında da yönetilebilir şekilde taşınır. Servis VLAN’ı, kurumsal kullanıcı trafiği ile bireysel erişimleri birbirinden ayırır. Müşteri VLAN tanımı ise, aynı DSLAM üzerindeki kurumsal kullanıcılar arasında Layer 2 ayırım yapılmasını sağlar ve güvenlik getirir. Bu VLAN tanımları aynı zamanda geleneksel yönlendiriciler üzerinde QoS tanımlarında kolaylık sağlar.

2.1.1.2. Kurumsal Layer 2 VPN hizmetleri

Erişim ve agregasyon ağları açısından mimari çok benzer olmakla birlikte, Layer 2 VPN çözümleri için adanmış bir kullanıcı VLAN (C-VLAN) tanımı olmalıdır. İdeal olarak ölçeklendirme amacıyla, DSLAM ile IP ucu arasında bir servis VLAN’ı tanımlanmalıdır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.62).



Şekil 2.3 : Servis sağlayıcı ana şebekesinde Layer 2 MPLS VPN.

Kaynak : Cisco Systems Inc., 2009. *Configuring MPLS VPN Mapping*, p.2.

Şekil 5'teki örnekteki servis sağlayıcı kurumun uç cihazları arasında Layer 2 bağlantı kurulmasını sağlar. Bu sayede kullanıcının uçlarından köprülenmiş olarak gelen Ethernet bağlantıları, sağlayıcının sınır yönlendiricileri arasındaki VPN devreler üzerinden taşınır. Diğer uçtaki sınır yönlendiricinin de kurumun diğer uç cihazı ile arasında benzer bir VLAN tanımı yer almaktadır. Bu sayede, her iki LAN içerisinde bulunan istemciler, aynı broadcast etki alanı içerisinde çalışırlar (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.62).

2.1.1.3. Geliştirilmiş internet erişimi

Günümüzde, birçok kurum internet üzerinde bulunan kaynaklar sayesinde gelir kazanmaktadır. Elbetteki bu kurumlar için İnternet erişimleri yüksek önem arz etmektedir. İnternet erişimi, servis sağlayıcıdaki ayrı bir yönlendirici üzerinden gerçekleştirilebileceği gibi, geniş bant bireysel erişimlerin de gerçekleştirildiği BNG üzerinden de sağlanabilir. Eğer, servis sağlayıcı kurumsal müşterilerine sunduğu servisler için ayrı donanımlar kullanıyor ise, kurumsal internet servisleri genelde Layer 3 ve Layer 3 VPN hizmetlerini gerçekleştiren yönlendirici üzerinden sağlanmaktadır. Kurumsal seviyede, İnternet erişiminin teknik avantajı olarak bireysel servislerden ayrı

bir donanımın kullanılması kabul edilebilir. Fiziksel olarak, bir ayırım olmasa bile kurumsal bağlantıların CIR oranları, bireysel bağlantılardan yüksektir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.62).

Genel olarak, kurumsal müşteriler Layer 3 VPN hizmeti ile internet erişimini aynı sağlayıcı üzerinden alırlar. Bu servisleri sağlarken birçok farklı yöntem izlenebilir. Örnek olarak, tüm servisler PE ve kullanıcı tarafındaki ekipmanlar arasındaki tek bir VLAN üzerinden taşınabilir ve Layer 3 VPN ile Internet arasındaki yönlendirmeler PE tarafından gerçekleştirilir. Alternatif olarak, her bir servis için ayrı bir VLAN da tanımlanabilir. Bu durumda, Layer 3 VPN ile internet arasındaki yönlendirmelerin kullanıcı tarafındaki cihazlar tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, kurum özel IP adresleri ile kamusal IP adresleri arasındaki NAT tanımlarını da kendisi yönetebilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.63).

2.1.2. “Walled-garden” Servisleri

Uzun yıllardan beri, piyasada var olan bir servistir. Özellikle de, Amerika’da AOL ve CompuServ bu konuda iki tecrübeli isim olarak öne çıkmaktadır. 1980’lerin ortalarından, 1990’ların sonuna değin, Compu Serv, dünyanın en geniş enformasyon ve ağ servisleri sunan firması konumundaydı. Sadece, CompuServ ağına bağlı kullanıcıların belli bir içeriğe erişim izni oluyordu. WWW’in o yıllarda tam olarak ilerlememiş olmasından dolayı, CompuServe firmasına ait WinCIM kullanıcı hesabı ile içeriğe erişim sağlanabiliyordu. Bu durum pazara AOL’in yeni bir modelle dahil olmasına kadar devam etti. Ancak, Internetin yaygınlık kazanması ve içeriğin artması ile bu uygulamalar cazibesini kaybetti (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.58).

Bu uygulamalar haricinde de günümüzde, Walled Garden uygulamaları devam etmektedir. Örneğin, cep telefonu servis sağlayıcıları, kendi abonelerine Internet hizmetini bu servis kapsamında vermektedir. Servis sağlayıcılar abonelerine, haberler, e-mail, hizmeti, bilgilendirme mesajlarını bu servis aracılığı ile ulaştırmaktadır. Walled garden abonesi olmayan bir kullanıcı da, isterse Internet hizmetine ulaşabilmektedir, ancak daha yüksek bir tarifeden ücretlendirilmektedir. Ayrıca, bazı uydu radyoları da bu servis üzerinden yayınlarını yapmaktadırlar. Bu özel içeriğe örneğin, radyo yayınana

erişim için abonelerin, özel bir takım cihazlara söz gelimi radyo örneğinde bir uydu alıcısına ihtiyaçları vardır. Cep telefonu üzerinden İnternet erişiminde walled garden üyesi kullanıcılar, daha az sayfa ile istedikleri içeriğe hızlı bir şekilde ulaşabilmektedir. Daha geniş içeriğe, daha ucuz tarife ve daha hızlı erişim sağlanmasının dışında oyun sunucuları da walled garden servisi uygulamalarında bulunabilmektedir. Ancak burada bir topluluk problemi oluşmaktadır. Bir oyun için walled garden servis uygulaması yapıldığında o oyunun popüleritesi için gerekli sayıda kullanıcı sağlanamaz ise başarısızlığa uğraması da söz konusu olabilmektedir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.58).

Türkiye’de de çeşitli cep telefonu servis sağlayıcıları bu hizmetleri sunmaktaydı. Ancak en güncel uygulama örneği, TTNET tarafından sağlanan TTNET MÜZİK’tir. ADSL abonelerinin ücretsiz olarak faydalandığı bu servis ile oluşturulmuş olan bir müzik veritabanından ücretsiz müzik yüklenebilmektedir. TTNET, TTNET MÜZİK’in yanısıra kullanıcılarına, haber, spor, eğlence, yaşam, eğitim, dizi, sinema ve otomobil alanlarındaki video içeriklerini sağlayan TTNET VIDEO ve ilköğretim 4, 5, 6, 7 ve 8’inci sınıfta okuyan öğrenciler ve öğretmenler için hazırlanmış İnternet üzerinden erişilebilen eğitim destek hizmeti olan TTNET VİTAMİN ve içerisinde pek çok oyun alternatifi olan TTNET OYUN adında portalları bulunmaktadır. Walled garden servisleri, giderek genişleyen ve rekabet gücü artan geniş bant pazarında kullanıcılara katma değerli servisler sağlayarak kalite rekabetinde avantajlı konuma geçmeyi isteyen firmalar tarafından artan bir şekilde tüm dünyada geniş bant pazarında kullanılmaya başlanmıştır.

2.2. VOICE OVER IP İLE SES HİZMETLERİ

Günümüzde alışlagelmiş telefon hizmetlerine alternatif olarak sağlanan VoIP ses hizmetleri her geçen gün yeni kullanım alanları ve kullanıcı profilleri ile gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu alanda verilen servisleri öncelikle servis sınırları ve kullanıcı profilleri açısından incelenebilir.

Servis sınırları açısından yapılacak bir ayırmda verilen hizmetin PSTN erişimi sağlayıp sağlamadığı bir değişken olarak alınrsa European Regulation Group'un (ERG) 2006 yılında yayınlamış olduğu aşağıdaki tipler belirlenebilir (Elixmann, Marcus and Wernick 2008).

- i. Kurumsal özel ağlar içerisinde gerçekleşen kurum içi görüşmeler ile sınırlı olan VoIP servisleri
- ii. Perekende fiyatlarını ve kaliteyi etkilememek kaydıyla kamusal operatörlerin ana şebekelerinde kullanılan VoIP servisleri
- iii. PSTN erişiminin olmadığı ve kullanıcıya E.164 numaraların atanmadığı servisler veya VoIP yazılımları
- iv. Sadece PSTN'e doğru arama yapılabilen ancak kullanıcıya E.164 numaraların atanmadığı servisler
- v. Sadece PSTN'den arama alınabilen ve kullanıcıya E.165 numaraların atandığı servisler
- vi. Hem PSTN'e doğru arama yapılabilen hem de PSTN'den arama kabul edilebilen ve kullanıcıya E.164 numaraların atandığı servisler

VoIP teknolojisinin kullanıcı profili açısından kullanım alanlarına baktığımızda ise aşağıdaki ayrımları yapabiliriz;

- i. Bireysel kullanıcılar, İnternet üzerinden uçtan uca yaptıkları telefon görüşmelerinde VoIP kullanabilirler. Bu kullanıcı tipi, düşük maliyet unsuru karşısında kalite, desteklenen özellikler ve devamlılık gibi konularda ödün vermeye hazırdır. Bu teknolojiyen faydalanan kullanıcıların sayılarının yüksek olmasının yanında PSTN kullanımına kıyasla halen önemsiz denebilecek düzeydedir (Drew and Gallon 2003, p.4).
- ii. Kurumsal kullanıcılar servis sağlayıcılar tarafından sunulan veri hatları üzerinden VoIP kullanabilmektedir. Kurumlar, bireysel kullanıcılardan daha yüksek tarifeler karşılığında göreceli olarak yüksek kaliteli, devamlılığı sağlanan ve zengin

özellikli bir hizmet alabilirler. PSTN'e göre bakıldığında düşük bir hacime sahip bu servisler yine de ticari başarı sağlamaktadırlar (Drew and Gallon 2003, p.4).

- iii. Uzak mesafe operatörlerinin ara bağlantılarında da, maliyetleri düşürmek amacıyla VoIP kullanılabilir. Örnek olarak Fransa'da bulunan bir operatör, Cezayir'deki bir operatör ile kurduğu özel ağ üzerinden karşılıklı olarak yapılan aramaları taşıyabilir. Kullanıcılar hizmete geleneksel bir telefon üzerinden de erişebilirler, ses bir noktadan sonra IP ağı üzerinden taşınır (Drew and Gallon 2003, p.4).

2.2.1. Yeni Nesil Telefon Servisleri

Kullanıcıların IP teknolojisi ile VoIP hizmetlerine her yerden erişilebilir olması, servis sağlayıcılar açısından günümüz PSTN çözümlerinde çok yüksek maliyetler ile gerçekleştirilebilecek yatırımları yeni nesil ağlar üzerinde ses ve veri yakınsama servisleri ile sunmalarını mümkün kılmaktadır (Drew and Gallon 2003, p.5). Aşağıda, bu servisler için temel örnekler verilmiştir;

- i. Uzak mesafe telefon hizmetleri ile bireysel ve kurumsal kullanıcılara yerleşik operatörlerden daha avantajlı tarifeler ile telefon hizmeti sağlanabilir.
- ii. IP tabanlı İnternet ağı üzerinden servis alan kullanıcılar dünyanın her yerinden telefon hizmetlerine ulaşabilirler ve gelen çağrılarını karşılayabilirler. Bu sayede ses hizmetlerinde mobilite sağlanır.
- iii. IP merkezli servisler ile ağ operatörleri, kurumların geri kalmış geneksel santrallerini düşük maliyetler karşılığında yenileyebilirler.
- iv. Video telefon hizmetleri ile görüntülü görüşme imkanı sunulabilir. Bu kurumlar için video konferans hizmetleri ile birleştirilebilir.
- v. Elektronik posta, birleşik mesajlaşma gibi IP tabanlı uygulamalar, kolaylıkla ses hizmetleri ile birleştirilebilirler ve katma değerli hizmetler sunulabilir.

- vi. Topluluk hizmetleri ile sosyal ağlar oluşturulabilir ve ağ içerisindeki kişiler birbirleri arasında yaptıkları görüşmelerden ücretsiz olarak faydalanabilirler.
- vii. Kurumların uzak lokasyonları arasında, kurulacak özel telefon ağları sayesinde iç iletişim maliyetleri azaltılabilir veya tamamen ortadan kaldırılabilir. Bu sayede kurum içindeki haberleşme artırılarak, kurum açısından da ticari başarı sağlanabilir.

2.3. VIDEO OVER IP İLE GÖRÜNTÜ HİZMETLERİ

En temel IP üzerinden görüntü servisleri, multicast yayınlar ile sağlanan IPTV ve unicast dağıtılan Video On-demand (VoD) hizmetleridir. Multicast dağıtım ile sağlanan IPTV servislerine artan ağ kaynakları ile alternatif olabilecek diğer bir çözüm ise Unicast IPTV hizmetleridir. Ancak bu yöntem, mevcut çözümlerde tek başına kullanılmamakta multicast çözümleri desteklemek amacı ile sunulmaktadır. VoD servisleri otellerde bulunan öde ve izle sistemlerine benzerler ancak potansiyel kullanıcı sayısındaki büyük fark, içeriğin ve eş zamanlı olarak izlenen video akışının çok daha yüksek oranlı olmasını sağlar (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.40).

Bunlara ek olarak, servis sağlayıcılar, kullanıcının istediği bir içeriği şebeke üzerinde daha sonra izlemek amacıyla kaydetmesini sağlayabilen Network PVR (NPVR) gibi katma değerli hizmetler de verebilirler (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.40).

2.3.1. IPTV hizmetleri

IPTV, genel bir tanım olarak, geniş bant erişim üzerinden dijital televizyon servisi olarak adlandırılabilir. Ortaya çıkışında, telekom operatörleri ile kablo TV operatörleri arasındaki rekabetinde rol oynadığı düşünülmektedir. IPTV, pasif kablo TV yaklaşımına alternatif olarak interaktif oyun ve elektronik ticaret gibi bir çok uygulamayı da desteklemektedir (Goleniewski and Jarrett 2006)

IPTV servislerinin, uydu platformu üzerinden sunulan servislerden farklı olarak kanal sayısındaki artış ağ trafiğinde doğrusal bir artışa neden olmamaktadır. Bu durum işletmeciler için önemli bir avantaj sağlamaktadır. IPTV servislerindeki multicast grup listelerinde ne kadar çok niş kanal varsa o kadar çok fayda sağlanır. Çünkü bu sayede, hitap edilen kitle dolayısıyla da kullanıcı sayısı artmaktadır. Yeni bir kanal sadece bir kullanıcının yayını talep etmesi üzerine multicast ağacına eklendiği için ağ üzerindeki kaynakları etkilememektedir. Halbuki, uydu servis sağlayıcılar göndericisi üzerinde her bir eklenen kanal için çok değerli bant genişliğini harcamaktadırlar. Bundan dolayı verimlilik ancak, birçok hanenin verici kapasitesini kullanan aynı popüler kanalları izlediği durumlarda sağlanabilir. IPTV servislerinde ise, doğru pazar dinamiklerinin pozitif etkisi vardır. Etnik olarak çok çeşitli izleyici kitlesi, eşit miktarda çeşitli içeriği gerektirir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.55).

2.3.2. İsmarlama Video (VoD) Hizmeti

İsmarlama video göreceli olarak daha çok bilinen bir kavramdır. Günümüzde modern otellerin pek çoğunda televizyon üzerinden erişilebilen VoD servisleri bulunmaktadır. Benzer bir şekilde, yeni nesil ağlar üzerinde sunulan VoD servislerinde iki temel model bulunur. İlkinde, popüler filmler belli bir süreye yayılmış dönen bir planda ard arda yayınlanır. Filmi rotasyonunda karşılaştıkça izlemeniz mümkündür. Herhangi bir anda bir filmi izlemeye başlamak istiyorsanız, bu yöntem çok esnek değildir. Ayrıca, medya akışının sunucuya geri besleme sağlamasının mümkün olmadığı bu modelde, durdurma ve hızlı ileri sarma gibi video kontrollerini sunmak çok zordur. Bu model Near Video on Demand (NvoD) olarak adlandırılır. Kullanıcı açısından en çok tercih edilecek yaklaşım ise, tam istenen anda video akışına ulaşılabilmesidir. Artık kullanıcılar bir tuşa basarak daha önceden buldukları bölgedeki bir satıcıdan aldıkları filmlerin yüzlercesine, evlerinin konforu içerisinde erişebilmektedirler. İnsanların alışkanlıklarını değiştiren bu yöntemin geleneksel medyalara göre ön izleme, büyük içeriğe sahip arşiv, daha uzun kiralama süresi ve ilgi çekici fiyatlar gibi birçok avantajı vardır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.45).

Çevrimiçi sistemlerin, fiziksel mağzalara göre sattıkları malları sergileyecek büyük bir alana ihtiyaç duymamak gibi bir avantajı vardır. VoD ile alışlagelmiş video kiralama

dükkanlarına göre servis sağlayıcıların binlerce film ve programı sadece ek depolama dizileri oluşturarak saklaması ve bunları talep eden kullanıcı sayısından bağımsız olarak sunabilmesi mümkündür. Artık, fiziksel alan için kaygılanılmasına gerek yoktur (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.45).

2.3.2.1. Basit ısmarlama video

VoD için gerekli sunucular, merkezi video head-end içerisinde bulunurlar. Bu sunucular, genel kurulumlarda bir veya daha çok sayıda Gigabit Ethernet arabirimi ile IP şebekesine bağlanmaktadır. Yüksek kapasiteli kurulumlarda ise 10 Gigabit Ethernet arabirimleri kullanılarak IP adresi sayısının düşük tutulması ve yük dağıtımının basitleştirilmesi sağlanabilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.46).

Sunucuların IP şebekesi ve set-top box'lar ile etkileşiminde bir çok model bulunmaktadır. Örnek olarak, headend içerisinde video içerik sunucularına ek olarak bir veya daha fazla akış sunucusu bulunabilir. Bir set-top box middleware platformu üzerinden bir medya dosyası talep ettiğinde bağlanabileceği sunucuların listesinin bulunduğu bir kontrol dosyası alır. Bu dosya içerisindeki sunucular arasında, üzerlerindeki yükte ters orantılı olarak seviyelendirme yapılmıştır. Bu sayede, istemci en yoğun olan sunucuya yönlendirilir. Direk olarak tek bir sunucuya yönlendirilmek yerine, bir liste alınması olası sorunlarda akış sunucusuna tekrar sorulmadan otomatik olarak yedek sunuculara ulaşılabilmesi amacındandır. Sunucu, switch, yönlendirici ve bunların kombinasyonlarında oluşabilecek sorunları telafi edebilmek tüm bu bileşenlerde yüksek erişilebilirliğe sahip mimariler kullanılmaktadır (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.45).

2.3.3. Diğer Video Servisleri

Bu bölümde, teknik olarak tanımı yapılmış olan IPTV hizmeti içerisinde verilebilecek katma değerli servisler üzerinde durulacaktır.

2.3.3.1. Ağ tabanlı kişisel video kaydedici (NVPR)

NVPR servisi, IPTV servisi içinde akıştaki bir programın kullanıcının tercihi üzerine, ağ üzerinde kaydedilmesidir. Bu sayede, kullanıcı istediği zaman bu kayda ulaşım programı

izleyebilir. Bu, insanların yıllarca evlerindeki video kaydedicilerle, televizyon kanallarını kaydetmeleri ile aynı şekilde çalışır. Ancak evlerde kullanılan cihazlar bir veya iki kanalı kaydedip saklayabilir. NVPR servislerinde ise, ağ üzerinde eş zamanlı olarak kaydedilebilecek ve saklanacak içeriğin, teorik olarak, bir sınırı bulunmamaktadır.

Teknik uygulamalarda, bu servis kullanıcı etkileşimi olmadan da sağlanabilir. Örneğin servis sağlayıcı popüler programların çoğunun bir kopyasını saklayarak talepte bulunan kullanıcılara bu kopyadan iletim gerçekleştirir. Bu sayede depolama kapasitesi korunduğu gibi programı kaydetmeyi unutmuş bir kullanıcılardan gelebilecek istekler de yanıtlanabilir. Bu politika dışında kalan tüm programlar için ise, kullanıcının program öncesinde kayıt isteğinde bulunması gerekir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.54).

2.3.3.2. Hedefli reklam

Haneye göre özelleştirilmiş reklam gerçekleştirilebilir, pazarlamacılar için çok büyük bir potansiyeldir. İnternet arama motorlarının kullanıcının yazdığı kelimelere göre reklamlar çıkarması gibi hedefli reklamlarda, izlenen kanalın profiline ve izlenme saatine uygun olarak ticari sunumlar gerçekleştirilebilir. Multicast IPTV içerisinde ek gruplar oluşturularak yarı hedefli reklamlar gerçekleştirilebilir. Örnek olarak yaş veya cinsiyet gibi demografik ayrımlar için özel multicast grupları oluşturularak reklam aralarında set-top box'ların genel yayın akışından ayrılıp, bu özel gruplara geçmesi sağlanabilir (Hellberg, Greene and Boyes 2007, p.54).

2.4. ÜÇLÜ OYUN “TRIPLE PLAY”

1990'ların başından beri telekomünikasyon altyapılarına büyük yatırımlar yapılmıştır. Bu durum kullanıcılara yüksek kapasite ile hizmet sunmayı mümkün hale getirmiştir. Bu altyapılar ve kapasite, işletmecilerin üç ana hizmette de faaliyet göstermesini mümkün kılmıştır. (Cantekinler ve diğ. 2008b, s. 78) “Triple Play“ ya da Türkçe adıyla “Üçlü Oyun”, telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren işletmecilerin, altyapıları

üzerinde üç ana hizmeti birden sunarak tüm bu servislerden müşterilerini daha ekonomik ve avantajlı bir şekilde faydalandırması temeline dayanır. Bu hizmetler, ses, veri ve görüntü hizmetleridir.

Ses servisi, pek çok servis sağlayıcının sunduğu geleneksel servistir ve pek çok yıldır servis sağlayıcıların asıl kar ettiği hizmetlerdendir. Ancak son bir kaç yıldır bu alanda gerileme gözlenmektedir.

Veri, üçlü oyun içerisinde sunulan ikinci servistir. Bir kaç yıl öncesine kadar sadece büyük kurumların kullandığı Internet erişimi, elektronik posta ya da dosya paylaşım sistemleri bu servisler kapsamındadır. (Aguirre-Torres and Rosenfeld 2006, p. 1)

Video, üçlü oyunda birleştirilmiş olan üçüncü servistir. Sesten ve pek çok veri servisinden daha çok bant genişliği gerektirmektedir. Ayrıca, servis sağlayıcıların ağlarında en çok sıkışıklık yaratan servislerdendir. (Aguirre-Torres and Rosenfeld 2006, p. 1)

Bu üç hizmetin, aynı anda, bir tek işletmeci tarafından verilmesi, üç ayrı işletmeci tarafından verilmesine göre daha cazip olmaktadır. (Cantekinler ve diğ. 2008b, s. 78)

Üçlü oyun servisi, hem kurumsal hem de bireysel müşterilere sunulan bir dizi anahtar ses, görüntü ve veri servisini kapsamaktadır. Üçlü oyunun önemi servisleri birleştirerek, bir müşteriye üç ayrı servisi aynı servis sağlayıcı tarafından aynı anda sunmasından ileri gelmektedir. (Aguirre-Torres and Rosenfeld 2006, p. 1)

Başarılı bir üçlü oyun uygulaması, kar marjını arttırdığı gibi müşterilerin sadakatini de arttırarak, müşterinin servis sağlayıcı değiştirmesinin önüne geçecektir. Bu yöntem tüketiciler için de üç ayrı işletmeci, üç ayrı sözleşme, üç ayrı altyapı ve üç ayrı fatura yerine “bir mağazadan alışveriş” (one-stop-shop) avantajı ile ciddi faydalar sağlamaktadır. (Cantekinler ve diğ. 2008b, s. 78)

Buna ek olarak; pazardaki işletmecilerin üçlü oyun stratejisini benimsemeleri sadece tüketiciler ve piyasa yapısına olumlu etki etmekle kalmayacaktır. Bunun yanı sıra doğrudan etkili olmayan, ancak bu servisi kullanan pek çok teknolojinin gelişmesi ile olumlu yönde etkilenecek pek çok sektör bulunmaktadır. Buna örnek olarak IPTV

hizmetinde kullanılan üçlü oyun servisi sayesinde doğrudan ilgili olmasa da içerik geliştiricilerin de bundan olumlu etkilenmesi verilebilir. (Cantekinler ve diğ. 2008b, s. 79)

Sonuç olarak; üçlü oyun gibi servisler uzun dönemde IP hizmetlerinde etkinliğin ve verimliliğin artmasını sağlayacaktır.. Bir yandan, bu servisleri tek tek tanımlak yerine daha birleştirici bir uygulama maliyetler üzerinde olumlu etkiler oluştururken, diğer taraftan da piyasada yatırımı ve uzun dönem stratejileri hedefleyen daha ciddi, güçlü işletmecilerin varlığının sağlanmasına ve tüketicilerin makul fiyatlarla daha fazla erişim seçeneğine kavuşmasına katkı sağlayacaktır. (Cantekinler ve diğ. 2008b, s. 79)

2.5. DÖRTLÜ OYUN “QUADRUPLE PLAY”

Üçlü oyun, daha tam anlamıyla uygulanmamışken, bir adım sonrası olan “dörtlü oyun” kavramı ortaya çıkmıştır. Dörtlü oyun, veri, ses, video servislerinin birleştirilmesinin yanı sıra mobil servislerin ya da kablosuz-servislerin de buna eklenmesi sonucu ortaya çıkacaktır. (Thermos and Takanen 2007, p.1) Böylece, kullanıcılarına, üçlü oyunun sağladığı avantajların yanında daha fazla esneklik ve hareket özgürlüğü sağlayacaktır.

Mobilitiyi henüz portföyelerine eklememiş olan firmalar ve servis sağlayıcılar için ise, kablosuz internet erişim teknolojileri önemli ve ilginç bir gelişmedir. Mobilite sadece yeni bir kazanç değil, aynı zamanda üçlü oyunda olduğu gibi var olan müşterilerin başka firmalara geçişini önlemek için oluşturulabilecek bir savunma stratejisidir de denebilir.

Üçlü oyunun bile tam olarak kendi ayakları üzerinde duramadığı şu anda geniş kapsamlı uygulama olasılığı olmayan bu teknoloji eğer olgunlaştırılabilirse, üçlü oyunun da sloganı olarak bilinen “her zaman ve her yerde istenilen veriye erişim” tam anlamıyla gerçekleşmiş olacaktır. Bir adım daha öte de ise henüz sadece bir gelecek vizyonu olarak var olan “geçişgen ağlar” olarak adlandırabilecek “Converged Networks” yada

diğer ismi ile “Next-Play” bulunmaktadır. Bu durum, servislerin kullanımında tam bir “göçebelik” sağlayacaktır.

2.6. YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİNDE REGÜLASYON

Teknoloji ve teknolojik ürünlerin başdöndürücü bir hızda ilerlemesinin ortaya çıkardığı en büyük problemlerden birisi de, ilgili konudaki hukuki düzenlemelerin aynı hızda gerçekleştirilememesinin uygulamalarda yol açtığı eksiklerdir. Bundan dolayı geniş bant erişimi ve yeni nesil ağ servislerindeki uygulamaları yönlendiren etkenlerden birisi de sektördeki firmaların sınırlarını belirleyen yasal şartlar ve regülasyonlardır.

Çağımızda, her şey hızla gelişmekte ve değişmektedir. İnternet erişim hızı da, kullanıcı sayısı da, servis çeşitliliği de dünya genelinde bir kaç yıl içerisinde hızla artmıştır. Bu nedenle, bu hizmeti ulaştırın şirketlerin işleyiş, yapısı ve aralarındaki rekabete ilişkin düzenlemeler hala tam olarak oturmamıştır. Bu konuda, dünya üzerinde genel geçer bir tavırdan çok ülkelerin kendi belirledikleri ve hazırladıkları çalışmalar vardır ve bunlar henüz tam olarak nihai biçimini almamıştır. Çalışmanın bu bölümünde, buna ilişkin düzenlemeler ve bu düzenlemelerin geçerli olduğu çeşitli ülkelerdeki mevcut durum ve uygulamalar ele alınmaktadır.

2.6.1. Regülasyon Nedir?

Sözlük anlamı olarak regülasyon, **kural, kaide, bir şeyin işleyişini düzenleme, regüle etme, ayarlama veya denetleme ya da tüzük, yönetmelik** anlamına gelmektedir. Bu düzenlemenin şekli, yaptırımını olan yasal düzenlemeler ya da resmi kanunlardır.

Regülasyonun, farklı tipleri vardır. Örneğin tekelleşme riski, ortak mülkiyet, yetersiz bilgi ve bilinmeyen dış koşullar gibi piyasa problemlerinde regülasyon gerekmektedir. Yahut belirli bir sosyal sınıfın sayısının düzenlenmesi (artma ya da azalma), sosyal düzenlemeler gibi alanlarda da düzenlemeler yapılır. Ancak bu çalışmanın konusu geniş

bant erişim pazarında yeni nesil ağ servislerinin düzenlemesi, dolayısı ile bu alandaki tekelleşme riski ve rekabet unsurlarının düzenlenmesi ve standardizasyonudur.

2.6.2. Ses Hizmetlerinde Düzenleyici Hususlar

Bu alanda, genel olarak ülkelerin ve düzenleyici kurumların öncelikli olarak geneksel telefon hizmetleri ile VoIP hizmetlerinin ayrımını yapmaya çalıştığı görülmektedir. Bu ayrım için hizmet üzerinden gerçekleştirilebilecek arama tipleri, coğrafi servis erişimi, numaralandırma, acil numaralara erişim ve numara taşınabilirliği gibi alanlarda düzenlemeler yapılmaktadır. Bu alandaki düzenlemeler, ülkeden ülkeye farklılık göstermekte ve uluslararası standartlar bulunmamaktadır. Bu düzenlemeler ile telefon servislerinde rekabetin artırılması ve maliyetlerin düşürülmesi amaçlanmaktadır.

2.6.2.1. Avrupa'da Ses hizmetleri regülasyonu

Çalışmanın bu bölümünde, Avrupa Birliğindeki VoIP hizmetleri alanındaki düzenlemeler incelenecektir. Avrupa'da VoIP regülasyonu konusunda, Avrupa Komisyonu, Avrupa Regülatörler Grubu (European Regulators Group - ERG) ve ulusal regülasyon otoriteleri tarafından yapılan bir çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde temel olarak numaralandırma, acil durum servisleri, ara bağlantı ve yasal dinleme konu başlıklarının ele alındığı görülmektedir.

Avrupa Birliği regülasyon çerçevesi ve yayınlanan raporlar, VoIP hizmetlerini Elektronik İletişim Servisleri (Electronic Communications Services - ECS) ve ECS'in bir alt dalı olan Kamu Erişimindeki Telefon Servisleri (Publicly Available Telephone Service - PATS) başlıkları altında tanımlamaktadır.

ECS tanımı içerisinde, sinyallerin taşınmasında tamamen veya temelde elektronik iletişim ağlarının kullanıldığı ve bir bedel karşılığında sağlanan servisleri barındırmaktadır (Telecommunications 2005, p.4).

PATS ise;

- i. Kamu tarafından erişilebilen,
- ii. Ulusal veya uluslararası numara planları içerisinde bulunan numara veya numaralar üzerinden gerçekleştirilen,
- iii. Ulusal ve uluslararası çağruların başlatılabildiği veya sonlandırılabilirdiği,
- iv. Acil servis numaralarına erişimin olduğu servislerdir (Telecommunications 2005, p.6).

Avrupa elektronik iletişim regülasyonu çerçevesinin VoIP alanında uygulanabilirliğini inceleyen ilk çalışma, Avrupa Komisyonu tarafından 2004 yılında açıklanmıştır. Bu çalışmada, VoIP kullanımının bir çok tipi bulunabildiği ve bazı VoIP servislerinin PATS, bazılarının ise ECS başlıkları altında ele alınması gerektiği belirtilmiştir. Raporunda, VoIP servislerinin göçebe kullanımının acil durum servislerine erişimde kullanıcının lokasyonunun tam olarak tespit edilmesini güçleştireceği üzerinde durulmuştur. Yine elektrik kesintisi gibi durumlarda, bu servislere erişimde sorunlar yaşanabileceği üzerinde durulmuştur. Bu konularda servis sağlayıcıların abonelerini bilgilendirmesi gerektiği tavsiye edilmiştir. Numalandırma için, hem coğrafi hem de coğrafi olmayan numaraların servis sağlayıcılara tahsis edilmesi yönünde regülasyon otoriteleri teşvik edilmiş ve özellikle coğrafi numaraların VoIP servis sağlayıcılar için yaşamsal önem arz ettiğinin üzerinde durulmuştur (Elixmann, Marcus and Wernick 2008, pp.12-13).

2005 yılında, ERG tarafından yayımlanan VoIP alanındaki ortak durum tanımlamalarında, numalandırma alanında geleneksel telefon servisleri ile VoIP servislerinin aynı numara aralıklarına erişiminin olması gerektiği belirtilmiştir. Ek olarak, rekabetin korunması için benzer servis tipleri arasında numara taşınabilirliğinin sağlanması önerilmiştir. Avrupa Komisyonu raporuna benzer şekilde, acil durum servislerine erişim hakkında VoIP servis sağlayıcılarının abonelerini bilgilendirmesinin sağlanması için ulusal regülasyon otoritelerinin gereklilikler getirmesi savunulmuştur. Sabit lokasyonlardan acil durum servislerine yapılan VoIP aramalarının, en yakın acil durum merkezine yönlendirilmesi ve bu sırada teknolojinin izin verdiği oranda abone

lokasyon bilgisinin sağlanması gerekliliği belirtilmiştir. Göçebe abonelerde ise, lokasyon bilgisinin teknolojinin şu andaki durumunda söz konusu olamayacağı ve standartların olgunlaşmasının ardından ele alınması gerektiği açıklanmıştır (Elixmann, Marcus and Wernick 2008, p.14).

ERG'nin 2007 yılındaki durum değerlendirmesinde, özellikle Avrupa Birliği ülkeleri arasındaki farklar üzerinde durulmuş ve Avrupa genelinde bir standarta gidilmesi gerekliliği belirtilmiştir. Öncelikli olarak, numaralandırma konusunda abonelerden gelen coğrafi numaraların VoIP servislerinde alan dışı kullanımına bazı ülkelerde izin verildiği, bazı ülkelerde ise engellendiği belirtilmiştir. Bu noktada, geleneksel servisler ile VoIP servislerinin aynı numara havuzundan yararlanması ve teknolojiler karşısında tarafsız bir yaklaşım gösterilmesi gerekliliği tekrar dile getirilmiştir. Numara taşınabilirliğinde de, benzer şekilde, gerekli şartları sağlayan tüm servisler arasında geçiş yapılabilir olması gerektiği öne sürülmüştür. Son olarak, tüm telefon servis sağlayıcılarının acil numara servislerine erişim sağlaması gerektiği ve bunu gerçekleştirirken teknolojinin elverdiği oranda kullanıcının lokasyonu, yerleşik veya göçebe kullanıcı olup olmadığı belirtilmesine ek olarak, bu görüşmelerde önceliklendirme, kalite ve erişilebilirlik sağlanmasının önemi belirtilmiştir (Elixmann, Marcus and Wernick 2008, p.15).

Benzer şekilde, Avrupa Komisyonu'nun 2007 yılındaki gözden geçirme raporunda, numaralandırma alanındaki standart eksikliğinin, VoIP servislerinin, Avrupa genelinde yayılmasını engellediği belirtilmiştir. Bu amaçla, mevcut direktiflere üye devletlerin numaralandırma alanında uyum sağlayarak, iç marketlerin gelişimi teşvik etmeleri gerektiği eklenmiştir. Önemli bir diğer nokta ise, acil durum servislerine erişim zorunluluğunun, mevcut direktiflerdeki PATS tanımından çıkartılması yönündeki önerisidir (Elixmann, Marcus and Wernick 2008, pp.15-16).

2.6.2.2. Türkiye'de Ses hizmetleri regülasyonu

Türkiye'de, VoIP hizmetleri regülasyonu Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de yaşanan uzun soluklu özelleştirme ve regülasyon sürecinin ardından Mayıs 2009 içerisinde alternatif operatörlerinde şehir içi aramaları taşıyabilmesine izin verilmiştir ve daha öncesinde verilmiş Uzak Mesafe

Telefon Hizmeti (UMTH) lisansları Sabit Telefon Hizmeti (STH) olarak değiştirilmiştir. (Telekomunikasyon Kurulu 2009, s.1) Kurum, yayınladığı yönetmelik ve tebliğler ile ticari olarak verilen VoIP hizmetlerini Sabit Telefon Hizmeti (STH) atısı altında değerlendirmektedir. Avrupa'dan farklı olarak Türkiye'de, lisanslı STH operatörlerinin abonelerine ulusal numalandırma planından numara tahsis etmeleri mümkün değildir. STH, işletmecilere ait her türlü telekomünikasyon şebekesi ve altyapısı üzerinden her türlü teknolojiyi kullanarak kullancılara il içi ve/veya iller arası ve/veya uluslararası telefon hizmeti sunulmasını kapsar. (Telekomunikasyon Kurulu 2009, s.3) STH Hizmetini yürütmek isteyen sermaye şirketleri, kurum tarafından A Tipi, B Tipi ve C Tipi STH işletmecisi olarak üç kategoride yetkilendirilir. (BTK 2008, s.28).

- i. A Tipi STH İşletmecisi: Taşıyıcı n seçimi ile hizmet vermeye yetkili STH işletmecisi.
- ii. B Tipi STH İşletmecisi: ağrı bazında taşıyıcı seçimi ile hizmet vermeye yetkili STH işletmecisi.
- iii. C Tipi STH İşletmecisi: Kurum tarafından tahsis edilecek on (10) haneli numara ile ulaşılabilen STH işletmecisi.

STH içerisinde il içi, illerarası ve uluslararası telefon hizmetleri bulunmaktadır. İl içi Telefon Hizmeti, ağrı başlatma ve sonlandırma noktalarının aynı ilde olduğu ve kullancılara yedi haneli il içi numaraları çevirerek arama yaptığı telefon hizmetidir. İllerarası Telefon Hizmeti, ağrı başlatma ve sonlandırma noktalarının farklı illerde olduğu veya kullancılara Türk Telekom'un ana telekomünikasyon şebekesi dışındaki şebekelere sıfır nsabitini çevirerek eriştikleri telefon hizmetidir. Uluslararası Telefon Hizmeti ise ağrı başlatma noktasının Türkiye'de sonlandırma noktasının Türkiye dışında olduğu telefon hizmeti ve ağrı başlatma noktasının Türkiye dışında, sonlandırma noktasının Türkiye'de olduğu telefon hizmetidir (BTK 2008, s.28).

STH işletmecisi PSTN, GSM, internet ve diğer şebekelerden kaynaklanan trafiği her türlü alt yapıyı ve teknolojiyi kullanarak ulusal ve/veya uluslararası şebekelerle irtibatlandırılabilir. Ancak, işletmeci GSM şebekesi üzerinden ağrı başlatarak hizmet sunamaz. İşletmeci bu hizmet kapsamında ileteceği trafik için, şebekelerarası irtibatın

sağlanmasına yönelik cihazları kendisi kurabilir. STH İşletmecisi, BTK tarafından yetkilendirilen işletmecilerden altyapı temin ederek ve/veya ilgili yetkilendirmeyi alıp kendi altyapısını kurarak hizmet verebilir (BTK 2008, s.28).

STH işletmecileri yerleşik telefon operatörü olan Türk Telekom A.Ş. (TTAŞ) ile İstanbul'da Avrupa ile Anadolu yakalarında ve diğer bölgelerde de birer adet olmak üzere en az 8 adet arabağlantı yapmak zorundadır. BTK, STH işletmecilerini abonelerine taahhüt ettiği hizmet kalitesinin sağlanması için gerekli tüm önlemleri almakla yükümlü kılmıştır (BTK 2008, s.29).

2.6.3. Görüntü Hizmetlerinde Düzenleyici Hususlar

2.6.3.1. Avrupa'da görüntü hizmetleri regülasyonu

BTK tarafından Haziran 2008'de yayınlanan "IP Tabanlı Hizmetler: VoIP ve IPTV" raporunda Avrupa'daki IPTV regülasyonunda İngiltere ve Fransa örnekleri verilmiştir.

İngiltere'de şebeke düzenlemelerine bakıldığında; 2003 haberleşme yasası, TV içerik düzenlemesi ve yetkilendirmesi ile içerik dağıtımını ve dağıtımda kullanılan altyapıyı birbirinden ayırmaktadır. Elektronik haberleşme hizmetleri, melez fiber koaksiyel kablo, fiber optik kablo, uydu sistemleri, bakır kablo ya da üçüncü nesil (3N) telsiz telekomünikasyon şebekeleri gibi herhangi bir şebekeden sinyal taşınması özelliğine sahip olan hizmetlerdir. AB'nin yeni haberleşme rejiminin 25 Temmuz 2003'ten bu yana İngiltere'de uygulanması ile kablo TV gibi özel yetkilendirmeler genel yetkilendirme rejiminin yerini almaktadır (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.53).

Bununla birlikte içerik düzenlemelerine de bakmakta yarar vardır. Bu çerçevede, elektronik haberleşme hizmetleri tanımı, içerik hizmetlerini bu kapsamın dışında tutmaktadır. TV içeriği konusunda, uygun lisans olmaksızın yetkilendirilebilir bir TV hizmeti sağlamak yasalara aykırıdır. Bir TV hizmetinin yetkilendirilebilir olup olmadığına karar verme sürecinde, dağıtım teknolojisi belirleyici etken değildir. Bir hizmetin yetkilendirme gerektirip gerektirmediğine karar verme noktasında, yükümlülük bir TV kanalı gibi hizmet sağlayıcıya aittir. Yetkilendirilmiş bir TV hizmeti

içerik, reklamlar ve programlarla ilgili tüm kurallara uymak zorundadır (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.53).

İngiltere düzenleyici otoritesi Ofcom, TV kanalları gibi bireysel TV hizmetlerini yetkilendirmektedir. Her bir servis ayrı olarak yetkilendirilmektedir. TV kanallarını bünyesinde toplayan ve dağıtan bir kablo TV operatörü, kendi TV kanallarından yayın yapmadıkça yetkilendirme rejimine tabi olmaz. Bu gibi işletmecilerin pazara girmesi, TV hizmet sağlayıcıları ile sistem işletmecisi arasında yapılan özel anlaşmaya bağlıdır (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.54).

İngiltere’de TV hizmetleri, bu hizmetlerin karasal sayısal çoklayıcılardan ya da elektronik haberleşme şebekeleri üzerinden sunulan elektronik haberleşme hizmetleri aracılığıyla elde edilebilir olup olmamasına bağlı olarak farklı şekillerde yetkilendirilmektedir. Karasal sayısal şebekelerden taşınan hizmetler sayısal TV programı ya da ek hizmetler olarak yetkilendirilmektedir. Elektronik haberleşme şebekeleri üzerinden sunulan hizmetler ise, yetkilendirilebilir TV içerik hizmetleri olarak yetkilendirilmektedir (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.54).

Talebe bağlı hizmetler yetkilendirilebilir değildir. Çünkü, bunlar tüm kamuya açık değildir. İngiltere’de ayrıca internet üzerinden yapılan yayın içeriği ile TV kanalları birbirlerinden ayrılmaktadır ve internet hizmetleri Ofcom’un düzenleme alanının dışında tutulmaktadır. Buna bir örnek verecek olursak, İngiltere pazarında 55 TV kanalı ve talebe bağlı yayın hizmetleri sağlayan DSL temelli alternatif servis sağlayıcı Home Choice şirketi, TV hizmetleri için yetkilendirilirken talebe bağlı yayınlar için yetkilendirilmemiştir. Bu işletmeci, bir sistem operatörü olarak ve kendine has TV kanalı olmaksızın TV kanallarını sadece toplayıp dağıttığı için, yetkilendirilebilir TV içerik hizmetleri yetkilendirme rejimine tabi değildir. Zaten, Home Choice bu faaliyetlerine başladığında her bir TV kanalının lisansı bulunmaktaydı (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.54).

Fransa’da ise, Avrupa Komisyonu direktifleri ile uyumlu olan 9 Temmuz 2004 tarihli yayıncılık yasasına göre herhangi bir TV hizmet kanalı, hangi altyapıdan (kablo, uydu, internet, ADSL, mobil şebekeler vs.) iletilirse iletilsin; ülkemizdeki RTÜK’ün Fransa’daki muadili olan CSA (Conseil Superieur de l’Audiovisuel) ile bir anlaşma

yapmak ya da CSA'ya basit bir bildirimde bulunmak durumundadır. Yıllık bütçesi 150.000 Avro'dan az olan TV kanalları ise bu anlaşma ya da bildirimden muaftır. Kablo TV ve DSL teknolojilerini kullanarak yayın yapan elektronik haberleşme şebeke işletmecileri, CSA'ya sadece bildirimde bulunmaktadır. Şebeke işletmecileri ayrıca Fransız telekomünikasyon düzenleme otoritesi ARCEP'e de bildirimde bulunmak zorundadırlar (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.55).

2.6.3.2. Türkiye'de görüntü hizmetleri regülasyonu

Türkiye'de, internet üzerinden görüntü hizmetleri ile ilgili olarak BTK tarafından yayınlanmış bir yönetmelik bulunmamaktadır. Ancak, RTÜK tarafından açıklanmış olan "Test ve Deneme Yayınları Tebliği" içerisinde 3984 sayılı Yasa çerçevesinde tanımlanan yayıncılık sektörünün düzenlenmesinde IPTV, DVB-H, DVB-T, DVB-T2 ve benzeri Yeni Yayın teknolojilerinin transferini sağlamak konusu ile ilgili usul ve esaslar belirtilmiştir (RTÜK 2009).

Tebliğ, görsel ve işitsel yayınlar ve bunlarla ilintili veri hizmetlerine yönelik, teknolojik gelişmeleri, test ve deneme yöntemi ile ülkemize kazandırmak, kamuoyunu bu gelişmelerden haberdar etmek için kamu kurum ve kuruluşları ile şirketlerin, test ve deneme amaçlı olarak geçici süre ile kurmak ve kullanmak istedikleri altyapı ve işletmeye ilişkin verilen geçici izne yönelik usul ve esasları belirlemektir (RTÜK 2009).

Bu tebliğe göre, yapılan başvurular ile alınan izinler sonucunda test ve deneme izni sahibi aşağıdaki hüküm ve yükümlülüklerle sahiptir (RTÜK 2009).;

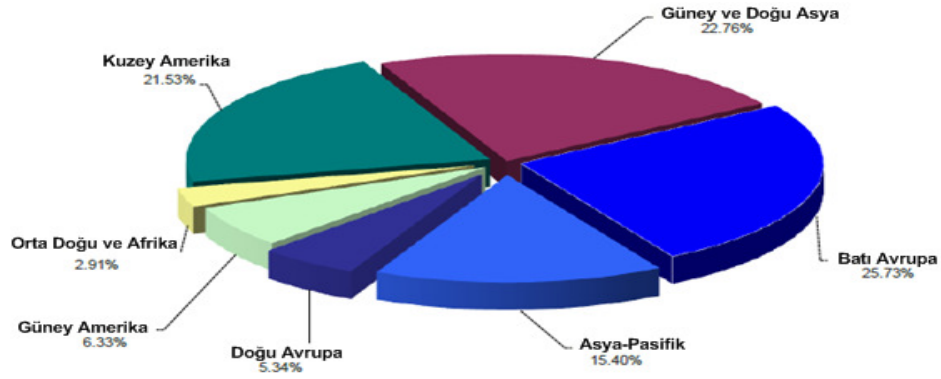
- i. Test ve deneme izni sahibi radyo ve televizyon altyapısını kurmaya ve kullanmaya yetkilidir.
- ii. Başvuru sahibi bu usul ve esaslar ile birlikte 3984 sayılı Kanun ve diğer RTÜK mevzuatına uymakla yükümlüdür.
- iii. Test ve deneme izni sahibi yapacağı test ve deneme müracaatına ilişkin, blok şema, teknik doküman, ve Üst Kurulun uygun göreceği evrakı ibraz etmekle yükümlüdür.

- iv. Test ve deneme izni sahibi; bu hizmetini Üst Kurulun belirleyeceği ve tahsis edeceği kapasite üzerinden yapar. Test ve deneme faaliyeti için kanal ve frekans söz konusu ise, geçici süreli test ve deneme yayını Üst Kurulun belirleyeceği kanal ve frekanslardan yapmakla yükümlüdür.
- v. Test ve deneme izni sahibi verilen izin kapsamında kurulan sistemde Üst Kurul personeline gerekli ölçüm, inceleme ve denetlemeyi yaptırmakla yükümlüdür.
- vi. Test ve deneme izin süresi içerisinde Üst Kurulun talep etmesi halinde elde edilen bilgi, belge, bulgu, ölçüm sonucu ve tecrübeyi Üst Kurulla paylaşmakla yükümlüdür.
- vii. Test ve Deneme sistemi üzerinden üçüncü şahıslara ticari olarak hizmet sunmamakla yükümlüdür.
- viii. Mevcut radyo ve televizyon yayınları ile diğer haberleşme hizmetlerini olumsuz etkilememekle yükümlüdür.
- ix. Geçici süreli test ve deneme faaliyetinde, Üst Kurulun uygun göreceği radyo ve televizyon yayınları ve ilintili veri hizmetlerinin iletmekle yükümlüdür.
- x. Test ve deneme izni şartlarının değişmesi durumunda veya Üst Kurulun öngöreceği süre içerisinde faaliyetine son vermekle, yapmış olduğu yatırım ve diğer işlemlerle ilgili Üst kuruldan herhangi bir talebinin olmayacağına dair taahhütname vermekle yükümlüdür.

Mevcut telekom operatörleri arasında IPTV yayınları için altyapı yatırımlarında ön plana çıkan TTAŞ medyada BTK ve RTÜK'e yapılan başvurular sonucunda gerekli izinlerin alındığını ve Eylül 2009 itibari ile hizmet verilmesine başlanacağını açıklamıştır.

2.7. YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİNDE UYGULAMALAR

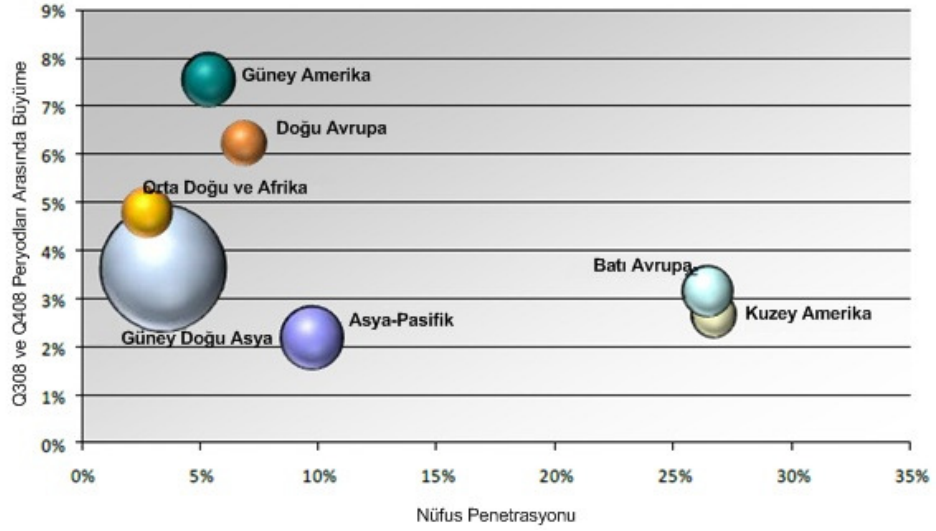
Kullanıcıların, yeni nesil ağ servislerine artan talepleri doğrultusunda bu servislere erişim için gerekli olan geniş bant teknolojileri de yaygınlaşmaktadır. Bundan dolayı, geniş bant erişimin yaygınlığı ile yeni nesil ağ servislerinin kullanımı arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.



Şekil 2.4 : Geniş bant abonelerinin bölgelere göre dağılımı.

Kaynak : Vanier, F., 2009. World Broadband Statistics: Q4 2008. London: Point Topic Ltd.

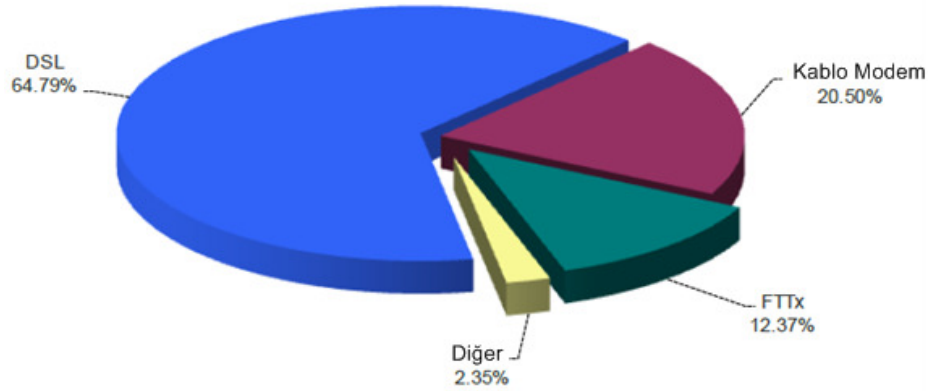
Şekil 2.4 içerisinde görülebileceği gibi geniş bant erişim teknolojilerinin kullanımında en büyük pay Güney ve Doğu Asya ülkelerinin bulunduğu gruba aittir. Ancak, bu bölgelerdeki nüfusun yüksek oluşu aslında olgunlaşmamış geniş bant pazarını gizlemektedir. Şekil 2.5 içerisinde toplam kullanıcı sayısının nüfusa oranının en yüksek olduğu geniş bant erişimin Kuzey Amerika ve Batı Avrupa'da yaygınlığının daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2.5 : Geniş bant penetrasyonu ve 2008 yılı 4. çeyrek büyüme oranları.

Kaynak : Vanier, F., 2009. World Broadband Statistics: Q4 2008. London: Point Topic Ltd.

Şekil 2.5 içerisinde DSL'in 266,2 milyon abone ile ulaştığı yüzde 64,79 kullanım oranının, 2008 yılının 4. Çeyreğın itibarıyla dünya geniş bant pazarındaki egemen teknoloji olmasını sağladığı görülmektedir. DSL'i sırasıyla kablo platformları, fiber optik ve diğer teknolojiler takip etmektedir.



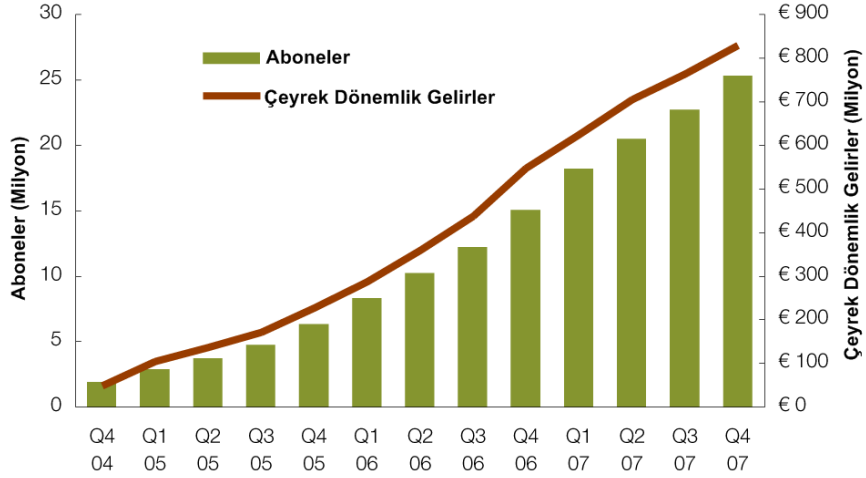
Şekil 2.6 : 2008 Yılı 4. çeyrek verileriyle toplam geniş bant abonelerinin teknoloji tercihleri.

Kaynak : Vanier, F., 2009. World Broadband Statistics: Q4 2008. London: Point Topic Ltd.

2.7.1. VoIP Alanındaki Uygulamalar

Sabit hat servisleri bir yüzyıldan uzun süredir telekom sektörü için temel gelir kaynağı olmuştur. Ancak günümüzde yapılan VoIP uygulamaları bu durumu değiştirmektedir. Artık telefon görüşmelerini, geniş bant erişim veya video aboneliklerinin yanında ücretsiz olarak sağlayan operatörler bulunmaktadır.

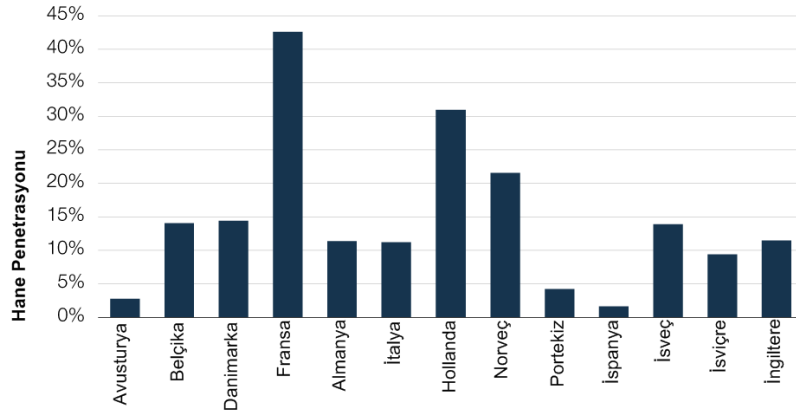
Yapılan pazar araştırmalarına göre sadece Avrupa’da VoIP hatları üzerinden görüşme gerçekleştiren tüketici sayısı, 2006 yılında 15 milyon iken; 2007 yılının sonunda 25,3 milyona yükselmiştir. (PriMetrica Inc. 2008a,p.1) Şekil 2.7 içerisinde 2004 yılından 2007 yılına kadar VoIP aboneleri ve gelirlerinde yaşanan gelişmeler görülmektedir.



Şekil 2.7 : 2004 ve 2007 Yılları arasında Avrupa’daki VoIP aboneleri ve gelirlerindeki gelişme.

Kaynak : PriMetrica Inc., 2008. European VOIP Research Service. TeleGeography Research, Summary Report, Washington, D.C., p.2.

VoIP servisleri, hızlı bir yükseliş sonucunda ulaştığı kullanıcı sayısı ile 2007 yılında Avrupa’da toplam hanelerin yüzde 17’sine girmiştir. Şekil 2.8 içerisinde ülke bazında verilmiş hane penetrasyonu, VoIP servislerinin Avrupa’da özellikle Fransa’da yoğunlaştığını ve arkasından sırasıyla, Hollanda ve Norveç’in geldiğini göstermektedir. (PriMetrica Inc. 2008a, p.2)



Şekil 2.8 : 2007 4. Çeyreğinde Avrupa'daki VoIP servislerinin ülkelere göre hane penetrasyonu.

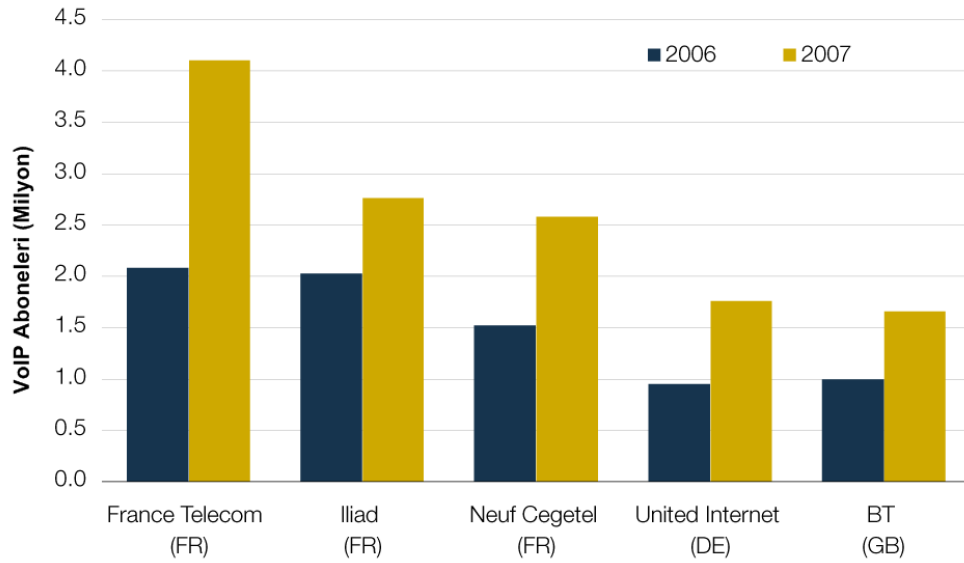
Kaynak : PriMetrica Inc., 2008. European VOIP Research Service. TeleGeography Research, Summary Report, Washington, D.C., p.3.

Alışlagelmiş telefon hizmetlerinin yerini alan VoIP hizmetleri Avrupa'da en çok DSL servis sağlayıcılar tarafından verilmektedir. DSL servis sağlayıcılarını, yerleşik operatörler, kablo operatörleri ve ağ bağımsız servis sağlayıcıları izlemektedir. (PriMetrica Inc. 2008a, p.3)

Fransa, VoIP servislerinde yüzde 40'ı aşan bir oranla, Avrupa genelinde dikkati çeken bir uygulama başarısı gerçekleştirmiştir. Avrupa'nın ilk üç VoIP servis sağlayıcısı Fransa'da hizmet vermektedir. Bu servis sağlayıcılar, France Telekom, Iliad Grup, Neuf Cegetel'dir. Şekil 2.9'da gösterilen ilk beş servis sağlayıcı arasında, ilk üçünü bu firmalar oluşturmaktadır.

Avrupa'nın en büyük VoIP servis sağlayıcısı olan France Telekom tarafından 2004 yılında başlatılan VoIP servislerinde, 2008 Mart ayı verileri ile 4.649.000 aboneye ulaşılmıştır. France Telecom VoIP servislerini ülkenin en büyük internet sağlayıcısı olan Orange (önceki ismi Wanadoo) üzerinden sağlamaktadır. Orange, VoIP servislerini üçlü oyun paketi olan "Livebox" içerisinde veri ve görüntü hizmetleri ile birlikte sunmaktadır. Mart 2008'de "Livebox" abone sayısı, 5,6 milyon kişiye ulaşmıştır. Bu kullanıcı sayısı ile firma, 4,65 milyon abone ile VoIP alanında lider konumdadır. Orange, çoklu oyun servislerini Polonya, İspanya ve İngiltere gibi ülkelerde de

sunmaktadır. 2008 yılı Mart ayı itibariyle bu çoğrafyalarda da, 722.000'i VoIP kullanıcısı olmak üzere, 1,15 milyon aboneye ulaşılmıştır. Üçlü oyun hizmet paketi için, aboneler aylık olarak 29,90 Avro ödemekte ve sınırsız yurtiçi telefon görüşmesine ek olarak, 8 Mb/s indirme hızında bir geniş bant erişim hizmetine sahip olmaktadır. Bu ücretlere ek olarak, aylık üç Avro modem kirası ve telefon hattı aboneliği için 15 Avro abonelik ücreti ödenmektedir. Diğer bir abonelik paketi olarak "Livebox" servislerinin çıplak DSL (geleneksel telefon hattı aboneliği olmadan) üzerinden verildiği 39,90 avroluk bir alternatif sunulmaktadır. (PriMetrica Inc. 2008b, p.1)



Şekil 2.9 : 2007 yıl sonu verileri ile Avrupa'nın en büyük 5 VoIP servis sağlayıcısı.

Kaynak : PriMetrica Inc., 2008. European VOIP Research Service. TeleGeography Research, Summary Report, Washington, D.C., p.4.

Fransa'nın en büyük özel İnternet servis sağlayıcısı Iliad Grup'un alt kuruluşu olan FreeTelekom 2003 yılı Ağustos ayından bu yana VoIP hizmetleri sunmaktadır. Bu hizmet paketi özel numaralar hariç olmak üzere diğer Free Telekom aboneleri ve Fransa'daki sabit numaraları sınırsız bedava aramayı da içermektedir. (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.40)

Ayrıca Cegetel şirketi de ev kullanıcıları için ulusal ve yerel aramalar bazında sınırsız ADSL ve telefon hizmetleri sunmaktadır. (Cantekinler ve diğ. 2008b, s.40)

2.7.2. IPTV Alanındaki Uygulamalar

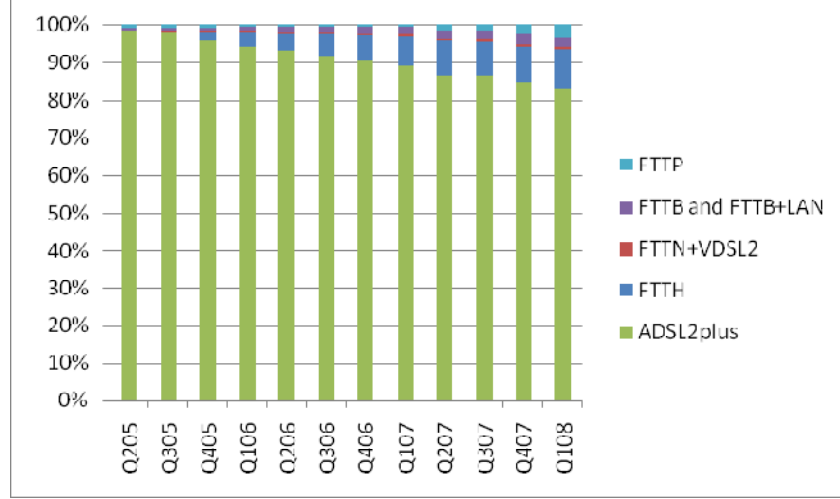
2009 yılında yapılan araştırmalarda, IPTV pazarının büyük bir hızla gelişmeye devam ettiği görölmektedir. PoinTopic tarafından gerçekleştirilen analizde, 2008 yılının sonu verileriyle, Batı Avrupa'da IPTV kullanıcı sayısının son 12 ayda yüzde 45 oranında arttığı belirtilmiştir. (Broadband Forum 2009b, p.1).

Tablo 2.2 : IPTV abonelerinin 2007 ve 2008 yıllarındaki bölgesel dağılımları.

Bölgeler	2007 4. Çeyreği Verileri	2008 4. Çeyreği Verileri
Batı Avrupa	7.045.860	10.388.000
Kuzey Amerika	1.774.671	3.835.544
Güney ve Doğu Asya	1.840.000	3.615.000
Asya-Pasifik	2.199.828	3.082.182
Doğu Avrupa	465.223	884.466
Güney Amerika	8.991	21.495
Orta Doğu ve Afrika	10.000	10.000
Toplam	13.344.573	21.836.687

Kaynak : Broadband Forum, 2008. IPTV Deployments Double for the Second Year Running as Broadband Continues to Achieve Strong Growth., p.2.

IPTV uygulamalarında kullanılan geniş bant erişim teknolojileri incelendiğinde ise 2008 yılı ilk çeyrek verilerine göre yüzde 80'in üzerinde kullanım oranı ile ADSL2+ egemen teknolojidir. Şekil 2.10 içerisinde 2005 ve 2008 yılları arasındaki tüm IPTV uygulamalarında tercih edilen erişim teknolojileri arasındaki oransal dağılım gösterilmiştir. Son yıllarda yapılan uygulamalarda, fiber optik transmisyon teknolojilerinin kullanımındaki artışın, yeni kurulumlar, özellikle de HDTV yayınları ile artan yüksek IPTV bant genişliği ihtiyaçları ve hem bireysel hem de kurumsal kullanıcıların daha yüksek veri hızı talebinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Broadband Forum 2009b, p.3).



Şekil 2.10 : IPTV servislerinde erişim teknolojileri trendi.

Kaynak : Broadband Forum, 2008. IPTV Deployments Double for the Second Year Running as Broadband Continues to Achieve Strong Growth., p.1.

IPTV'nin gelişiminde, geniş bant erişimin penetrasyonuna ek olarak, bu servislerin uzun dönemde kullanıcı başına ortalama gelirleri yükseltmek için önemli bir fırsat oluşturması da etkilidir. IPTV hizmetleri, müşterilerin rakiplere geçişini zorlaştırdığından dolayı da operatörler için önem arz etmektedir.

2.8. TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT YENİ NESİL AĞ SERVİSLERİ

Türk Telekom'un 2005 yılında özelleştirilmesinin ardından telekomünikasyon sektöründeki değişim hızlanmış ve yeni nesil servislerin sunumu ön plana çıkmıştır.

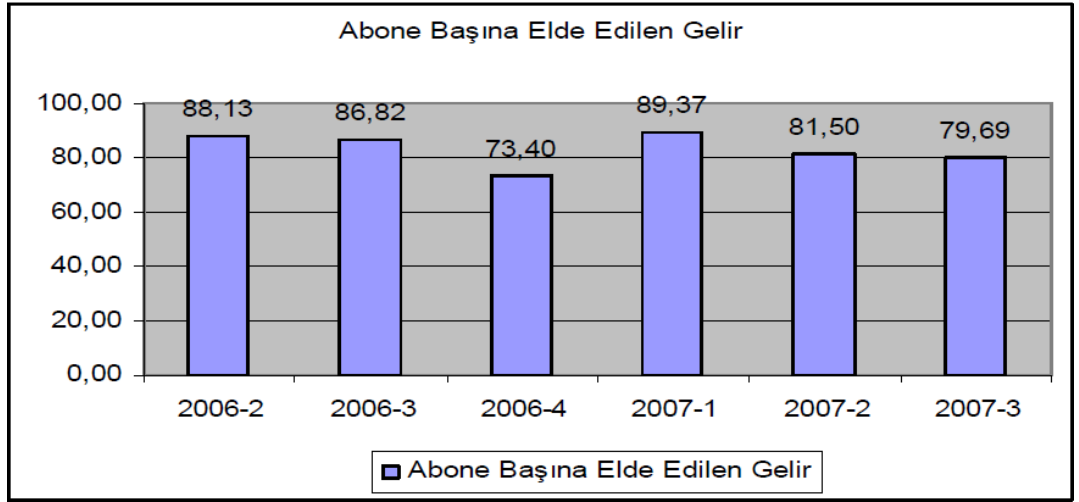
Türkiye'de geniş bant erişim hizmetlerinde kullanılan birincil platform bakır kablo ağı olup, kısıtlı seviyede kablo TV platformu da internet erişimi için kullanılabilir. (Cantekinler ve diğ. 2008a, s.55) Pointtopic tarafından yayınlanan geniş bant erişim raporuna göre Türkiye'deki geniş bant erişim abonelerinin sayısı 5.798.700'e ulaşmıştır ve bunların yüzde 99'undan fazlası DSL hizmetlerinden yararlanmaktadır. Tablo 2.3 içerisinde 2008 yılının 3. ve 4. çeyrekleri arasında Türkiye'deki geniş bant erişim abonelerindeki artış görülmektedir.

Tablo 2.3 : 2008 Yılı son çeyreği verileri ile Türkiye’de geniş bant kullanımı.

Toplam Geniş Bant Aboneleri			DSL Kullanmayan Aboneler			DSL Kullanan Aboneler		
2008 3. Çeyrek	2008 4. Çeyrek	Büyüme Oranı	2008 3. Çeyrek	2008 4. Çeyrek	Büyüme Oranı	2008 3. Çeyrek	2008 4. Çeyrek	Büyüme Oranı
5.546.500	5.798.700	% 4,55	44.000	46.200	% 5	5.502.500	5.752.500	% 4,54

Kaynak : Vanier, F., 2009. World Broadband Statistics: Q4 2008. London: Point Topic Ltd., p.25.

Kullanıcı sayılarında artışa rağmen TTNET’in kullanıcı başına gelirleri, 2006 ve 2007 yılları arasında düşüş yaşamıştır. Bu düşüşte pazara giren diğer servis sağlayıcıların etkisi bulunmaktadır. Şekil 2.11 içerisinde TTNET’in abone başına gelirlerindeki değişim görülmektedir.



Şekil 2.11 : 2006 ve 2007 yıllarında TTNET’in abone başına elde edilen gelir seviyeleri.

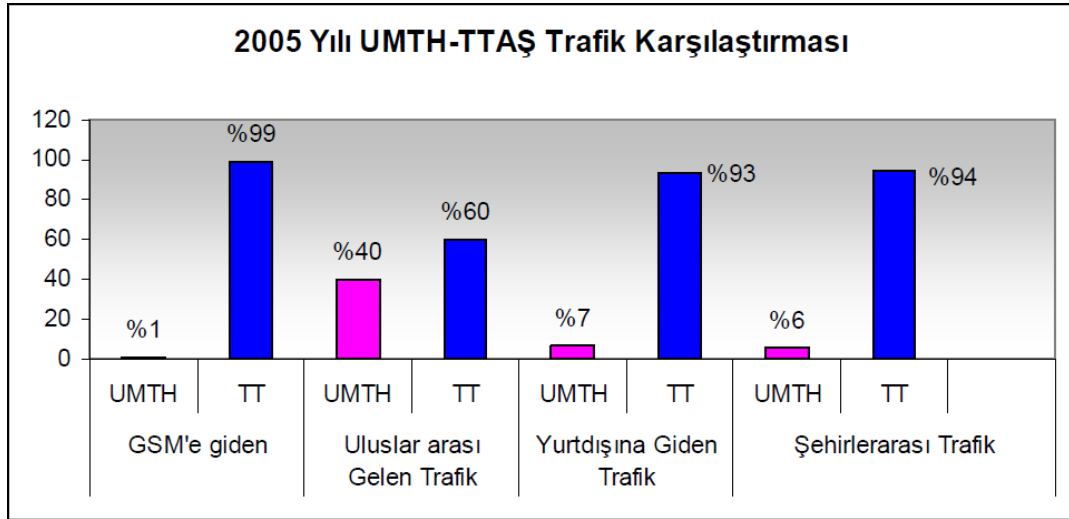
Kaynak : Cantekinler, M. K., Çaycı, A. D., Taşdemir, Ö., Yayla, F. & Yılmaz, R., 2008. Teknoloji; Hizmetler; Düzenleme ve Dünyadaki Gelişmeler, p.63.

2008 yılı itibarıyla, Türkiye’de BTK tarafından yetkilendirilmiş olan 77 internet servis sağlayıcı, kablolu ve kablosuz internet erişim hizmeti sunabilmektedir. Türksat ise kablo şebekesine sahip tek işletmeci konumundadır ve bu şebeke üzerinden kablo internet hizmeti sunabilmektedir. İşletmecilere ve kullanıcılara telekomünikasyon hizmetleri sunulmasında kullanılacak altyapıların kurulmasını ve işletilmesini sağlayan altyapı işletmeciliği için 15 işletmeci yetkilendirilmiştir. Ancak halihazırda bu işletmeciler Türk Telekom ile rekabet edebilecek seviyede hizmet sunamamaktadır. Türk Telekom’a altyapı konusunda bağımlı olan işletmeciler geniş bant erişim hizmeti sunmak üzere üç yöntem kullanabilmektedir. Bu yöntemler yeniden satış, veri akış

erişimi, paylaşımlı erişim ve tam erişim olarak adlandırılmaktadır. (Cantekinler ve diğ. 2008c, ss.60-61)

Türk Telekom'un İnternet servis sağlayıcısı olarak çalışan TTNET, 2008 yılı itibarıyla geniş bant alanındaki hedeflerine ek olarak sabit telefon hizmeti işletmeciliği lisansı da almıştır. Bunun yanında, Wi-Fi ve mobil şebekeler üzerinden ses servislerini içeren yakınsama hizmetleri için uygulamalar başlatılmıştır. Türk Telekom'daki veri hizmetlerinden farklı bir alandaki ilk yeni nesil ağ hizmeti olan video telefon servisi 2008 yılında başlatılmış ve bu servise üye olan kişilerin birbirleri arasında görüntülü görüşme yapabilmesini sağlamaktadır. Diğer bir VoIP tabanlı servis olan WIRO'da 2008 yılı içerisinde tüketicilerin kullanımına sunulmuştur. WIRO hizmetinde kullanıcı bilgisayarına veya mobil telefonuna kuracağı uygulama sayesinde yurtdışında yapacağı aramaları Türk Telekom üzerinden gerçekleştirebilmektedir.

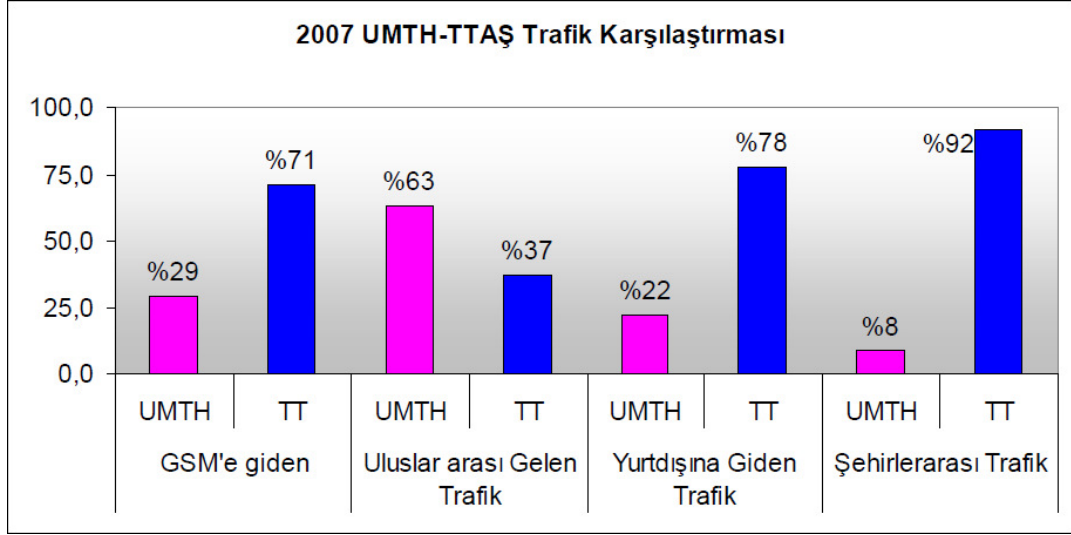
2004 yılında verilmeye başlanmış uzak mesafe telefon hizmetleri lisansları ile telefon hizmetleri alanında da fiyat rekabeti başlamıştır. Şekil 2.12 içerisinde UMTH lisansı ile hizmet veren servis sağlayıcıların taşıdıkları telefon trafiğinin TTAŞ ile karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 2.12 : 2005 Yılı UMTH-TTAŞ Trafik Karşılaştırması.

Kaynak : Cantekinler, M. K., Çaycı, A. D., Taşdemir, Ö., Yayla, F. &Yılmaz, R., 2008. Türk Telekom'un Özelleştirme Süreci ve Sonrasındaki Gelişmeler ve Sektöre Etkileri, p.34.

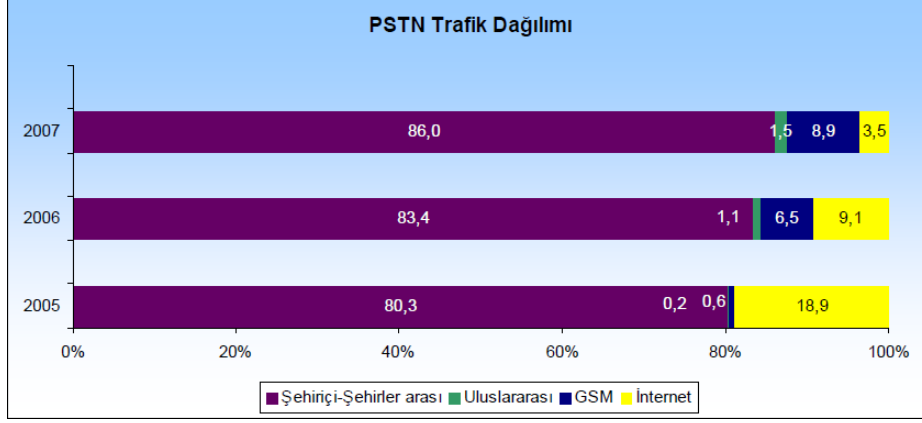
Uzak mesafe telefon görüşmelerinde rekabetin başlamasına rağmen bu alanda hizmet veren işletmecilerin paylarının geçen süre boyunca istenen seviyede yükselmediği görülmektedir. Şekil 2.13 içerisinde 2007 yılında UMTH işletmecilerinin taşıdığı telefon trafiğinin TTAŞ ile karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 2.13 : 2007 Yılı UMTH-TTAŞ Trafik Karşılaştırması.

Kaynak : Cantekinler, M. K., Çaycı, A. D., Taşdemir, Ö., Yayla, F. & Yılmaz, R., 2008. Türk Telekom'un Özelleştirme Süreci ve Sonrasındaki Gelişmeler ve Sektöre Etkileri, p.35.

2004'te 44 olan lisanslı firma sayısı 2007'de 32'ye düşmüştür. Bu düşüşte, şehir içi görüşmelerin rekabete açılmasının gecikmesi, 18 milyon sabit telefon abonesinin yaklaşık 10 milyonunun bulunduğu hesaplı hat ve yazlık hat tarifelerini kullanan abonelerin çağrı bazında taşıyıcı seçimi hizmetinden yararlanamaması, UMTH işletmecilerinin maliyetlerinin yüksekliği ve yetkisiz hizmet sunulmasına (skype) karşı bir düzenleme yapılmamasının rol oynadığı belirtilmektedir. (Cantekinler ve diğ. 2008c, s.43)



Şekil 2.14 : 2005, 2006 ve 2007 Yıllarında PSTN trafik dağılımı.

Kaynak : Cantekinler, M. K., Çaycı, A. D., Taşdemir, Ö., Yayla, F. & Yılmaz, R., 2008. Türk Telekom'un Özelleştirme Süreci ve Sonrasındaki Gelişmeler ve Sektöre Etkileri, p.32.

Şekil 2.14 içerisinde şehir içi ve şehirlerarası görüşmelerin diğer yönlerdeki görüşmelere oranla çok daha fazla olduğu görülmektedir. 2009 Mayıs ayı içerisinde UMTH lisanslarının STH olarak yeniden düzenlenmesi şehir içi görüşmelerde tekel durumundaki Türk Telekom üzerinde yeni bir rekabetçi baskı oluşturacak ve bu alandaki son kullanıcı fiyatlarının da yeniden düzenlenmesini sağlayacaktır. 2009 Mayıs ayı itibarıyla BTK tarafından açıklanmış 34 adet lisanslı STH işletmecisi bulunmaktadır. (BTK 2009a, BTK 2009b)

Türkiye'deki alternatif sabit telefon hizmeti işletmelerinin, genel olarak kurumsal pazara odaklanmış olduğu görülmektedir. Bu servis sağlayıcılar Mart 2009'a kadar sadece şehirlerarası ve uluslararası görüşmeleri sonlandırabilmekteydiler. Müşterilerine PSTN'den aranabilecek numaralar tahsis edemedikleri için katma değerli servislerden TTAŞ servislerine alternatif düşük fiyat politikaları ile gelir oluşturmaya çalışmaktadırlar. Bu alanda başlayan rekabet sonucunda TTAŞ, tariflerinde 2004 yılından beri belli oranlarda indirimler yapmıştır. 2004 ve 2009 yılları arasındaki Türk Telekom Standart Hat paketindeki tarife farklılıkları Tablo 2.4'de görülmektedir.

Tablo 2.4 : 2004 ve 2009 Yılları Arasında TTAŞ Standart Hat Tarifesi.

Açıklama	Standart Hat Konuşma Paketi	
	2004	2009
Sabit Ücret	11,5	14,83
Şehiriçi	0,072	0,08
Şehirlerarası	0,197	0,095
Sabitten Mobile	0,608	0,399
Milletlerarası 1. Kademe PSTN	0,275	0,125
Milletlerarası 1. Kademe GSM	1,029	0,634
Milletlerarası 2. Kademe PSTN	0,576	0,351
Milletlerarası 2. Kademe GSM	1,029	0,634
Milletlerarası 3. Kademe PSTN	1,029	1,079
Milletlerarası 3. Kademe GSM	1,029	1,079
Milletlerarası 4. Kademe PSTN	1,878	1,972
Milletlerarası 4. Kademe GSM	1,878	1,972

*Verilen rakamlar tüm vergiler dahil TL bazında dakika ücretleridir.

Tablo 2.4’de görülebildiği gibi TTAŞ fiyat rekabetinde olduğu şehirlerarası, mobil ve milletlerarası aramalarda genel olarak indirim yapmak zorunda kalmıştır. Ancak rekabete açılması geciken şehiriçi görüşmelerde fiyatlarını yükseltmiştir.

Alternatif telefon operatörleri çeşitli yollarla sağladıkları geniş bant erişim hizmetleri üzerinde telefon hizmetlerini de sunmak için bazı kampanyalar gerçekleştirmektedir. Bunlara örnek olarak, Koç Telekom tarafından oluşturulan Biri, Superonline tarafından sunulmuş olan SuperTalk ve Borusan tarafından sunulmuş olan AloDSL paketleri bulunmaktadır. Alternatif operatörler telefon alanında sundukları rekabetçi fiyatlar ile VoIP hizmetleri sunmaktadırlar. Tablo 2.5 içerisinde Koç Telekom tarafından sunulan Onnet ve Offnet telefon hizmetlerinin TTAŞ Standart Hat konuşma paketi ile karşılaştırması görülebilmektedir. Onnet kavramı IP üzerinden gerçekleştirilen telefon hizmetlerini, Offnet kavramı ise PSTN hatları üzerinden gerçekleştirilen telefon hizmetlerini ifade etmektedir.

Tablo 2.5 : 2009 yılı veriyile Koç Telekom ve TTAŞ Fiyat Karşılaştırması.

Açıklama	Koç Telekom Onnet Tarifesi	Koç Telekom Offnet Tarifesi	TTAŞ Standart Hat
Şehir içi	0,0692	0,0732	0,08
Şehirlerarası	0,0785	0,0825	0,095
Sabitten Mobile	0,2660	0,3418	0,399
Milletlerarası 1. Kademe PSTN	0,0825	0,1077	0,125
Milletlerarası 1. Kademe GSM	0,4336	0,5732	0,634
Milletlerarası 2. Kademe PSTN	0,2394	0,3019	0,351
Milletlerarası 2. Kademe GSM	0,4336	0,5732	0,634
Milletlerarası 3. Kademe PSTN	0,6637	0,7302	1,079
Milletlerarası 3. Kademe GSM	0,6637	0,7302	1,079
Milletlerarası 4. Kademe PSTN	1,1957	1,3287	1,972
Milletlerarası 4. Kademe GSM	1,1957	1,3287	1,972

*Verilen rakamlar tüm vergiler dahil TL bazında dakika ücretleridir.

Tablo 2.5’de görülebileceği gibi alternatif operatörler üzerinden alınan hizmetlerde yeni nesil ağ servislerinden biri olan VoIP kullanımı kullanıcı için fiyat avantajı sağlamaktadır.

2009 Mayıs ayı itibarıyla, IPTV alanında son kullanıcıların ulaşabileceği bir hizmet bulunmamakla birlikte Türk Telekom tarafından tamamlanan IPTV ihalesi sonrasında, entegrasyon çalışmalarının başladığı ve test yayınları için izinlerin alındığı bilinmektedir. TTNET’in 2008 planları içerisinde bulunan IPTV servisleri için BTK tarafından açıklanmış, 2009 Mart ayından başlayıp bir sene boyunca sürecek IPTV Platform Hizmeti için deneme ve test izni bulunmaktadır.

3. SONUÇ

Bu bölümde çalışma sırasında elde edilmiş, anahtar bulgular özetlenecek ve özetlenen bu bilgilerden yola çıkılarak ulaşılan sonuçlar değerlendirilecektir. Son olarak, ilerideki çalışmalar için üzerinde durulması gereken konular hakkında öneriler sunulacaktır.

3.1. TEKNİK BULGULAR

- i. Geniş bant erişim, yüksek miktarda verinin sürekli iletimini sağlayan ve eş zamanlı olarak farklı servislerin verilebilmesine imkan tanıyan teknolojilerdir. Çoklu servis sunumlarında geniş bant erişimin kullanımı kaçınılmazdır.
- ii. Geniş bant erişimin gelişimi süresince, bir çok farklı teknoloji ortaya çıkmıştır. Bu teknolojiler farklı ihtiyaçları karşılamak amacıyla, geniş bir spektruma sahiptir. Bu noktada hız, kapsama alanı ve mobilite gibi özellikler belirleyici unsurları oluşturmaktadır (Bkz. Tablo 1.3).
- iii. Çoklu servis sunumlarının taşınacağı geniş bant erişim teknolojisinin seçiminde, uygulamanın gerektirdiği şartlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Veri, ses ve görüntü servislerinin birbirinden farklı gereklilikleri vardır. Bu gereklilikler hız, gecikme, gecikme varyasyonu ve veri kaybı konularındaki duyarlılıklardan yola çıkılarak belirlenebilir (Bkz. Tablo 1.5).
- iv. Dünya’da en çok kullanılan geniş bant erişim tipi DSL’dir (Bkz. Şekil 2.6). DSL’in yaygınlaşmasını sağlayan en önemli nedenlerden biri de mevcut bakır telefon hatlarının kullanılmasıdır. DSL tiplerinden ADSL2+ ve VDSL2 sağladıkları veri hızı ve erişim mesafesi gibi avantajlar ile çoklu servislerin sunulmasında ön plana çıkmaktadır (Bkz. Şekil 2.10).

- v. Bakır kablo mesafesi uzadıkça yüksek frekanslı iletişim düşük frekans aralıklarından daha fazla etkilenmektedir. Bu durum daha fazla bant genişliği için yüksek frekans spektrumunu kullanılan DSL yöntemlerini etkilemektedir.
- vi. Çoklu servis sunumlarındaki yüksek bant genişliği ihtiyacı ve mesafe nedeniyle bant genişliği üzerinde oluşan etkiler kullanıcı ile erişim çoklayıcılar arasındaki mesafenin kısa tutulmasını gerektirmektedir. Bundan dolayı DSL çözümlerinde, binaya veya semte kadar fiber optik kabloyla ulaşılan kurulumlar sayesinde DSLAM ünitelerinin kullanıcılara yakınlaştırılması sağlanmalıdır..
- vii. Türkiye’de çoklu hizmetlerin sunulmasında en doğru çözüm yaygınlık, uygun maliyet ve gereklilikleri karşılaması gibi avantajlarından dolayı ADSL2+ ve VDSL2 teknolojileri olacaktır (Bkz. Şekil 1.5).
- viii. Yeni nesil ağların en önemli özelliklerinden biri olan paket anahtarlama teknolojileri, eş zamanlı olarak farklı servislerin verilebilmesini mümkün kılmakta ve verimlilik sağlamaktadır.
- ix. Çoklu servis sunumlarında, paket anahtarlama şebekeler üzerindeki yönetim ve yönlendirme konularında, geleneksel IP ağlarının zaafiyetlerini kapatacak MPLS çözümleri kullanılmalıdır. Bu sayede, servis önceliklendirmesi yapılabilecek ve eş zamanlı olarak farklı hizmetlerin bir arada çalışabilmesi sağlanabilecektir.
- x. Ses servislerinin paket anahtarlama yeni nesil ağlar üzerinden sağlanması sırasında yeni bileşenler kullanılmakta ve telefon operatörlerinin altyapıları değişime uğramaktadır (Bkz. Şekil 1.7).
- xi. VoIP teknolojisi ile verilen telefon hizmetlerinin başarılı olabilmesi için kullanıcıların PSTN’de alıştığı kalite, devamlılık ve güvenlik yeni nesil ağlar üzerinde de sağlanmalıdır.
- xii. Görüntü servislerinden IPTV ile gerçekleştirilecek televizyon yayınlarında ana şebekelerde kullanılan transmisyon teknolojileri geliştirilmediği sürece, multicast iletim metodlarının kullanılması gerekmektedir. Ancak ileride yaşanabilecek

gelişmelerle ana şebeke üzerinde yeterli bant genişliği sağlanabilirse, kullanıcılara verilecek hizmette tam kontrol sağlayacak unicast iletim yöntemine geçilebilir.

- xiii. Görüntü hizmetlerinin sunulmasında en önemli konulardan biri, medya varlıklarının güvenliğinin sağlanması ve izinsiz kullanımlarına engel olunmasıdır. Yayınların, dijital sertifika teknolojileri kullanılarak şifreli dağıtımı ve set-top box ürünlerinin tercih edilmesi çözümler arasındadır (Bkz. Şekil 1.15).

3.2. İDARİ ve TİCARİ BULGULAR

- i. Geniş bant erişim teknolojilerinde farklı alternatifler rekabeti getirmekte ve verimlilik sağlamaktadır. Bu alanda altyapı işletmeciliği desteklenmeli ve alternatif operatörlerin yerleşik operatörlere bağımlılığı azaltılmalıdır.
- ii. Geniş bant erişiminin penetrasyonu VoIP gibi yeni nesil ağ servislerinin kullanımını arttıran bir unsurdur.
- iii. PSTN alanında hizmet veren yerleşik operatörler ile rekabet edebilmek için alternatif operatörlerin fiyat farklılıklarına ek olarak katma değerli hizmetler sunması gerekmektedir.
- iv. Mevcut kullanıcıların rakiplere geçişini engellemek için zengin servis paketleri önem arz etmektedir. Sadece operatörün kendi ağı üzerinden ulaşılabilen bilgi, oyun ve medya içeriği sunan “Walled-Garden” hizmetleri bu amaçla sunulmaktadır.
- v. Yeni nesil ağ servislerinin gelişimi için ilgili regülasyonların düzenlenmesi ve piyasa koşullarının rekabete izin verecek şekilde yapılandırılması gerekir.
- vi. Avrupa Birliğinde yeni nesil ağ servisleri ile ilgili düzenleyici hususlarda ortak bir uygulamaya gidilmeye çalışılmaktadır. Bu sayede servislerin tüm üye ülkelere yayılabilmesi ve verimliliğinin artırılabilmesi amaçlanmaktadır.

- vii. Ses hizmetlerindeki regülasyonların acil durum numaralarına erişim, yasal dinleme ve numara taşınabilirliği gibi evrensel servis şartlarını tanımlaması gerekmektedir.
- viii. VoIP üzerinden sağlanan hizmetlerin etkinliğinin sağlanabilmesi için bu hizmetlerin ulusal numara planlarından faydalanabilmesi ve bu sırada göçebe kullanıma izin verilmesi önem arz etmektedir.
- ix. Avrupa’da telefon hizmetleri alanında VoIP teknolojisinin kullanımı 2004 yılından beri düzenli olarak artış göstermektedir (Bkz. Şekil 2.7).
- x. Türkiye’de, 2009 yılı Mayıs ayına kadar rekabete açılmayan şehirçi telefon görüşmeleri bu alandaki tarifelerin de kullanıcılar lehinde gelişmelerini engellemiştir (Bkz. Tablo 2.4). TTAŞ telefon trafiğinin yüzde 80’inden fazlasını oluşturan şehirçi ve şehirlerarası görüşmeler için hizmet veremeyen alternatif operatörlerin pazar payları istenen seviyelere ulaşamamıştır (Bkz Şekil 2.13 ve Şekil 2.14).
- xi. VoIP gibi yakınsama servisleri, kullanıcılar için maliyet avantajı oluşturmaktadır (Bkz. Tablo 2.5).
- xii. Avrupa’da IPTV alanında 2007 ve 2008 yılları arasında yüzde 45 gibi büyük bir artış olmuştur.
- xiii. IPTV çözümleri ile geleneksel televizyon yayınlarında mümkün olmayan interaktif hizmetler sunulabilmektedir. Bu sayede hem kullanıcılar için yeni servis seçenekleri oluşturularak kullanıcı deneyimi zenginleştirilmekte hem de servis sağlayıcılar için yeni gelir kaynakları oluşmaktadır.
- xiv. Sayısal sistemlerle sağlanacak yeni nesil ağ servisleri sayesinde toplanacak kullanım verileri diğer sektörler üzerinde de önemli bir etki sağlayacaktır.
- xv. Üçlü oyun gibi çoklu servis sunumları, servisleri birleştirerek, bir müşteriye üç ayrı servisin aynı servis sağlayıcı tarafından aynı anda sunulmasını mümkün kılar. Bu sayede servis sağlayıcılar, kullanıcı başına ortalama gelirlerini arttırabilirler. Bu strateji, gelir artışı ile birlikte müşteri sadakatini de yanında getirmektedir.

IP teknolojilerine dayalı altyapıların gelişmesi ve ulaştığı kullanıcı sayısının artmasıyla birlikte, bu teknoloji üzerinde çalışan yeni nesil ağlar, geleneksel telekomünikasyon sistemleri ile sunulması mümkün olmayan bazı servisleri de sağlar duruma gelmiştir. Bu gelişme, telekomünikasyon sektörüne hizmet çeşitliliği getirirken, aynı zamanda hizmetlerin verimliliği ve katma değerini arttırmıştır.

Ülkemizde de şu anda yoğun olarak ikili oyun (dual-play) olarak tanımlayabileceğimiz veri ve ses iletişiminin birlikte sunulduğu örnekler görülebilmektedir. Regülasyonlardaki gecikmeler ve eksiklikler nedeniyle teknolojik olarak olmasa da sunulan servisler açısından gelişmiş ülkelerden geri kaldığı görülmektedir. Alternatif telekom operatörleri kendi numaralandırma planlarına sahip olmadıkları için ürün farklılaştırması sağlayarak rekabet edebilecekleri katma değerli telefon servislerini de sunamamaktadırlar.

Avrupa telekomünikasyon sektöründeki örnekler incelendiğinde, servis sağlayıcıların kullanıcı başına düşen gelirlerini arttırmak için yüksek hızlı İnternet erişiminde fiyat rekabeti yapmak yerine ses ve görüntü servisleri gibi ek gelir kaynaklarını da sunabilecekleri Üçlü Oyun stratejisine yatırım yapmalarının gerekliliği görülmektedir.

Üçlü oyun kavramı sayesinde, İnternet'i diğer bilgi araçlarından ayıran etkileşimli ortam avantajı ses ve görüntü hizmetlerinde de kullanılabilir hale gelecek ve katma değerli servisler sunulabilecektir. Kullanıcıların televizyonlarından oy kullanması, görüntülü telefon, e-öğretim ve istenen bir yayının ağ tarafından kullanıcı adına kayıt edilmesi gibi daha önceden gerçekleştirilemeyecek bir çok servis son kullanıcıya sunulabilecektir.. Artık tamamen sayısal ortamda olan bu verinin işlenmesi sayesinde oluşacak bilgi veri madenciliğine dayalı stratejik kararlar alan firmaların rekabet gücünü arttıracaktır.

3.3. GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Bu çalışma sırasında yeni nesil ağ servisleri ile ilgili aşağıdaki alanların telekomünikasyon sektörü üzerindeki etkilerinin gelecek çalışmalarda araştırılması gerektiği belirlenmiştir.

- i. Yeni nesil ağ servislerinin kullanıcılara ulaştırılmasında kullanılacak kablosuz ve optik geniş bant erişim teknolojilerindeki gelişmeler
- ii. Mayıs 2009 tarihinde rekabete açılan şehir içi görüşme trafiğinin Türkiye'deki telekomünikasyon sektörüne etkileri
- iii. Alternatif operatörlerin ulusal numara planından faydalanabilmesi için gerekli teknolojik altyapı ve yasal düzenlemelerin kapsamı
- iv. VoIP teknolojileri ile sunulan servislerde yasal dinleme taleplerinin teknolojik ve yasal altyapısının standartlaştırılması
- v. IPTV servislerinin Türkiye'deki uygulamalarının televizyon yayıncılığı üzerindeki etkileri
- vi. Üçlü oyunun geliştirilmiş türevi olan dörtlü oyun ve mobil uygulamaları da kapsayan yeni nesil oluşumların incelenmesi

KAYNAKÇA

Kitaplar

Crandall, R. W., 2005. *Competition and chaos*. Washington, D.C. :Brookings Institution Press.

Goleniewski, L., & Jarrett, K. W., 2006. *Telecommunications essentials, second edition: The complete global source*. Boston: Addison Wesley Professional.

Hellberg, C., Greene, D., & Boyes, T., 2007. *Broadband network architectures designing and deploying triple-play services*. Boston: Prentice Hall

Minoli, D., 2008. *IP multicast with applications to IPTV and mobile DVB-H*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Thermos, P., & Takanen, A., 2007. *Securing VoIP networks*. Boston: Adisson-Wesley.

Wood R., 2005. *Next-generation network services*. Indianapolis: Cisco Press.

Sürekli Yayınlar

- Aguirre-Torres, L., & Rosenfeld, G. 2006. High-availability in multipoint to multipoint ethernet for the delivery of triple play services, *National Fiber Optic Engineers Conference (NFOEC)*
- Broß, J.F., & Meinel C., 2005. Can VoIP live up to the QoS standards of traditional wireline telephony?, *The Fourth Advanced International Conference on Telecommunications.*
- Chen, X., Wang, C., Xuan, L., Min, Y., & Zhao, W. ,2003. Survey on QoS management of VoIP, *International Conference on Computer Networks and Mobile Computing.*
- Çöl, M. ve Ünver, M., 2005. Genişbant erişimi ve pazarı, *Telekomünikasyon ve Regülasyon Dergisi*, **1** (2).

Diğer Yayınlar

- Austrian Regulatory Authority for Broadcasting and Telecommunications, 2005.
Guidelines for VoIP Service Providers. *RTR Consultation Document*. Vienna,
Austria: Rundfunk & Telekom Regulierungs - GmbH
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2008. Telekomünikasyon Hizmet ve
Altyapılarına İlişkin Yetkilendirme Yönetmeliği.
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Sabit Telefon Hizmeti İşletmecileri (1), 2009a.,
<http://www.tk.gov.tr/doc/lisans/sabit-telefon-hizmeti-kullanım.htm> [erişim tarihi 07
Mayıs 2009]
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Sabit Telefon Hizmeti İşletmecileri (2), 2009b.,
<http://www.tk.gov.tr/doc/lisans/sabit-telefon-hizmeti-bildirim.htm> [erişim tarihi 07
Mayıs 2009]
- Broadband Forum, 2008. IPTV Deployments Double for the Second Year Running as
Broadband Continues to Achieve Strong Growth. Broadband Forum.
- Broadband Forum, 2009a. DSL Technology Evolution. Broadband Forum.
- Broadband Forum, 2009b. Western Europe IPTV Subscribers Top Ten Million.
Broadband Forum.
- Cantekinler, M. K., Bolat, A., Çetin, T., Güçlü, T., Çaycı, A. D. ve Yılmaz, R., 2008b.
IP Tabanlı Hizmetler: VoIP ve IPTV, Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi
Başkanlığı, Ankara.
- Cantekinler, M. K., Çaycı, A. D., Taşdemir, Ö., Yayla, F. ve Yılmaz, R., 2008a.
Teknoloji, Hizmetler, Düzenleme ve Dünyadaki Gelişmelerle Genişbant, Sektörel
Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Cantekinler, M. K., Çaycı, A. D., Taşdemir, Ö., Yayla, F. ve Yılmaz, R., 2008c. Türk
Telekom'un Özelleştirme Süreci ve Sonrasındaki Gelişmeler ve Sektöre Etkileri,
Sektörel Araştırma ve Stratejiler Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Cisco Systems Inc., Building the Carrier-Class IP Next-Generation Network, 2006a,
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5763/prod_white_paper0900aecd802e2a52_ns573_Networking_Solutions_White_Paper.html [cited 10 April 2009]

Cisco Systems Inc., Layer 3 MPLS VPN Enterprise Consumer Guide, 2006b,
http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/WAN_and_MAN/L3VPNC_on.html [cited 22 April 2009].

Cisco Systems Inc., IP NGN Requirements for Scalable and Reliable Broadcast IPTV Services, 2006c,
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5763/prod_white_paper0900aecd8051a9a7_ns577_Networking_Solutions_White_Paper.html [cited 22 April 2009].

Cisco Systems Inc., IP Multicast Technical Overview, 2007a,
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/iosswrel/ps6537/ps6552/prod_white_paper0900aecd804d5fe6_ns610_Networking_Solutions_White_Paper.html [cited 22 April 2009].

Cisco Systems Inc., Cisco IPTV Video Headend, 2007b,
http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns524/ns610/net_brochure0900aecd80613e44.pdf [cited 11 April 2009].

Cisco Systems Inc., Configuring MPLS VPN Mapping, 2009,
http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps298/products_configuration_guide_chapter09186a008009b052.html [cited 22 April 2009].

Corning Inc., 2005. Broadband Technology Overview, *White Paper*, **WP6321**.

Devlet İstihbarat Hizmetleri ve Milli İstihbarat Teşkilatı Kanunu. **Resmi Gazete**, 2937; 01 Kasım 1983.

Drew, P., & Gallon, C., 2003. Next-Generation VoIP Network, *MSF Technical Report*, **MSF-TR-ARCH-001-FINAL**, Fremont, CA, U.S.A: Multi Service Switching Forum.

Elektronik Haberleşme Kanunu, Telekomünikasyon Hizmet ve Altyapılarına İlişkin Yetkilendirme Yönetmeliği. **Resmi Gazete**, 5809; 18 Temmuz 2007

Elixmann, D., Marcus, J. S., & Wernick, C., 2008. *The regulation of voice over IP (VoIP) in Europe*. Bad Honnef: Cullen International

Eriksson, P.-E., & Odenhammar, B., 2006. VDSL2: Next important broadband technology. Ericsson.

European Telecommunications Standards Institute, 2009. *Handover interface for the lawful interception of telecommunications traffic*.

International Telecommunication Union, ITU 2000 Internet and Broadband, 2000a, <http://www.itu.int/ITU-D/ICTEYE/Indicators/Indicators.aspx#> [cited 12 April 2009].

International Telecommunication Union, ITU 2000 Telephone Lines, 2000b, <http://www.itu.int/ITU-D/ICTEYE/Indicators/Indicators.aspx#> [cited 11 April 2009].

International Telecommunication Union, 2001. End-user multimedia QoS categories ITU-T Recommendation G.1010, Geneva, Switzerland.

International Telecommunication Union, ITU 2007 Internet and Broadband, 2007a, <http://www.itu.int/ITU-D/ICTEYE/Indicators/Indicators.aspx#> [cited 11 April 2009]

International Telecommunication Union, 2007b. Trends in Telecommunication Reform, The Road to Next-Generation-Networks (NGN) Summary, *ITU Reports 2007*.

Montgomery, P. W., 2005. A Study into Next Generation Networks for Voice Services: History, Design and Policy Implications. *PhD Thesis*. Cranfield University, School of Management.

PriMetrica Inc., 2008. European VOIP Research Service. *TeleGeography Research, Summary Report*, Washington, D.C.: PriMetrica Inc.

- PriMetrica Inc., 2008. European VOIP Research Service for France Telecom.
TeleGeography Research, Summary Report, Washington, D.C.: PriMetrica Inc.
- Radyo ve Televizyon Üst Kurulu, 2009. Yeni Yayın Teknolojileri Transferine İlişkin Test ve Deneme Yayınları Tebliği, **Resmi Gazete**, 3984; 15 Ocak 2009
- TURKSAT, Uydunet Hizmet Alanları, 2009, <http://www.turksat.com.tr> [erişim tarihi 02 Mart 2009].
- Vanier, F., 2009. World broadband statistics: Q4 2008. London: Point Topic Ltd.
- Wright, S., Rahrer, T., & Fiandra, R., 2006. *Triple-play services quality of experience (QoE) requirements. Architecture & Transport Working Group.*

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Can İlkhan

Sürekli Adresi : Fahrettin Kerim Gökay Cad. No:120/20 Kadıköy İstanbul Türkiye

Doğum Yeri ve Yılı : İstanbul 1980

Yabancı Dili : Fransızca ve İngilizce

İlk Öğretim : Fevziye Mektepleri Vakfı Ayazağa Işık İlkokulu 1990

Orta Öğretim : Galatasaray Lisesi 1998

Lisans : Marmara Üniversitesi 2005

Yüksek Lisans : Bahçeşehir Üniversitesi 2009

Enstitü Adı : Fen Bilimleri Enstitüsü

Program Adı : Bilgi Teknolojileri

Çalışma Hayatı : Corelink Teknoloji Ürünleri 2005 - ... , Takım Bilgi İletişim 2002 - 2005, Bilgeadam Bilgi Teknolojileri Akademisi 2001 - 2002