

**T.C.
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI




**GENİŞBANT BİLGİSAYAR AĞLARI ÜZERİNDEN
SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat ERASLAN

MUĞLA 2006

Yrd.Doç.Dr. Taner DİNÇER danışmanlığında Murat Eraslan tarafından hazırlanan bu çalışma, 22/05/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Mubarek EMİNOV İmza : 
Üye : Yrd. Doç. Dr. B. Taner DİNÇER İmza : 
Üye : Yrd. Doç. Dr. İlhan Tarımer İmza : 

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında ve düzenlenmesinde bana yol gösteren ve yoğunluğuna rağmen yardımlarını esirgemeyen Tez Danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Taner DİNÇER'e;

Tez çalışmam boyunca bana büyük destek vererek motivasyon sağlayan değerli eşim Neriman ERASLAN'a ve işyerimde tezin hazırlanmasında yardımcı geçen tüm iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun güncel bir konu olması ve bu konuda ülkemizde belirli bir yayın olmaması nedeniyle tez içinde geçen çalışmalarımın Ülkemize yararlı olmasını diliyorum. IPTV konusunda Ülkemizde yakın bir gelecekte başlayacak olan çalışmaların sonucunda IPTV'nin hizmete alınmasıyla televizyonculukta yeni bir dönemin başlamasını ve televizyonun sadece vakit geçirilen bir eğlence aracı değil, aynı zamanda insanlarımızın eğitimine katkıda bulunacak bir araca dönüşmesini temenni ediyorum.

Murat ERASLAN

Muğla/ 2006

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLOLAR/ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 GENİŞBANT BİLGİSAYAR AĞLARI.....	4
2.1.1 GENİŞBANT BİLGİSAYAR AĞLARININ . SINIFLANDIRILMASI.....	5
2.1.1.1 DEVRE ANAHTARLAMA	5
2.1.1.2 PAKET ANAHTARLAMA	6
2.1.1.3 HÜCRE ANAHTARLAMA	8
2.1.2 OMURGA TEKNOLOJİLERİ	9
2.1.2.1 İNTERNET PROTOKOLU	10
2.1.2.1.1 YÖNLENDİRME TEKNİKLERİ.....	11
2.1.2.1.2 IP ADRESLERİ.....	13
2.1.2.2 ASENKRON İLETİM MODU	15
2.1.2.2.1 ATM HÜCRE YAPISI.....	16
2.1.2.2.2 ATM BAĞLANTI ARAYÜZLERİ.....	16
2.1.2.2.3 ATM'DE SANAL DEVRELER	17
2.1.2.2.4 ATM'DE SANAL YOL/SANAL KANAL	17
2.1.2.2.5 ATM MİMARİSİ.....	18
2.1.2.2.6 ATM HİZMET SINIFLARI.....	20
2.1.3 ERİŞİM TEKNOLOJİLERİ.....	21
2.1.3.1 SAYISAL ABONE HATLARI	22
2.1.3.2 METRO ETHERNET.....	24
2.1.3.3 KABLOSUZ ERİŞİM TEKNOLOJİLERİ	26
2.1.3.3.1 KABLOSUZ LAN	26
2.1.3.3.2 WIMAX.....	28
2.1.3.3.3 KABLOSUZ OPTİK LASER.....	28
2.2 SAYISAL TELEVİZYON VE SIKIŞTIRMA TEKNİKLERİ.....	31
2.2.1 SAYISAL TELEVİZYON.....	31
2.2.1.1 VERİ HIZININ AZALTIKMASI.....	33
2.2.1.2 KULLANILAN İLETİM ORTAMLARI.....	34
2.2.1.3 DÜNYADAKİ STANDART VE NÖRMLAR	36
2.2.2 GÖRÜNTÜ VE SES SİNYALLERİNİN SAYISALA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ.....	37
2.2.1.1 ÖRNEKLEME VE BASAMAKLAMA	37
2.2.1.2 GÖRÜNTÜNÜN SAYISALA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ.....	37
2.2.1.3 SESİN SAYISALA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ.....	40
2.2.3 MPEG KODLAMA TEKNİKLERİ.....	40
2.2.3.1 SES SİNYALLERİ İÇİN MPEG KODLAMA.....	40
2.2.3.2 GÖRÜNTÜ SİNYALLERİ İÇİN MPEG KODLAMA.....	42

2.2.4	SAYISAL TELEVİZYON YAYIN TEKNİKLERİ.....	47
2.2.4.1	UYDU ÜZERİNDEN SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI....	47
2.2.4.2	KABLO ÜZERİNDEN SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI...	49
2.2.4.3	KARASAL SİSTEMLER ÜZERİNDEN SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI.....	52
3.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	53
3.1	IPTV KAVRAMININ TEMELLERİ.....	53
3.2	IPTV MİMARİ YAPISI	54
3.2.1	YAYIN MERKEZİ	56
3.2.2	GENİŞBANT AĞLAR.....	59
3.2.2.1	OMURGA AĞLARI.....	59
3.2.2.1.1	IP TEMELLİ OMURGA.....	59
3.2.2.1.2	ATM TEMELLİ OMURGA.....	62
3.2.2.2	ERİŞİM AĞLARI.....	64
3.2.2.2.1	XDSL ERİŞİM AĞLARI	64
3.2.2.2.2	FİBER OPTİK ERİŞİM AĞLARI	66
3.2.3	EV İÇİ AĞLAR.....	68
3.2.4	IPTV MİMARİSİNDE KANAL GEÇİŞ SÜRESİ.....	70
3.2.5	IPTV MİMARİSİNDE İÇERİĞİN KORUNMASI.....	73
3.3	ÜLKEMİZDEKİ MEVCUT TELEKOM ALTYAPILARI VE IPTV MİMARİSİ İLE UYUMU.....	75
3.4	DÜNYA ÜZERİNDE MEVCUT ÇALIŞMA ŞEKİLLERİ.....	78
3.4.1	AVRUPA ÖRNEKLERİ.....	78
3.4.2	UZAKDOĞU ÖRNEKLERİ.....	79
3.4.3	AMERİKA, AVUSTRALYA ÖRNEKLERİ.....	79
3.5	IPTV ÜZERİNDEN VERİLEBİLECEK SERVİSLER.....	80
3.5.1	TELEVİZYON YAYINCILIĞI.....	81
3.5.2	İSTEĞE BAĞLI GÖRÜNTÜ	82
3.5.3	İÇERİK KAYDETME.....	84
3.5.4	ETKİLEŞİMLİ TELEVİZYON.....	87
3.5.4.1	ETKİLEŞİMLİ REKLAM.....	88
3.5.4.2	ELEKTRONİK PROGRAM REHBERİ.....	91
3.5.4.3	ETKİLEŞİMLİ OYUN.....	92
3.5.4.4	ETKİLEŞİMLİ MÜZİK PROGRAMLARI.....	93
3.5.4.5	ETKİLEŞİMLİ EĞİTİM.....	93
3.5.4.6	ETKİLEŞİMLİ YARIŞMA PROGRAMLARI.....	94
3.5.4.7	ETKİLEŞİMLİ HABERLER.....	95
3.5.4.8	ETKİLEŞİMLİ SPOR YAYINLARI.....	95
3.5.4.9	ETKİLEŞİMLİ ALIŞVERİŞ.....	96
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI.....	97
4.1	IPTV TEST YAYINI.....	97
4.2	SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ.....	101
4.2.1	KANAL GEÇİŞ SÜRESİ.....	102
4.2.2	ERİŞİM TARAFINDA BANTGENİŞLİĞİ.....	104
4.2.3	OMURGA BANTGENİŞLİĞİ.....	108
4.2.4	HİZMET KALİTESİ (QOS) PROBLEMİ	110
4.3	DİĞER YAYIN TEKNOLOJİLERİ İLE KARŞILAŞTIRMA.....	113
5.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	118

KAYNAKLAR.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	123

GENİŞBANT BİLGİSAYAR AĞLARI ÜZERİNDEN**SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI****(Yüksek Lisans Tezi)****Murat ERASLAN****MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ****2006****ÖZET**

Günümüzde bilgisayar ağları üzerinden her türlü veri trafiği ve uygulaması taşınacak şekilde gelişmiştir. Özellikle IP ağları üzerinde gelişen teknolojilerle kaliteli bir servisin sağlanabilmesi, IPv6 ile yetersiz olan IP numaralamasının artması, çoklu gönderim tekniklerinin gelişmesi, ayrıca ethernet maliyetlerinin devamlı olarak azalması bilgisayar ağlarının kullanımını arttırmaktadır.

Sayısal televizyon yayıncılığında yeni bir teknoloji olan MPEG teknolojisi ile kanal başına düşen bant genişlikleri azalmakta ve televizyonda etkileşimin kullanılması yeni servislerin doğmasına sebep olmaktadır. Bilgisayar ağlarındaki ve sayısal televizyon yayıncılığındaki bu gelişmeler iki teknolojinin birleşerek yeni bir servis çeşidinin doğmasına yol açmıştır. Buna dünyadaki genel kullanım şekliyle IPTV adı verilmektedir.

Bu tezde IPTV'nin tanımı, özellikleri, bilgisayar ağları üzerinden nasıl verilebileceği, diğer yayın teknolojilerine göre üstün yanları tartışılmış ve IPTV servisinin neden verilmesi gerektiğinin anlaşılması amaçlanmıştır. Dünyada IPTV servisleri gelişme aşamasında olup çoğu ülkelerde bu yayına geçilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde de IPTV servisinin verilebilmesi için gerekli olan altyapı çalışmalarına katkı bağlamında mevcut bilgisayar ağlarının gelişiminin IP omurga ve IP temelli DSLAM'lar sayesinde IPTV verilmesine uygun hale gelebileceği belirlenmiştir.

IP üzerinden IPTV servisinin verilmesi, televizyon yayıncılığında yeni bir çağa girmeye sebep olacaktır. Ayrıca dünya üzerinde yüksek oranda bakır kablo

altyapısının olması ve DSL kurulumunun gün geçtikçe artması bu gelişime destek olmaktadır.

Bu tezin sonucunda IPTV yayıncılığının gelecekte televizyon yayıncılığında önemli bir rolü olacağı ve geleneksel yayın yöntemlerinin yerini alabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: IPTV, Video over IP (VoIP), TVoIP,

Video on Demand (VoD)

Sayfa adedi : 123

Tez yöneticisi : Yrd. Doç Dr. Taner DİNÇER

DIGITAL TELEVISION BROADCAST OVER BROADBAND COMPUTER NETWORKS**(Master Thesis)****Murat ERASLAN****MUGLA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF APPLIED SCIENCES****2006****ABSTRACT**

Computer networks today are designed to carry all kinds of data and application traffic. Especially ensuring the quality of improving services, extending the narrow IP address space with the introduction of IPv6, introducing multicast techniques and the decreasing costs of the Ethernet brought the increase in the use of computer networks.

New technologies in the field of digital television broadcast are being developed and especially the decrease in the demand for bandwidth for each TV channel as a result of the developments in the MPEG technologies and usage of interactivity in the TV brought new services. The improvements in the computer networks and the digital television brought the rise of a new service with the combination of these technologies. This is generally named IPTV all over the world.

In this thesis, IPTV is defined and it is intended to understand the necessity to offer IPTV discussing the features, the plans to offer the service over the computer networks and the advantages of IPTV over the other broadcast techniques. IPTV services all over the world are in the development stage and many countries work on migrating to these services. In order to have a contribution in offering IPTV services in our country, it is determined that the progress in the current computer networks will be suitable for the IPTV service by the introduction of the IP backbone and the IP based DSLAM's.

Offering the IPTV service over IP will open a new era in the television broadcasting. Besides, the highly rate of copper cable infrastructures and the increase in the number of DSL installations support this progress.

In the conclusion of this thesis, it can be said that the IPTV broadcast will play an important role in the television broadcast and it will replace the existing broadcast methods.

Keywords: IPTV, Video over IP (VoIP), TVoIP,

Video on Demand (VoD)

Pages : 123

Advisor :Assistant Professor Dr. Taner DİNÇER

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Devre anahtarlama ağı	5
Şekil 2.2 Paket anahtarlama ağı	7
Şekil 2.3 Hücre anahtarlama ağı	8
Şekil 2.4 IP paket formatı	11
Şekil 2.5 ATM hücre yapısı	16
Şekil 2.6 ATM hücre başlık yapısı.....	16
Şekil 2.6 a) UNI başlık bilgisi	16
Şekil 2.6 b) NNI başlık bilgisi	16
Şekil 2.7 Sanal yollar ve sanal kanallar	17
Şekil 2.8 ATM mimarisi	18
Şekil 2.9 ADSL Frekans Aralıkları	23
Şekil 2.10 Örnek FSO çalışması.....	30
Şekil 2.11 Sayısal televizyon ekipman ve yayın teknolojileri	32
Şekil 2.12 Görüntü sıkıştırma teknikleri için örnek sıkıştırma oranları ...	34
Şekil 2.13 DVB'nin uydu üzerinden dağıtımındaki muhtemel senaryolar	35
Şekil 2.14 Görüntünün Örneklenme Biçimleri.....	38
Şekil 2.15 MPEG ses kodlayıcısının temel yapısı	41
Şekil 2.16 MPEG ses kod çözümü temel yapısı	42
Şekil 2.17 MPEG-1 ve MPEG-2 standartlarının genel bir görünüşü	44
Şekil 2.18 MPEG Kodlayıcı Blok Diyagramı	45
Şekil 2.19 MPEG görüntü kod çözümü blok diyagramı	46
Şekil 2.20 Örnek uydu iletişim sistemi	48
Şekil 2.21 Kablo televizyon sistemi yapısı	50
Şekil 3.1 IPTV temel mimari yapı	55
Şekil 3.2 IPTV çalışmasında protokol dağılımı	55
Şekil 3.3 IPTV yayın merkezinin temel yapısı	57
Şekil 3.4 IPTV'de IP omurga üzerinde çoklu gönderim tekniği	61
Şekil 3.5 IPTV'de ATM omurga üzerinde çoklu gönderim tekniği	63
Şekil 3.6 ATM Uplinkli DSLAM üzerinden IPTV yayını	65
Şekil 3.7 Fiber erişim üzerinden IPTV yayını	67
Şekil 3.8 Ev içi ağların genel bir görünümü	68
Şekil 3.9 IPTV kanal değişimi protokol yığını	71
Şekil 3.10 IPTV kanal değiştirme senaryoları	72
Şekil 3.11 IPTV mimarisinde Pay-TV yapısı	74
Şekil 3.12 IPTV mimarisinde VoD Servisi	82
Şekil 3.13 Etkileşimli reklam akış şeması	89
Şekil 3.14 Etkileşimli reklam mimarisi	90
Şekil 4.1 IPTV Deneme Platformu	98
Şekil 4.2 DSL modem üzerindeki yönetim tabloları	103
Şekil 4.3 DSL sistemlerinde hız ve mesafenin ilişkisi	104
Şekil 4.4 Yıllara göre IPTV tahmini bant genişliği	105
Şekil 4.5 GPON teknolojisi	107
Şekil 4.6 Dağıtık video sunucu yapısı	109

TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 IP Adres Sınıfları	13
Tablo 2.2 IEEE 802.11x ailesi standartları.....	27
Tablo 2.3 Sayısal Televizyon Yayıncılığı Standartları.....	36
Tablo 2.4 ITU 601'e göre Görüntü Sinyalleri için sayısala dönüşüm karakteristikleri	39
Tablo 2.5 Ses Sinyalleri için sayısala dönüştürme karakteristikleri ve veri hızları	40
Tablo 3.1 STB PVR ve NPVR'ın karşılaştırılması	87
Tablo 4.1 Kodlayıcı çıkışında alınan PVC ve IP numaraları	99
Tablo 4.2 ATM Omurga –ATM DSLAM arasındaki PVC değerleri	100
Tablo 4.3 Yıllara ve Kodlama Tekniğine Göre IPTV Servis Bantgenişlikleri.....	106

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAL	ATM Adaptation Layer	ATM Uyarlama Katmanı
ABR	Available Bit Rate	Kullanılabilir Bit Hızı
ADC	Analog to Digital Converter	Analogtan Dijitale Dönüştürücü
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Eşzamansız Aktarım Kipi
BGP	Border Gateway Protocol	Sınır Geçit Protokolü
BFWA	Broadband Fixed Wireless Access	Sabit Kablosuz Genişband Erişimi
CAP	Carrierless Amplitude Phase Modulation	Taşıyıcısız Genlik Faz Kiplenimi
CBR	Constant Bit Rate	Sabit Bit Hızı
CBT	Core Based Trees	Çekirdek Temelli Ağaçlar
CDMA	Code Division Multiple Access	Kod Bölmeli Çoklu Erişim
CoS	Class of service	Servis Sınıfı
DAC	Digital to Analog Converter	Analogdan Dijitale Dönüştürücü
DSL	Digital Subscriber Line	Sayısal Abone Hattı
DTH	Direct-to-home	Direk eve erişim
DMT	Discrete Multi-Tone Modulation	Ayrık Çok-Kodlamalı Kiplenim
DRM	Digital Right Manegement	Sayısal Yetki Yönetimi
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Sayısal Abone Hattı Erişim Çoklayıcı
DTVB	Digital Television Broadcasting	Sayısal Televizyon Yayını
DVB	Digital Video Broadcasting	Sayısal Video Yayını
DVMRP	Distance Vector Multicast Router Protocol	Uzak Vektör Çoklu Gönderim Yönlendirme Protokolü
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Frekans Bölmeli Çoklu Erişim
FHR	First Hop Router	İlk Noktadaki Yönlendirici
FSO	Free Space Optics	Kablosuz Optik Lazer
G.SHDSL	A New Version of Symmetric DSL	Yüksek Hızlı Simetrik DSL
HDSL	High Bit Rate Digital Subscriber Line	Yüksek Bit Hızlı Sayısal Abone Hattı
HDTV	High Definition Television	Yüksek Nitelikli Televizyon

ISDL	ISDN Digital Subscriber Line	ISDN Sayısal Abone Hattı
IDU	In Door Unit	Oda İçi Birim
IGMP	Internet Group Management Protocol	İnternet Grup Yönetim Protokolü
IGRP	Interior Gateway Routing Protocol	İç Sınır Yönlendirme Protokolü
IP	Internet Protocol	İnternet Protokolü
IPTV	Internet Protocol Television	İnternet Protokollü Televizyon
IS – IS	Intermediate System – Intermediate System	Ara Sistem – Ara Sistem
ISDN	Integrated Services Digital Network	Tümleşik Sayısal İletim Ağı
ITU	International Telecom Union	Uluslararası Telekomünikasyon Kuruluşu
LAN	Local Area Network	Yerel Alan Ağı
LHR	Last Hop Router	Son Noktadaki Yönlendirici
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Çoklu Protokollü Etiket Anahtarlama
MMDS	Microwave Multipoint Distribution System	Mikrodalga Çok Noktaya Dağıtım Sistemi
MoD	Movies on Demand	İsteğe Bağlı Film
MOSPF	Multicast OSPF	Çoklu Gönderimli OSPF
MPEG	Moving Picture Experts Group	Hareketli Resim Uzman Grubu
MTU	Maximum Transfer Unit	En Büyük İletim Birimi
NNI	Network-to-Network Interface	Ağ-Ağ Arayüzü
nPVR	network Personal Video Record	ağda Kişisel Video Kaydı
nrt-VBR	non-real-time VBR	gerçek zamanlı olmayan VBR
OSPF	Open Shortest Path First	İlk Olarak En Kısa Yolu Aç
ODU	Outdoor Unit	Dış Birim
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Hemen hemen eşzamanlı Sayısal Hiyerarşi
POTS	Plain old telephone service	Düz eski telefon hizmeti
PVC	Permanent Virtual Circuit	Kalıcı Sanal Devreler
PVR	Personal Video Record	Kişisel Video Kaydı

QoS	Quality of Service	Hizmet Kalitesi
PIM DM	Protocol Independent Multicasting Dense Mode	Protokolden Bağımsız Çoklu Gönderim – Yoğun Kip
PIM SM	Protokol Independent Multicasting Sparse Mode	Protokolden Bağımsız Çoklu Gönderim – Seyrek Kip
RADSL	Rate Adaptive Digital Subscriber Line	Hız Uyarlamalı Sayısal Abone Hattı
RIP	Router Information Protocol	Yönlendirici Bilgi Protokolü
rt-VBR	real time VBR	gerçek zamanlı VBR
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Eşzamanlı Sayısal Hiyerarşi
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line	Simetrik Sayısal Abone Hattı
SDTV	Standart Definition Television	Standart Nitelikli Televizyon
SFN	Single Frequency Network	Tek Frekanslı Ağ
S-HDSL	Single Pair Digital Subscriber Line	Bir Çiftli Sayısal Abone Hattı
SVoD	Subscription VoD	VoD aboneliği
STB	Set Top Box	Set Üstü Cihazı
SVC	Switched Virtual Circuit	Anahtarlama Sanal Devre
TCP	Transmission Control Protocol	İletim Denetim Protokolü
TDMA	Time Division Multiple Access	Zaman Bölmeli Çoklu Erişim
TS	Transport Stream	Taşıma Akımı
UBR	Unspecified Bit Rate	Tanımlanmamış Bit Hızı
UDP	User Datagram Protocol	Kullanıcı Veri Bloğu Protokolü
UNI	User-to-Network Interface	Kullanıcı-Ağ Arayüzü
UTP	Unshielded Twisted Pair	Kalkansız Bükülü Tel Çifti
VBR	Varitable Bit Rate	Değişken Bit Hızı
VCI	Virtual Channel Identifier	Sanal Kanal Tanımlayıcı
VDSL	Very High Bit Rate Digital Subscriber Line	Çok Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı
VLAN	Virtual LAN	Sanal LAN
VoD	Video on Demand	İsteğe Bağlı Video
VPI	Virtual Path Identifier	Sanal Yol Tanımlayıcı
VPN	Virtual Private Network	Sanal Özel Ağ

WEP	Wired Equivalent Privacy	Kablolu Eşdeğer Gizlilik
WAN	Wide-Area Network	Geniş Alan Ağı
WLAN	Wireless Local Area Network	Kablosuz Yerel Alan Ağı

1.GİRİŞ

Televizyon icat edildiği 1930'lu yıllardan beri insanların büyük ilgisini çekmiş en büyük buluşlardan birisidir. 75 yıl kadar önce ilk televizyon ve tv yayını kullanılmakla birlikte, teknolojinin gelişimine ve insanların ihtiyacına bağlı olarak televizyon yayıncılığı konusunda yeni kavramlar ortaya çıkmaktadır. Önce siyah-beyaz, sonra renkli ve daha sonra sayısal televizyon bu gelişimin kısa bir özetidir. Bunun yanında yayınların evlere ulaştırılması alanında da gelişmeler devam etmiştir. Önceleri karasal yayıncılık üzerinden yayınlar evlere iletilmiş, ancak görüntü kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla daha sonra kablo üzerinden yayıncılık gelişmiştir. Burada oluşan erişim sorunu da gelişen uzay teknolojisine bağlı olarak uydu yayıncılığı ile giderilmiştir. Uydular vasıtası ile dünya üzerinde televizyon yayınlarının iletilmediği nokta kalmamıştır.

Sayısal televizyon teknolojisi ile kısıtlı olan bant genişliği üzerinden verilebilecek kanal sayısı arttırılmıştır. Analog olarak yayınlanan bir standart televizyon yayını yaklaşık 300 Mbps bant genişliği kullanırken sayısal yayıncılık ve sıkıştırma teknikleri kullanılarak bu değer günümüzde 2 Mbps hızına kadar indirilebilmiştir.

Sayısal televizyon yayıncılığı uydu ve kablo üzerinden 1990'lı yılların ortalarından beri hizmet vermektedir. Karasal yayıncılıkta ise 2000'li yılların başında sayısala geçilmeye başlanmış ve 2015 yılından itibaren tüm Avrupa'da analog yayının sona erdirilmesi planlanmıştır.

Sayısal televizyonun gelişimi ile birlikte insanlar artık televizyonu sadece pasif durumda seyretmekten çok aktif olarak kullanmak istemektedirler. Böylece televizyon ile bir etkileşim sağlamayı ve yayının akışına istedikleri şekilde müdahale etmeyi arzu etmektedirler. Örneğin reklamları seyredirken bir ürünün tüm izleyicilere aynı filmle tanıtılması yerine izleyicinin ilgilendiği bölümlerin her izleyiciye ayrı şekilde izlettirilmesi televizyonculukta yeni kapılar açmıştır. Aynı şekilde izleyicinin ilgisine göre seçebileceği filmleri seyretmesi, reklamını seyrettiği ürünleri sipariş edebilmesi, bulunduğu veya talep ettiği bölgenin hava durumunu izlemesi gibi olanakları sağlayan etkileşimli televizyon teknolojisi kavramını oluşturmuştur.

Sayısal ve etkileşimli televizyonun kullanılmaya başlamasıyla buradan elde edilen gelirler büyük ölçüde artmaya başlamıştır. Bu nedenle bu büyük pazardan pay kapmak isteyen telekom şirketleri de bu pazara girmeye başlamışlardır.

Sayısal televizyon ve sıkıştırma teknikleri yardımıyla televizyon yayınlarının iletileceği bantgenişliği, telefon kabloları üzerinden iletilebilecek ölçüde azalmıştır. Ayrıca 1990'lı yıllardan sonra geliştirilen Sayısal Abone Hattı (DSL) teknolojisi ile mesafeye bağımlı olarak bakır kablo üzerinden iletilebilecek bantgenişliği büyük ölçüde geliştirilmiş ve günümüzde 50 Mbps hızlarına kadar artmıştır. DSL'in yanında fiber optik kablonun kurulum maliyetinin azalması ve evlere kadar kullanılabilir hale gelmesiyle evlere neredeyse sınırsız bantgenişliği verilebilmesi gündeme gelmiştir.

Bilgisayar ağlarındaki bu gelişmeler ve televizyon yayınları üzerindeki büyük bir pazarın oluşması, bilgisayar ağları üzerinden televizyon yayıncılığının bir servis çeşidi olarak gelişmesine yol açmıştır. Bu teknolojiye dünya üzerinde genel anlamda IPTV denilmiştir. Dünya üzerindeki bilgisayar ağlarının kullanımının ATM'den IP'ye doğru yön değiştirmesi, IP maliyetlerinin ucuz olması ve televizyon yayınlarının iletilmesi için gerekli şartları sağlaması, IPTV'nin gelişimini arttırmıştır. Ayrıca bilgisayar ağlarının doğal olarak iki yönlü iletişime sahip olması da etkileşimli yayınların uygulamasını kolaylaştırmaktadır.

2-3 yıldan beri dünya üzerinde IPTV servisi sağlanmaya başlamıştır ve her geçen gün pazarı büyümektedir. Uygulamalar genelde DSL teknolojilerini ve IP omurgaları kullanılmaktadır. Ancak ATM omurgaların ve erişim de fiber kablonun kullanılması az da olsa görülen durumlardır.

Ülkemizde IPTV uygulaması hali hazırda bulunmamakta ancak yakın bir gelecekte uygulamaya geçilmesi planlanmaktadır. Bu servisin verilmesi için ülkemizde bulunan bilgisayar ağlarının buna göre yeniden oluşturulması da söz konusu olmaktadır.

Bu tezde IPTV uygulamalarının neden olması gerektiği ve ülkemiz altyapısında bunun nasıl uygulanabileceği tartışılmaktadır. Ülkemizde bu konuda bir çalışmanın bugüne kadar yapılmaması ve teknolojinin bu yöne doğru gitmesi nedeniyle bu tartışma gerekli görülmektedir. Bu tartışmaların yapılabilmesi için halen kullanılan bilgisayar ağları, sayısal televizyonun temelleri, yayın ve sıkıştırma teknikleri ikinci

bölümde incelenmektedir. Bu konuların incelenmesi IPTV servisinin anlaşılabilmesi için gerekli görülmüştür. Bu incelemelerin eşliğinde üçüncü bölümde IPTV'nin tanımı, mimarisi, dünya üzerindeki kullanım şekilleri, ülkemizde kullanılan bilgisayar ağlarının IPTV mimarisine uyumu ve IPTV servisleri tartışılmıştır.

IPTV'nin temel kavramlarının anlaşılmasından sonra dördüncü bölümde IPTV servisinin verilmesinde karşılaşılabilecek sorunlar ve çözüm önerileri, geleneksel yayın teknolojileri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise IPTV'nin ülkemizde verilmesinin gerekliliği, bunun maliyeti ve altyapıda nelerin değişmesi gerektiği anlatılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Genişbant Bilgisayar Ağları

Bilgisayarlardan oluşan bir ağın uzaktaki bilgisayarlarla haberleşmeye ihtiyaçı vardır. Bilgisayarlar genelde bir Yerel Alan Ağı (LAN) içerisinde çalıştığından LAN içerisinde bulunan bilgisayarların uzak bilgisayarlarla veya merkez ile haberleşmesi için Geniş Alan Ağlarına (WAN) gerek duyarlar. WAN bağlantıları ise günümüzde Genişbant Bilgisayar Ağları üzerinden yapılmaktadır. Çünkü günümüzde bilgisayarlar veya bilgisayarların bulunduğu LAN'lar üzerinde büyük bantgenişliği gerektiren uygulamalar çalıştırmakta ve bu uygulamalar genişbantlı WAN teknolojilerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. 1980'li yıllara kadar 50 Baud hızındaki Teleks cihazları gerekli iletişimi sağlarken, 1990'lı yıllar evirmeli (Dial-up) ve X25 gibi dar bantlı WAN teknolojilerinin kullanılmasını yeterli grmştir. Ancak 1990'lı yılların sonlarında internet kullanımının da yaygınlaşması ile birlikte genişbant ihtiyaçı doğmuş ve omurgada ATM ve IP kullanımı yaygınlaşmıştır. 2000'li yıllar ise IP ve ATM'in iyi yönlerini alarak geliştirilen MPLS gibi teknolojilerin yaygınlaşmasına yol açmıştır.

Genişbant gereksinimi duyan LAN'lar günümüzde değişik erişim teknolojileri ile ATM veya IP gibi ağlara bağlantı kurabilmektedir. Bunlar da anlaşılacağı üzere genişbantı destekleyen teknolojilerdir. Bunlar;

- Bakır kabloyu kullanan teknolojiler (xDSL, ISDN, v.b.)
- Fiber kabloyu kullanan teknolojiler (Metro Ethernet)
- Kablosuz teknolojiler (WLAN, WiMax, FSO)

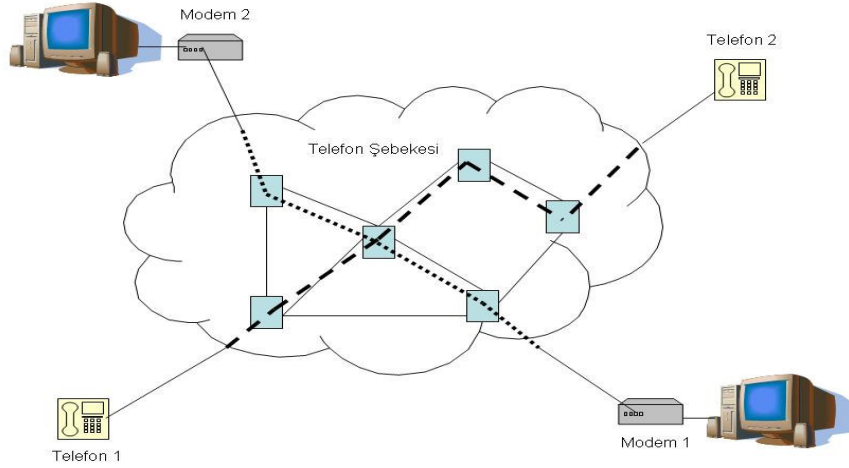
Bakır kablolar genelde 2 Mbps hızına kadar bir erişim bantgenişliği sağlarken bu hızlar xDSL teknolojilerindeki gelişmeler ile günümüzde 50 Mbps hızlarına kadar çıkabilmektedir. Bu hızların yetmediği durumlarda fiber kablo kullanılmaktadır. Metro ethernet veya PDH-SDH teknolojilerinin kullanımı ile 10 Gbps hızlarına kadar fiber üzerinden erişim sağlanabilmektedir. Kablosuz teknolojilerden WLAN bilindiği üzere yerel alanlarda (kampus, bina içi, v.b.) 54 Mbps hızlarına kadar iletişim sağlayabilmektedir. WiMax'de ise bu mesafe 50-60 km sınırına çıkabilmektedir.

2.1.1 Genişbant Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması

WAN teknolojilerini anahtarlama yöntemine göre devre (circuit), paket (packet) ve hücre (cell) anahtarlama olarak üçe ayırmak mümkündür. Üç yöntemin de kendine göre iyi ve kötü yönleri bulunmaktadır. Paket anahtarlama, gerçek zamanlı uygulamalar içermeyen ve paketlerin gecikmesinin pek öneminin olmadığı uygulamalarda kullanılırken devre anahtarlama yöntemi ise gerçek zamanlı uygulamalarda iyi bir performans göstermektedir.

2.1.1.1 Devre Anahtarlama

Devre anahtarlama iletişimde bulunacak olan iki uç arasında önceden uçtan uca bir yol belirlenmesi ve daha sonra bilgi alışverişinin bu tanımlanmış yol üzerinden yapılması esasına dayanır. Halen kullanılan sabit telefon iletişimi bu kurala göre yapılmaktadır. Önceden çevrilen numara karşı uca kadar yolunu belirlemekte, daha sonra karşı uçtaki zil çalmakta ve konuşma başlamaktadır. Şekil 2.1’de örnek bir devre anahtarlama telefon şebekesi görünmektedir.



Şekil 2.1. Devre anahtarlama ağ

Şekil 2.1’de telefon 1 ile telefon 2 arasında ve modem 1 ile modem 2 arasında çeşitli düğümler kullanılarak fiziksel bir yol oluşumu gösterilmiştir. Devre anahtarlama ağı, iki uç arasında bir yol kurulurken şebeke içerisinde birçok düğüm noktasından geçilerek bunlardan en iyi olanlar seçilir. Bu amaçla maliyet hesabı yapılır ve devre kurulurken en düşük maliyetli yol seçilir. Bunun için çeşitli algoritmalar kullanılabilir. Her iki devre de sistem üzerinde tanımlı bir algoritma ile o andaki en uygun ve maliyeti az yol üzerinden bağlantıyı kurmaktadır.

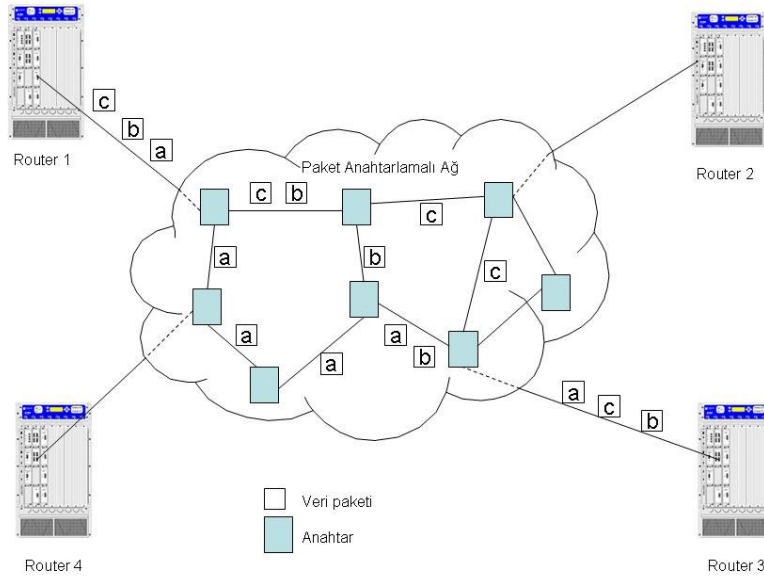
Devre anahtarlamanın en önemli avantajı gerektiğinde ağ içerisinde bir devrenin oluşturulması ve gereksinim bitince devrenin kopararak aynı yolu başka bir devrenin kullanılabilmesine olanak vermesidir. Ayrıca aktarım sırasında devre tamamen kullanıcıya ait olduğundan gerçek zamanlı uygulamalar gecikme olmaksızın, aynı yolu kullanarak sırası bozulmadan alıcıya gider.

Devre anahtarlama ayrıca paketin büyüklüğü konusunda da bir avantaj vardır. Veri paketleri alıcıya daha önce belirlenmiş bir yol üzerinden gideceğinden dolayı alıcı ve verici adreslerini içeren bilgilerin paketin içinde gönderilmesine ve başlangıç/bitiş nokta adreslerinin her paketle birlikte gönderilmesine gerek yoktur.

2.1.1.2 Paket Anahtarlama

Paket anahtarlama, genişbant bilgisayar ağlarında en çok kullanılan yöntemdir. Paket anahtarlama yöntemi WAN bağlantılarında paket yönlendirme olarak bilinir. Şekil 2.2’de örnek bir paket anahtarlama ağı görülmektedir.

Paket anahtarlama bir ağ içerisinde bulunan bir yönlendirici ağ üzerinden göndereceği bilgileri önce belli uzunluktaki parçalara ayırır, sonra bunların önüne alıcı ve gönderici adresleri ile birlikte kontrol bilgilerini de ekleyerek ağa gönderir. Şekil 2.2’de Router 1 ve a, b, c bilgi parçaları bunu göstermektedir. Daha sonra paket anahtarlama ağı içerisinde a, b ve c paketleri değişik yollar izleyerek (ağın o andaki durumuna bağlı olarak) alıcıya ulaşırlar. Bu durumda paketler sırasını izleyemez ve daha önce oluşturulan paket daha sonra alıcıya ulaşabilir. Alıcı olan Router 3 bu paketleri ara belleğinde (Buffer) tutarak aynı sıraya koymak durumunda kalır.



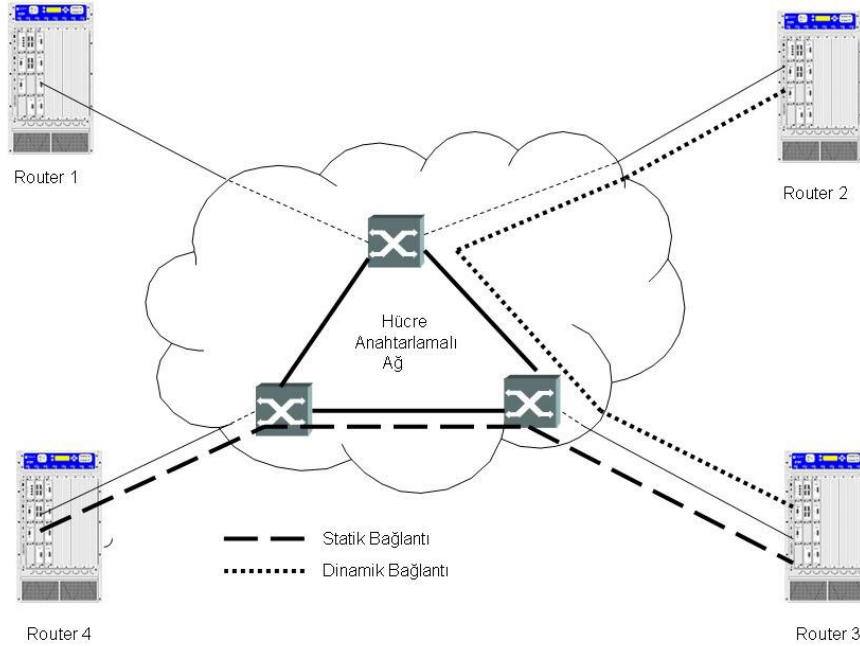
Şekil 2.2. Paket anahtarlama ağ

Paket anahtarlama yöntemi bir tek hat birden fazla uygulamayı üzerinden taşıyabilmektedir. Devre anahtarlama yöntemi, tek bir kullanıcı bir devreyi kullanabildiğinden LAN'ların birbirine bağlanması için iyi bir yöntemdir. Çünkü LAN'lar içinde birçok kullanıcıyı barındırır ve IP protokolu paket anahtarlama yöntemini kullanmaktadır.

Paket anahtarlama yöntemi düşük maliyetli ve esnek bir bağlantı sağlar. Ancak ağ üzerinde servis kalitesinin sağlanması ve gerçek zamanlı uygulamalarda gecikme oluşması kötü yanlarıdır. Bu yüzden kullanımı, gerçek zamanlı uygulamalarda daha azdır.

2.1.1.3 Hücre Anahtarlama

Hücre anahtarlama kullanımı yönünden kısmen devre anahtarlama yöntemini hatırlatmaktadır. Temel farkı hücre adı verilen kısa ve sabit uzunluktaki veri paketlerini kullanmasıdır. Şekil 2.3 temel bir hücre anahtarlama ağı göstermektedir.



Şekil 2.3. Hücre anahtarlama ağı

Hücre anahtarlama yönteminde iletişimin önce uçlar arasında sanal bir bağlantı kurulmalı ve sanal bir yol belirlenmelidir. Hücreler bu sanal yol üzerinden alıcıya ulaşırlar. Devre anahtarlama ağlarında olduğu gibi veri alıcıya verici ve alıcı bilgileri eklenmeden iletilir. Ancak verinin içine hangi sanal yolu izleyeceğini bildiren sanal yol numaraları yerleştirilir.

Hücre anahtarlama yönteminde paket anahtarlama yönteminde olduğu gibi bir hücrenin kendinden sonra üretilen hücreden daha sonra alıcıya gitme durumu olmadığından parçaların birleştirilmesinde ara belleğe alınma durumu yoktur. Bu yöntemde, sanal yol kurulması için biri statik diğeri dinamik olmak üzere iki çeşit

sanal yol tanımlanabilir. Statik yöntemde iki düğüm arasında sanal yol bir kere tanımlanır. İletişim sona erince sonlandırılmaz ve diğer iletişimde de aynı yol kullanılır. Dinamik yöntemde ise sanal yol iletişimden sonra koparılır. Tekrar iletişim başladığında sanal yol tekrar kurulur ama ilk yoldan farklı olabilir.

ATM protokolü hücre anahtarlama yöntemi için tipik bir örnektir. ATM’de hücre boyu 53 Byte olup bunun 48 byte’ı veri, 5 byte’ı ise başlık (header) bilgisidir. Statik sanal yolun karşılığı PVC, dinamik yol ise SVC’dir. Sanal yol numaraları ise VPI ve VCI olarak adlandırılır. Hücre anahtarlama ağılar ses, veri ve görüntü bilgilerinin taşınmasında güçlü bir mimariye sahiptir.

2.1.2 Omurga Teknolojileri

Omurga; genişbantlı ağılar üzerinde yüksek bant genişliği bulunan hatlardan ve hızlı yönlendiricilerden oluşan cihaz ve hatlar topluluğudur. Omurgaya erişimi bulunan tüm bilgisayarlar omurganın temelini oluşturan protokol ve yönlendirme teknolojilerini kullanarak birbirleri ile iletişim sağlarlar. 1990’lı yıllardan önce devre anahtarlama teknolojili omurgalar kullanılırken 1990’lı yıllardan sonraları paket anahtarlama ve hücre anahtarlama teknolojilerini kullanan omurgalar yaygınlaşmıştır.

Paket anahtarlama teknolojisini kullanan omurgalar önce X25 ve benzeri WAN teknolojilerini kullanmış, daha sonra IP temelli omurgalar yaygınlaşmıştır. IP protokolu daha çok internetin gelişmesi ve bant genişliğinin artması nedeniyle yaygınlaşmıştır. Bilindiği üzere internet çok sayıda ağın birbirine bağlı olduğu ağılar topluluğudur. Dünyada her geçen gün internete bağlanan kullanıcı sayısı artmakta ayrıca çok çeşitli internet uygulamaları gelişmektedir. İnternet üzerinden ses ve görüntünün aktarımı ile birlikte bant genişliği ihtiyacı da artmıştır. IP temelli omurgalar, kurulum ve işletimi yönüyle ucuzdur. Ancak bant genişliği garantisi olmaması ve servis kalitesi verilememesi sebebiyle iş uygulamalarında tercih edilmemektedir. Bu kötü yanların telafi edilmesi amacıyla MPLS ve benzeri teknolojiler geliştirilmiş ve IP omurgalar üzerinden çalışması sağlanarak IP omurgaların hem internet hem de iş uygulamalarında kullanılması sağlanmıştır.

Hücre anahtarlama teknolojisini kullanan omurgalarda ise genelde Asenkron İletim Modu (ATM) teknolojisi kullanılmaktadır. Bu teknolojiyi kullanan omurgalar ses, veri ve görüntü bilgilerini hızlı bir şekilde aktarırlar. Ayrıca servis kalitesi verilerek bilgilerin önemine göre çeşitli kalitede servisler kullanabilmesine olanak sağlamaktadır. Örneğin ATM omurgalarda CBR kalitesindeki devreler garanti bant genişliğini isteyen müşteriler için kullanılmakta UBR kalitesindeki devreler ise kalite istemeyen ve önemli uygulamaların olmadığı müşteriler için kullanılmaktadır. Ancak CBR devreler, UBR devrelerden daha pahalıya satılmaktadır.

Ülkemizde de 1990'lı yıllarda, önce X25 temelli bir omurga oluşturulmuştur. Bu omurganın yetersiz kalmasından sonra ATM ve IP omurgalar kullanılmaya başlamıştır. IP omurga internet için kullanılmış, ATM omurga ise X25, Frame Relay ve ATM devrelerin verilmesinde kullanılmıştır. ATM teknolojisinin pahalı olmasından dolayı, ATM benzeri servis sınıflarına olanak veren MPLS'in gelişmesiyle birlikte, Dünyada IP-MPLS omurgalar yaygınlaşmaktayken Ülkemizde de IP-MPLS omurga kurma çalışmaları sürmektedir.

2.1.2.1 İnternet Protokolü

İnternet ağını birbirine bağlayan, bir ağ katmanı protokolu olan İnternet Protokolüne IP denilir. IP protokolu bir zaman kısıtlaması olmadan ağ kaynaklarının el verdiği ölçüde bilgi akışını gerçekleştirmeyi amaçlar. Bu protokolde her bilgi eşittir; servis sınıfları oluşturmaz. Bu nedenle iş uygulamalarında IP omurganın kullanılması pek tercih edilmez.

IP'nin üzerindeki ulaşım katmanı üst katmandan gelen veri katarlarını 64 KB uzunluğunu aşmayan parçalara bölerek IP katmanına teslim ederler. TCP/IP 'nin ulaşım katmanında TCP ve UDP olmak üzere iki protokol tanımlıdır. TCP, bağlantılı düzene dayalı bir protokoldür. İki bilgisayar iletişim kurmadan önce iletişim kurma istek ve onaylarını birbirlerine yollarlar. Böylece iletişim konusunda anlaşmış olurlar. UDP, bağlantısız düzenli bir protokoldür. İletişim başlamadan önce gönderici ve alıcı arasında bir anlaşma yapılmasına gerek yoktur. Bu katman protokollerinden genelde TCP kullanılır. UDP protokolü ise kontrol amaçlı kullanılmaktadır.

Internet Protokolü (IP), paketlerin yönlendirilebilmesine imkan veren adres bilgisi ve bazı kontrol bilgilerini içeren üçüncü katman bir protokoldür. IP RFC 791’de yazılmıştır ve birincil ağ katmanı protokolüdür. TCP ile birlikte IP, internet protokollerinin kalbini temsil eder. IP’nin birincil sorumlulukları Internet boyunca veri bloğunun bağlantısız olarak en iyi çabayla dağıtımını ve farklı maksimum iletim birimi (MTU) büyüklükleri ile veri linklerini desteklemek için veri bloklarının parçalanmasını ve yeniden birleştirilmesini sağlamaktır. Şekil 2.4’de IP paket başlığının yapısı görülmektedir.

Versiyon	Başlık Uzunluğu	Öncelik(TOS)	Toplam Uzunluk	
Kimlik Belirleme			Bayrak	Parça Dengeleme
Yaşama Süresi		Protokol	Başlık Hata Sınama	
Kaynak IP Adresi				
Hedef IP Adresi				
Seçenekler (Bazen kullanılır)				
Bilgi (65.535 byte’a kadar)				

Şekil 2.4. IP Paket Formatı

2.1.2.1.1 Yönlendirme Teknikleri

Yönlendirme işi sistemlerin sahip oldukları yönlendirme tablosu yardımı ile gerçekleştirilir. Bu tablo gönderilen veri paketlerinin alıcısına ulaşması için hangi yolun izleneceğini belirten yönlendirme bilgilerini tutar.

Bu bilgiler iki yöntem ile güncellenir. Birinci yöntemde, ağ yöneticisi tarafından el ile girilir. Sistemde olan herhangi bir değişiklik ağ yöneticisi tarafından takip edilerek güncellenmek zorundadır. Bu tip yönlendirmeye statik yönlendirme denir. İkinci yöntemde ise ağ yöneticisinin herhangi bir müdahalesi olmadan yönlendirme

algoritmaları aracılığıyla yönlendirme tabloları güncellenir. Bu tip yönlendirmeye dinamik yönlendirme denilmektedir.

- RIP (Router Information Protocol):

RIP, yönlendirme tablolarını periyodik olarak güncelleyen bir protokoldür. Sistemde herhangi bir değişiklik olsun olmasın bu tablolar güncellenir. Mesafe ölçüsü olarak ağdaki düğüm sayısı kullanılır. Genellikle küçük ölçekli ağlarda kullanılan bir yöntemdir. Ağdaki herhangi bir değişiklik, oraya bağlı olan yönlendirici tarafından sezilir ve hemen bir değerlendirme yapar. Eğer oraya ulaşım için daha iyi bir yol bulursa önce kendi tablosunu günceller ve daha sonra komşulara yansıtır. Komşular da kendi tablolarını günceller ve komşularına iletir. Bu protokol RFC 1058’de tanımlanmıştır.

- IGRP : Cisco tarafından geliştirilmiştir. Çalışma prensibi olarak RIP’e benzemektedir. RIP’ten farkı sistemde meydana gelen anlık değişmelerin dikkate alınmasıdır. Bu nedenle bu protokol hibrit protokol olarak da adlandırılır.
- OSPF : Yalnızca sistemde meydana gelen anlık değişmeleri dikkate alır. Sistemde herhangi bir değişiklik olduğunda kullandığı matematiksel algoritma ile gidilecek noktaya olan en kısa yolu tekrar hesaplar. Yalnızca ağ ortamı üzerinde meydana gelen değişikliklerde çalıştığı için ağ ortamını gereksiz trafikle meşgul etmez. Kullandığı hesaplama yöntemi sayesinde cevaplama süresi çok kısadır. Bu özellikleri nedeniyle büyük ağ ortamlarında yaygın olarak kullanılırlar. RFC 1247 içinde tanımlanmıştır.
- IS – IS : Yapı ve çalışma prensibi olarak OSPF’e çok benzemektedir. Adresleme sistemi farklıdır. Özellikle Internet Servis Sağlayıcıları tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.
- BGP : Internet servis sağlayıcılar arasında yönlendirme tablosu alışverişini sağlar. Bu nedenle dış geçit yolu protokolü olarak adlandırılır. BGP yönlendirme tabloları yaklaşık 150 MB civarında bilgi tutmaları nedeniyle oldukça büyüktür. Bu protokoller internet servis sağlayıcılarının dış dünyaya açılan yönlendiricilerinde çalıştırılır. RFC 1163 ile tanımlanmıştır.

2.1.2.1.2 IP Adresleri

Internet'e bağlı büyüklü küçüklü binlerce ağ bulunmaktadır. IP adres alanı, adres dağıtımını kolaylaştırmak için alt kümelere bölünmüştür. Her sistemin kendisine ait özel bir adresi vardır. Bu adresler IP adresi olarak adlandırılır. IP adresi 32 bitlik bir sayıdır. Dolayısıyla ağ üzerinde teorik olarak 2^{32} tane (yaklaşık 4 milyar) tane bilgisayar bağlanabilecektir.

IP adresleri A, B, C, D, E sınıfı adresler olarak beş temel sınıfa ayrılmışlardır. Tablo 2.1'de IP sınıflarına göre kullanılan IP adres aralıkları görülmektedir. Bunlardan hangisinin kullanılacağını ağın büyüklüğü belirler. IP adresleri 32 bit uzunluğundadır ve bu adresler temelde iki parçaya ayrılırlar. Bu parçanın biri ağı, diğeri ağ içindeki sistemleri temsil eder.

Tablo 2.1. IP Adres Sınıfları

Adres Sınıfı	İlk Parçanın Alabileceği Değerler
A	1 – 126
B	128 – 191
C	192 – 223
D	224 – 239
E	240 – 247

A Sınıfı Ağ adresleri: Bu tür adres alanı çok büyük ağlar için kullanılır. 1.0.0.0 adresinden 127.0.0.0'a kadar olan aralığı kaplarlar. 126 adet ağ adresi ve her ağda 16.777.214 bilgisayar bulunabilir. İlk oktet ağ ID'yi diğer üç oktet ise sistem ID'yi gösterir.

B Sınıfı Ağ Adresleri: B sınıfı adres alanı içerisinde ağ sayısı 14 bit, ağ içindeki bilgisayarların sayısı ise 16 bit ile belirlenir. 128.0.0.0 adresinden 191.255.0.0

adresine kadar olan aralıktadır. 16384 ağ adresi ve her ağda kabaca 65.534 bilgisayar bulunabilir. İlk iki oktet ağ ID'sini, diğer iki oktet ise makine ID'yi gösterir. Adres biçiminin ilk iki biti 1 ve 0 şeklindedir. Birçok büyük üniversite ve ISP, B sınıfı ağa sahiptir.

C Sınıfı Ağ adresleri: C sınıfı adres alanı içerisinde ağ sayısı 21 bit, ağ içindeki bilgisayarların sayısı 8 bit ile belirlenir. 192.0.0.0 adresinden 223.255.255.0 adresine kadar olan aralıktadır. Her biri 254 makinadan oluşan 2.097.152 adet ağ adresi barındırır. İlk üç oktet ağ ID'yi son oktet ise makine ID'yi belirtir. Günümüzde kurumlara daha çok C sınıfı IP verilir (Çölkesen, 2003).

D ve E Sınıfı Ağ Adresleri: İlk okteti 224 ve 247 arasında kalan adreslerdir, herhangi bir network tanımlamazlar, daha sonraki kullanımlar için ayrılmıştır. D sınıfı IP adresleri çoklu gönderim (multicast) yayınları için kullanılır. E sınıfı adresler ise bilimsel çalışmalar için saklı tutulmuştur.

10.0.0.0, 172.16.0.0 – 172.31.0.0 ve 192.168.0.0 ağ adresleri saklı olarak tutulmuştur. Bu adresler Internet'e bağlanmak için kullanılmaz. Ancak yerel alan ağlarında kullanılabilirler. 127.0.0.0 adresi ağ içi test ve sistemin kendi prosedurleri arasında iletişim için kullanılır, dolayısıyla geçerli bir ağ adresi değildir.

Şu anda kullanılan adresleme sistemi IPv4 olarak adlandırılmaktadır. Gelecekteki ihtiyaçları karşılamak maksadıyla IPv6 olarak adlandırılan yeni bir adresleme sistemi geliştirilmektedir. IPv4'te 32 bit olan adres büyüklüğü IPv6'da 128 bite çıkarılmış ve sonsuz sayılabilecek sayıda adres sayısı elde edilmiştir. IPv6 ile elde edilebilecek kazanımlar şunlardır.

1. Adres sıkıntısının ortadan kalkması
2. Daha iyi güvenlik
3. Yeni IP paket yapısı
4. Ses ve görüntü aktarım işleminin hızlandırılması
5. Değişik protokoller için IP başlığı düzenlenebilmesi vb.

IPv6 şu anda deneysel aşamada olup, gelecek 10 yıl içerisinde daha çok kullanılır duruma gelmesi beklenmektedir.

2.1.2.2 Asenkron İletim Modu

ATM, ses, veri, resim ve video gibi değişik türdeki sayısal verinin hücre adı verilen kısa ve sabit uzunluklu veri paketlerine bölünerek aynı ortamdan hızlı bir şekilde iletilmesini sağlayan bir paket anahtarlama teknolojisidir.

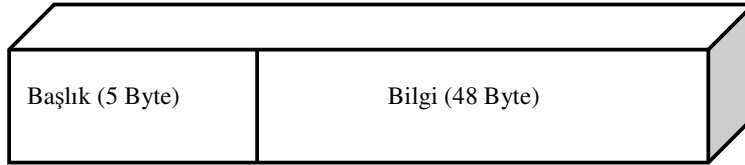
Bir ATM ağı, temel olarak uçtan-uca ATM bağlantıları veya arayüzlerince birbirine bağlanmış ATM anahtarlarının bağlantısından oluşur. ATM'in iletim veya anahtarlama birimleri, 53 byte sabit boyutuyla hücre anahtarlama diye adlandırılan, küçük, sabit uzunlukta bilgi paketleridir. Hücreler küçük ve sabit bir boyuta sahip olduğundan, ATM anahtarları hücreleri bir arayüzden diğerine çok hızlı bir şekilde iletebilir.

ATM teknolojisinin önemli özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Çölkesen, 2003).

- Veri aktarımında hücre (cell) olarak adlandırılan küçük boyutlu ve sabit uzunlukta veri paketleri kullanılır.
- Ses, video ve veri gibi uygulamaların gereksinim duyduğu farklı türdeki hizmet sınıflarını (CoS) destekler.
- Zamana duyarlı gerçek zaman uygulamalarında Hizmet kalitesi (QoS) özellikle kendisini hissettiren önemli bir faktördür.
- LAN, WAN ve Kampus uygulamalarında omurga ağ olarak, hızlı ve performansı yüksek, kullanıcı sayısından bağımsız bir ağ çözümü sunar
- ATM teknolojisinde bir fiziksel hat üzerinden aynı anda birden çok uygulamaya ait hücre aktarımı yapılabilir. Yani bir fiziksel yol birçok uygulama arasında paylaşılabilir.
- ATM bağlantıya yönelik bir aktarım protokolüdür. İki nokta arasında aktarım yapılabilmesi için öncelikle bu noktalar arası bir bağlantı kurulur. Bu bir telefon konuşması başlamadan iki nokta arasında kurulan bağlantıya benzer. Bu yolun kurulması ile aktarılacak veri paketleri bu yol üzerinden gönderilir.
- Sanal ağların (VLANs) kullanılmasına olanak sağlar.
- Ortak LAN / WAN mimarisi ile şebekede bütünsellik sağlar.

2.1.2.2.1 ATM Hücre Yapısı

ATM’de veri iletimi 53 oktet sabit uzunluklu hücreler ile yapılır. ATM hücresi, 5 oktet başlık alanı ve 48 oktet bilgi alanı olmak üzere toplam 53 oktet olarak tanımlanmıştır. ATM hücre başlığı; genel akış kontrol, sanal yol tanıtcısı, sanal kanal tanıtcısı, yük türü, hücre kayıp öncelik biti ve başlık hata kontrolü alanlarını içerir. Şekil 2.5’te ATM hücre yapısı görülmektedir.



Şekil 2.5. ATM hücre yapısı

2.1.2.2.2 ATM Bağlantı Arayüzleri

ATM ağlar için iki tür bağlantı arayüzü tanımlanmıştır. Birincisi, ATM portu olan (ethernet anahtar veya yönlendirici gibi) bir uç sistemin ATM ağa bağlanması için kullanılır ve UNI olarak adlandırılır. Diğeri, ATM bulutu oluşturan anahtarların birbirine bağlanması için kullanılır ve NNI olarak adlandırılır. Şekil 2.6’da ATM hücre başlık yapısı UNI ve NNI olarak gösterilmektedir.

GFC (4 bit)		VPI (4 bit)	
VPI (4 bit)		VCI(4 bit)	
VCI (8 bit)			
VCI (4 bit)	PT (3 bit)	CLP (1 bit)	
HEC (8 bit)			

a) UNI başlık bilgisi

VPI (8 bit)		
VPI (4 bit)	VCI(4 bit)	
VCI (8 bit)		
VCI (4 bit)	PT (3 bit)	CLP (1 bit)
HEC (8 bit)		

b) NNI başlık bilgisi

Şekil 2.6. ATM hücre başlık yapısı

2.1.2.2.3 ATM'de Sanal Devreler

ATM hizmetinde, bağlantılar sanal devreler üzerinden kurulur. Yani, iletişimde bulunacak iki düğüm arasında aktarım işlemi yapılabilmesi için, önceden, ilgili iki düğüm arasında sanal devre kurulmuş olmalıdır. Sanal devrelerin oluşturulmasında iki farklı yol izlenmektedir. Birinci yöntem Anahtarlamalı Sanal Devre, ikinci yöntem ise Kalıcı Sanal Devre olarak adlandırılır. SVC, yöntem olarak dial-up bağlantıyı andırırken, PVC kiralık hat uygulamasını andırır.

2.1.2.2.4 ATM'de Sanal Yol/Sanal Kanal

ATM ağda, iki düğüm arasında sanal bağlantı kurulması demek, aslında, iki düğüm arasında sanal yol ve onun da içerisinde sanal kanal oluşturulması anlamına gelir. Temel aktarım birimi olan hücreler bu sanal kanallar içerisinde akar. Gerçekte aktarım yapılan ortam, sanal yol içerisindeki sanal kanallardır. Sanal kanallar bir otobandaki şeritlere ve sanal yol da birden çok şeriti içeren anayola benzer. Şekil 2.7'de sanal yollar ve sanal kanallar görülmektedir.



Şekil 2.7. Sanal yollar ve sanal kanallar

Her ATM anahtar üzerinde, hangi portlar arasında hangi sanal devrelerin kurulmuş olduğunu tutan birer tablo vardır. Anahtar üzerindeki bir porta gelen hücrelerin nereye anahtarlanacağı bu tabloya bakılarak değerlendirilir. Tablo, her sanal bağlantı için bir sanal yol numarası ve bir sanal kanal numarası içerir.

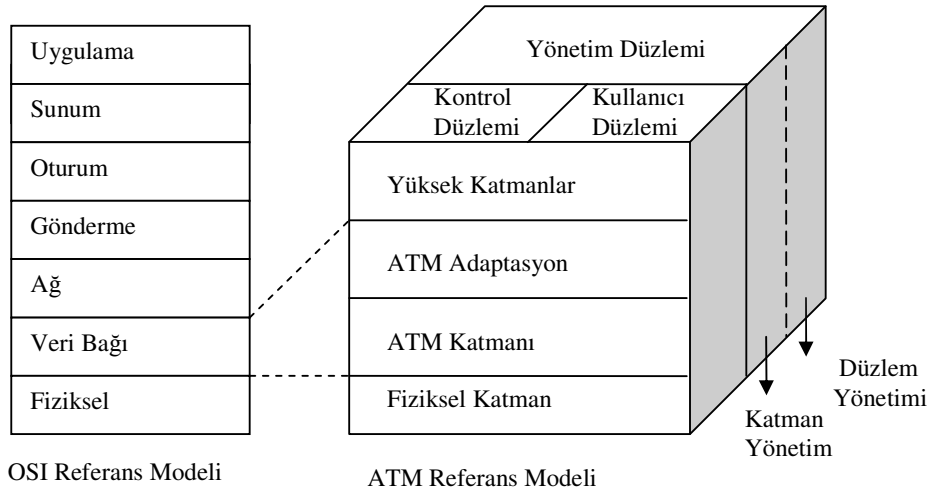
Uçtan uca iki düğüm arasında kalıcı veya anahtarlamalı sanal devre kurulurken, devre birden çok ATM switch veya ATM portlu cihaz üzerinden geçebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta iki düğüm arasında sanal bağlantı kurulduğunda, o bağlantı için atanan VPI ve VCI değerlerinin tüm bağlantı boyunca

aynı olmamasıdır. Herhangi bir VPI/VCI ikilisi yalnızca birbirine komşu iki düğüm arasındaki bağlantıyı gösterir.

Kullanıcılar ve yönlendiriciler arasında VCI'lar, yönlendiriciler arasında ise VPI'lar kullanılır. Hücre başlığında VPI için 8 bitlik, VCI için 16 bitlik alan ayrıldığı için, $2^8 = 256$ adet VP, ve $2^{16}=65535$ adet VC kullanılabilir.

2.1.2.2.5 ATM Mimarisi

ATM teknolojisi diğer ağ protokol kümelerinde/teknolojilerde olduğu gibi katmanlı bir mimariye sahiptir; OSI'nin 7 katmanlı başvuru modelinde olduğu gibi ATM'de de tüm yapı üç katmana ayrılmıştır. En altta, fiziksel katman bulunur; hemen üstünde ATM katmanı ve onun da üzerinde ATM adaptasyon katmanı vardır. Bu üç katman, işlevsel olarak OSI başvuru modelinde ilk iki katmana karşılık gelir ve dolayısıyla OSI'nin 3. katmanı ağ katmanını kapsamaz. Bu sayede ATM, protokolden bağımsız her türlü trafiği aktarabilecek saydam bir yapıya sahiptir. Şekil 2.8'de ATM mimarisi görülmektedir.



Şekil 2.8. ATM mimarisi

- Fiziksel Katman: Fiziksel katman, hücrelerin ağ ortamı üzerinden nasıl aktarılacağını belirtir. Fiziksel katman, iki fonksiyonu yerine getirir. Bunlardan birincisi; taşıyıcı işaretin seviyesini, frekansını ve konnektör türü gibi ortamın fiziksel özelliklerini içeren elektriksel karakteristikleri tanımlar. İkinci fonksiyonu ise; alıcı ve verici arasındaki senkronizasyonu sağlayacak işaretleşme bilgisini üretmektir.
- ATM Katmanı: Hücre başlığının oluşturulması ve kontrolünden sorumludur. ATM katmanı hücrelerin içerisinde taşınan bilgi türüyle ilgilenmez; temel olarak bağlantı kurulması, hücre başlıklarının üretilmesi ve ayıklanması, akış kontrolü, sanal devre/yol yönetimi ve hücrelerin hızlı bir şekilde anahtarlanması işini yerine getirir. Gönderme işlemi için, üst katmandan veriyi alır, başlık alanını ekler ve 53 byte'lık hücreyi fiziksel katmana iletir. Alma işleminde fiziksel katmandan gelen hücreye ait başlık bilgisini ayırır ve geriye kalan 48 byte'lık veriyi yüksek katmanlara aktarır.
- ATM adaptasyon katmanı: ATM Adaptasyon katmanı (AAL), uygulama programları ve servislerinin gerek duyduğu farklı türde trafiklerin ATM katmanı üzerinden aktarılmasını sağlar. Örneğin ses haberleşmesi uygulaması ile veri haberleşmesi veya video aktarımı birbirinden farklı özelliklerde aktarım kriterleri ister. Ses ve video haberleşmesi zamana duyarlı iletişim ortamı isterken, veri haberleşmesinin böyle bir gereksinimi yoktur. Her uygulama türünün kendine has gereksinimleri vardır. AAL bu gereksinimleri karşılar; bu amaçla AAL1, AAL2, AAL3/4 ve AAL5 olarak adlandırılan hizmet sınıflarına sahiptir. Bunların her biri değişik kriter gereksinimi olan uygulamalara hizmet verir.

2.1.2.2.6 ATM Hizmet Sınıfları

ATM ağları, çok farklı trafik türünden veriyi aynı anda iletebilecek şekilde tasarlanmıştır. Hizmet sınıfları, ihtiyaç duyulan hizmet türünü belirlemek için uçbirimler tarafından kullanılır. Her verinin akışı, uygulamanın gereksinimlerine ve trafik akışı karakteristiğine göre farklılık arz eder. Örneğin gerçek zamanlı bir ses ya da video trafiği sabit bit akışı gerektirir ve minimum gecikme ile iletilmelidir. Veri aktarımının ise zamana duyarlılığı yoktur ve değişken bit akışıyla gerçekleştirilebilir.

ATM Forum tarafından aşağıdaki hizmet sınıfları tanımlanmıştır (Çölkesen, 2003). Bunlar;

- Sabit bit iletim hızı (CBR): Sabit bit akışı gereksinimi olan video ve ses aktarımlarında kullanılır. Bu hizmet devre anahtarlamalı iletişim hizmetine benzer. Bu sınıftaki uygulamalar için hata ve akış kontrolü yapılmaz.
- Değişken bit iletim hızı (VBR) :Bit akışının birden arttığı ve sonra azaldığı, ne zaman ne kadar artacağı belli olmayan, ancak arttığı zaman aktarılması gereken uygulamalar için kullanılır. Örneğin iki uç sistem arasında trafik aktarımı birden çok artıyorsa bu tür hizmet sınıfını kullanmalıdır. VBR kendi içinde, biri rt-VBR , diğeri nrt-VBR olmak üzere iki alt sınıfa ayrılır.
 - Gerçek zamanda olan uygulamalar (rt-VBR): Bu tip uygulamalarda hem ortalama hücre gecikmesi, hem de hücre gecikmesindeki varyasyon iyi bir biçimde denetlenmelidir. Aksi takdirde servis kalitesinde bozulmalar olacaktır. Bu tip uygulamalar için sıradan bir bitin veya hücrenin kaybı hayati önem taşımaz. En tipik örneği video konferans uygulamasıdır.
 - Gerçek zamanda olmayan uygulamalar (nrt-VBR): Bu tip uygulamalarda da gecikme önemlidir, ancak gecikme tolere edilebilir. Bu sınıfa örnek olarak, multimedya öğeleri içeren elektronik posta uygulaması verilebilir.
- Kullanılabilir bit iletim hızı (ABR) : ABR hizmeti, iletim hızı yaklaşık olarak bilinen ve patlamalı trafik özelliği gösteren uygulamalar için kullanılır. Kullanıcı bağlantı kurma aşamasında minimum hücre hızını belirler; eğer ağın kaynakları bu hizmeti karşılamaya yeterli ise, kullanıcıya minimum hücre hızında hizmet verilir. ABR hizmeti için verilebilecek en yaygın uygulama örnekleri, dosya transferi ve e-posta hizmetidir.

- Belirli olmayan bit iletim hızı (UBR) :UBR hizmeti, ağın diğer hizmetlerden artan kapasitesini kullanmak isteyen, hücre gecikmelerine ve hücre kayıplarına duyarlı olmayan uygulamalar için kullanılır. Bu hizmet sınıfında akış kontrolü yapılmaz ve iletişimde garanti yoktur. Tıkanıklık oluştuğunda UBR hücreleri atılır. Hata ve akış kontrollerini kendileri yapmak isteyen uygulamalar için UBR bir seçenek olabilir. Dosya transferi, elektronik posta gibi gerçek zaman karakteristikleri bulunmayan uygulamalar için UBR düşünülebilir.

2.1.3 Erişim Teknolojileri

Genişbant bilgisayar ağ omurgalarında kullanılan teknolojiler, bilgisayar ve LAN'ların omurgaya erişmeleri için çeşitli teknikler sunar. Bu erişimler kullandıkları fiziksel ortama göre genel anlamda üçe ayrılabilir.

- Bakır kablo üzerinde çalışan teknolojiler (xDSL)
- Fiber kablo üzerinde çalışan teknolojiler (Metro Ethernet)
- Kablosuz teknolojiler (WLAN, Wimax, FSO)

Bakır kablo üzerinden çalışan teknolojilerin en çok kullanılanı Sayısal Abone Hatları (DSL) olarak görülmektedir. Önceleri telefon hatları üzerinden Çevirmeli Ağ teknolojiler kullanılmaktayken sonradan ISDN teknolojisi geliştirilmiş; ancak bu, daha çok telefon haberleşmesi için kullanılmıştır. Bant genişliği ihtiyacının artmasından sonra DSL teknolojisi geliştirilmiştir. Bakır kablonun avantajı yaygın olması ve kurulumunun çabuk olması sayılabilir. Arıza oranının yüksek olması, hava durumundan etkilenmesi ve bant genişliği sınırlamaları ise kötü yanlarıdır.

Fiber kablo üzerinden 1980'lı yıllarda PDH, 1990'lı yıllarda SDH ve 2000'li yıllarda da Metro Ethernet teknolojileri geliştirilmiştir. Ethernetin ucuz olması, erişimde tercih edilmesini sağlamıştır. Fiber kablo kullanmanın avantajı hava durumundan etkilenmemesi, arıza oranının bakıra göre düşük olması ve yüksek bantgenişliği sağlayabilmesidir. Kötü yanları ise kurulumunun pahalı olması ve zaman alması sayılabilir.

Kablosuz teknolojiler, fiber veya bakır kablonun çekilemeyeceği, çekilmesinin yasak veya maliyetli olduğu durumlar için geliştirilmiştir. Kablosuz teknolojilere verilebilecek ilk örnek karasal televizyon yayınlarıdır. Ancak televizyon yayınları tek yönlü olduğundan dolayı veri haberleşmesi için uygun değildir. Kablosuz ağ teknolojileri denildiğinde iki yönlü bir iletişim akla gelir. WLAN, WiMax, Free Space Optics (FSO), Bluetooth, GSM, GPRS, WAP, DECT, ve 3G gibi teknolojiler akla gelir. Ancak günümüzde aşağıda incelenen WLAN, Wimax ve FSO teknolojileri yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.1.3.1 Sayısal Abone Hatları

DSL kelimesi, bir çift bakır tel üzerinden, yükselticilere ve tekrarlayıcılara gerek duymadan yüksek band genişliği sağlayan, birbirine benzer teknolojileri ifade etmek için kullanılan ortak isimdir. DSL teknolojisi günümüzde kullanılmakta olan telefon ve ISDN servisleri ile uyumludur ve kullanılan alt yapı son derece yaygın olan bakır ağdan ibarettir. DSL teknolojisi aynı anda ses, veri ve görüntü iletimi yapılmasına olanak vermektedir. Bu durum özellikle, yeni alt yapı yapılmasının fiziksel şartlardan dolayı kesinlikle mümkün olmadığı noktalar açısından oldukça kritiktir.

DSL, modemler vasıtasıyla çalışan bir teknolojidir. İletim hattının her iki ucuna, genellikle dijital formatta akan veriyi yüksek hızlı analog sinyallere çeviren cihazların takılması şeklinde uygulanır. Yüksek hızlardaki DSL bağlantıları iletim hattında analog kodlarla gerçekleştirilmektedir. DSL teknolojisinde frekans aralığı POTS, giden akış (Upstream) ve gelen akış (Downstream) olmak üzere 3 temel parçaya bölünür. Bu işlem günümüzde genel olarak 2B1Q, CAP ve DMT modülasyon teknikleri ile gerçekleştirilmektedir.

DSL hem simetrik hem de asimetrik çalışabilen bir yapıdır. Bunun sebebi olarak da iletişim anında ister tek yönlü, istenirse her iki yönde yüksek hızlara ulaşılabilen konfigürasyonların yapılabilmesine olanak tanınması gösterilir. Bir iletim hattının simetrik çalışması, veri iletim kanallarının her iki iletim yönünde de eşit band genişliğine sahip olması durumu olarak düşünülebilir.

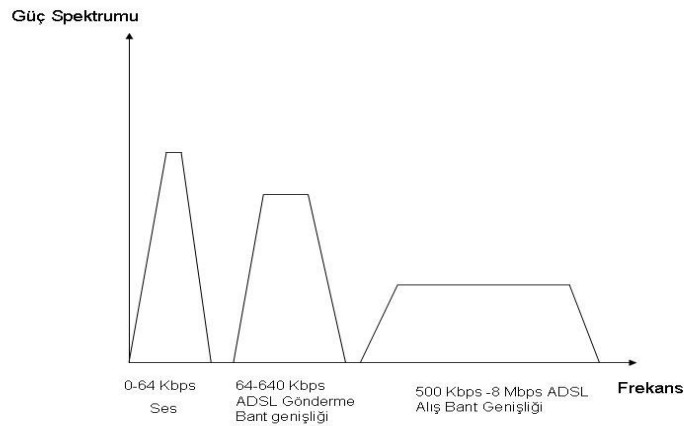
Asimetrik uygulamalar ise, kanal band genişliğinin bir yönde daha fazla olduğu uygulamalarıdır. Örnek vermek gerekirse, web uygulamalarında, kullanıcının verinin kaynağı olan tarafa çok az bilgi göndermesi gerekir, zira çoğu zaman gönderilen bilgi

sadece kontrol bilgisinden ibarettir. Diğer taraftan, veri kaynağından kullanıcı tarafına gerçekleşen transferde ihtiyaç duyulan band genişliği çoğu zaman megabitlere ulaşabilir.

DSL teknolojisi genelde xDSL adı ile anılır ve önüne eklenen harflerle bu ailenin üyeleri belirlenir. Bu üyeler aşağıda verilmiştir.

1. Asimetrik Sayısal Abone Hattı
2. Simetrik Yüksek Bit Hızlı Sayısal Abone Hattı
3. ISDN Sayısal Abone Hattı
4. Yüksek Bit Hızlı Sayısal Abone Hattı
5. Tek Perli Yüksek Bit Hızlı Sayısal Abone Hattı
6. Simetrik Sayısal Abone Hattı
7. Hız Uyarlamalı Sayısal Abone Hattı
8. Çok Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı

ADSL, hattın kalitesine ve uzunluğuna bağlı olarak, gelen akış yönünde 8 Mbps hıza, giden akış yönünde 1.5 Mbps hıza kadar ulaşılabilmesini sağlar. ADSL devresinde kullanılan frekans aralıkları Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9 ADSL Frekans Aralıkları

ADSL'in sağladığı faydalar aşağıda özetlenebilir:

- Tek bir telefon hattı üzerinden aynı anda telefon, internet ve görüntü aktarımına olanak vermesi.
- Her zaman açık ve kesintisiz internet erişimi sağlanması
- Ev kullanıcıları ve küçük işletmeler için uygun maliyetli olması.
- Çevirmeli bağlantıdan çok daha hızlı çalışması.

ADSL iletim sisteminde kullanılan bağlantı kodu ANSI T1 komitesi tarafından DMT olarak standardize edilmiştir (Çölkesen, 2003) . DMT'nin başlıca özelliği bakır tel üzerinde ADSL'in çalıştığı frekans aralığında oluşan yüksek gürültüyü yenebilme kabiliyetidir. DMT aynı zamanda, çevreden gelen elektromanyetik gürültüden en az etkilenen kodlama tekniğidir. DMT, iletim kanalını bir çok alt kanallara böler. Bu alt kanalların her biri ton olarak adlandırılır. Her ton QAM tekniği kullanılarak ayrı bir taşıyıcıda modüle edilir. Taşıyıcı frekansların her biri temel frekansın katıdır. Frekans spektrumu 20 Khz'den – 1.104 Mhz'ye kadar olan aralığı kapsar. 20 Khz, ses servisi (POTS) için rezerve edilmiştir. Gürültü ve kanal koşulları her ton için ayrı ayrı ölçülür ve en uygun olan kanaldan başlayarak iyi bir iletim sağlanabilir.

2.1.3.2 Metro Ethernet

Ethernet, deneysel çalışmaların sonucunda 1970'li yılların sonunda ortaya çıkmıştır. Başlangıçta 2.94 Mbps hızında iken daha sonra bant genişliği ihtiyacının devamlı olarak artması sonucu 10 Mbps, 100 Mbps, 1000 Mbps ve günümüzde 10 Gbps hızlarına erişmiştir.

Ethernet ilk olarak koaksiyel kablo üzerinden tanımlanmıştır. Ancak daha sonra bakır bükümlü çift (UTP) ve sonra fiber optik kablo için tanımlanmıştır. 100 Mbps ve 1000 Mbps hızlarına erişebilen bu teknolojilere Fast Ethernet ve Gigabit Ethernet adları verilmiştir. Fast Ethernet teknolojisi 100 Mbps hızında bakır kabloda 100 Base-T ve fiber kablo ile de 100 Base-FX ismiyle tanımlanmıştır.

Gigabit ethernet kabloları için önce fiber optik kablo (802.3z) kullanılmasına rağmen daha sonra Cat 5 UTP bakır kablo (802.3ab) kullanımı da geliştirilmiştir. Gigabit ethernet ile alışlagelen ethernet üzerinde birkaç değişiklik yapılarak çok

yüksek hızlara çıkılabilmektedir. Gigabit ethernet ailesinde fiber optik kablo için 1000 Base-LX, 1000 Base-SX ve 1000 Base-CX türevleri tanımlanmıştır.

Metro Ethernet veya optik ethernet, mevcut optik ve ethernet teknolojilerinin avantajlarını bir araya getirerek, metropolitan alanlarda, 10 Gbps hızlarına kadar geniş bant veri iletimi imkanı sağlayan yeni bir teknolojidir. Metro Ethernet; kamu kurum ve kuruluşları, belediyeler, orta ve büyük ölçekli işletmeler, finans çevreleri, plazalar, alışveriş merkezleri, büyük oteller, turizm merkezleri, taşıyıcı ve içerik sağlayıcı şirketler (ISP, ASP, GSM) ve üniversite gibi kullanıcılara hitap eder.

Metro Ethernet sistemlerinin avantajları aşağıda verilmiştir.

- ATM, F/R, DSL ve TDM gibi geniş bant teknolojileriyle kıyaslandığında Metro Ethernet büyük kullanıcılar için daha hesaplı bir çözümdür. Çünkü Metro Ethernet, ethernet ve optik teknolojilerinin imkanlarını birleştirmektedir.
- LAN-WAN bağlantılarında ihtiyaç duyulan geniş bant ihtiyacı çözülür.
- Ağ operatörleri için büyük işletme zorlukları çıkartan çoklu protokol dönüşümleri sorunu çözülür; ağ ve ağ yönetimi basitleşir.
- İhtiyaç halinde bant genişliği artırımı kolayca yapılabilir.
- Hat kopması halinde 50 ms'den daha kısa bir sürede iletim yedek fiber optik hatta aktarılabilir.
- Müşteri tarafında SDH, router veya modem gibi ek yatırımlara ihtiyaç duyulmaz.

Metro Ethernet üzerinden birçok servis verilebilmektedir. Bunların en önemlileri aşağıda verilmiştir.

- İnternet bağlantısı
- Saydam LAN Servisi.
- 2. katmanda VPN servisi (L2VPN)
- Extranet servisi
- LAN to Frame Relay/ATM VPN

2.1.3.3 Kablosuz Erişim Teknolojileri

Bilgisayar ağlarında verinin taşındığı ortam büyük önem arz etmektedir. Bu ortam bakır, koaksiyel ve fiber optik olabildiği gibi kablosuz ortam da olabilir. Uygulama da değişik kablosuz ortamlar bulunmaktadır. Bir LAN'da bilgisayarlar arasındaki iletişimi sağlayan kablosuz ortamın yanında bilgisayar ile fare ve klavye arasındaki kabloyu da kaldıran kablosuz ortamlar bulunmaktadır. İlk kablosuz ortam radyo ve televizyon iletişimidir. Ancak bunlar tek yönlü iletişimlidir; ayrıca GSM, WAP, GPRS, Bluetooth ve DECT gibi kablosuz teknolojiler de bilgisayarların haberleşmesinde sınırlı kullanılırlar.

Kablosuz iletişimde kablosuz olan kısım aslında, ağ teknolojisine göre fiziksel katman veya veri bağı katmanı düzeyindedir. Kablosuz iletimde var olan frekans bandının paylaşımı ve güvenlik sorunu önem taşımaktadır.

Herkesce bilinen ve kullanımı yaygın olan Kablosuz LAN teknolojisi WLAN'ın geniş alanda kullanımını sağlayan WIMAX teknolojisi ve laser teknolojisini aradan fiberi kaldırarak havadan kullanan Kablosuz Optik Laser (FSO) teknolojisi kablosuz erişim teknolojilerine örnek olarak verilebilir.

2.1.3.3.1 Kablosuz LAN

Kablosuz LAN, bilgisayarların var olan LAN teknolojilerine bağlı kalarak kablosuz olarak iletişimde bulunmalarınıdır. Kablosuz LAN tamamen kablosuz haberleşme sağlayan bilgisayarlardan oluşabileceği gibi kablo ile çalışan bir LAN'ın bir parçası olarak da çalışabilir.

Kablosuz LAN aslında var olan ethernetin fiziksel ve kısmen veri bağı katmanının kablosuz hale getirilmesidir. Bu amaçla IEEE 1997 yılında kablosuz etherneti tanımlayan 802.11 standardını yayınlamıştır.

IEEE 802.11. standartı ilk önce 2.4 GHz frekansında 2 Mbps hızına kadar iletişim sağlayan bir teknoloji iken daha sonra 802.11a, 802.11b, 802.11g gibi standartlarla çok daha yüksek hızlara çıkılabilmektedir. En çok kullanılan 802.11x ailesi standartları toplu olarak Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. IEEE 802.11x ailesi standartları

Standart	Açıklama
IEEE 802.11	2.4 GHz ISM bandında 2 Mbps hız
IEEE 802.11a	5 GHz UNII bandında 54Mbps hız
IEEE 802.11b	2.4 GHz ISM bandında 11 Mbps hız
IEEE 802.11g	2.4 GHz ISM bandında 54 Mbps hız

IEEE 802.x ailesi standartlarında genel olarak DSSS, FHSS ve OFDM kodlama ve modülasyon teknikleri kullanılmaktadır.

Kablosuz ağlarda genelde güvenlik en önemli konulardan biridir ve güvenliğin düşüktür. Çünkü radyo dalgalarının istenmeyen kişilere ulaşma durumu geçerlidir. Noktadan noktaya iletişimde izlenme olasılığı düşük olmasına rağmen noktadan çok noktaya iletişimlerde bu risk daha fazladır. Bu amaçla şifreleme özelliği kullanılmakla birlikte bilgilerin başka kişilerin eline geçmesi riski her zaman vardır. Bu nedenle uçtan uca VPN tekniklerini kullanmak daha kullanışlı bir yöntemdir. Ancak burada da maliyet sorunu ortaya çıkmaktadır. 802.11x ailesi standartlarında kablolu ağdaki gibi fiziksel düzeyde koruma sağlanabilmesi amacıyla WEP mekanizması kullanılmaktadır. Kablolu düzeyde gizlilik (WEP); kapsama alanı içerisinde herkes tarafından alınan radyo frekans dalgalarının yalnızca haberleşmeye yetkisi olanların veri aktarımında bulunabilmesi esasına dayanır. WLAN sistemlerinde aynı anda çoklu erişim yapılmasını sağlamak amacıyla Frekans Bölümlemeli Çoklu Erişim (FDMA), Zaman Bölümlemeli Çoklu Erişim (TDMA) ve Kod Bölümlemeli Çoklu Erişim (CDMA) yöntemleri kullanılır.

802.11 standartındaki cihazlarda genel olarak iki tür anten kullanılır. Noktadan noktaya iletişim için yönlendirilmiş ve noktadan çok noktaya için çok yönlü antenler kullanılır. Omni anten için tipik erişim mesafesi 45m civarındadır. Yönlendirilmiş antenlerde ise verici gücüne bağlı olarak bu mesafe 40Km civarına çıkabilmektedir. Bu şekilde erişim genişbant bilgisayar ağı kavramına girmekte olup kablosuz olarak omurgaya (IP veya ATM) erişimi sağlamaktadır.

2.1.3.3.2 WIMAX

WIMAX, 3.5 GHz (3400-3600) bandında çalışan BFWA teknolojisini kullanarak geniş band radyo erişimini sağlar. IEEE 802.16 standardı WIMAX'ı tanımlar. Tek bir baz istasyonu ile 50 km mesafeye kadar yüzlerce kullanıcı için 75 Mbps hız tanımlanabilir. WIMAX standartında çalışabilmek için uç terminallerde IEEE 802.16e standardını destekleyen kartlar bulunmalıdır. Hali hazırda fiyatları yüksek olan bu kartlar standartlaşma aşamasındadır.

2.1.3.3.3 Kablosuz Optik Laser

FSO teknolojisi ile kablosuz, uçtan uca, protokol transparan genişbant veri iletişimi sağlamak mümkündür. FSO teknolojisiyle, fiber kablolu ile ulaşılabilen gigabit hızlarına, kablosuz olarak ulaşılabilmektedir. Birbirini gören iki noktaya yerleştirilen optik cihazlar ile laser ışınlarını kullanarak kablosuz veri transferi sağlanır.

Free Space Optics'in çıkış noktası birçok teknolojinin çıkış noktası gibi askeri amaçlıdır. Ronald Reagan zamanı Amerika'sında tasarlanan ve dünya dışı saldırıları engellemek amacı ile Yıldız Savaşları projesi içinde geliştirilen iletişim projesi Lasercom ilk Free Space Optics örneğidir. Uzay ve yer arasındaki 2000 Km'lik mesafede %100 güvenli ve hızlı bir iletişim gerçekleştirmek amacıyla tasarlanan cihazlar birbirine gönderdikleri laser ışınları ile 2,5 Gbps'lik veri iletişimini sağlamıştır. 1996 yılında Free Space Optics teknolojisi ticari amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. FSO teknolojisi diğer kablosuz teknolojilerle karşılaştırılırsa aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir.

1. Radyo frekansı kullanmamaktadır. 800-1550 nm dalgaboyu ışığı kullanarak, yüksek bant genişliğinde laser ışınları ile veri iletişimi sağlarlar.
2. Radyo frekansını kullanmadığı için ITU standartlarında lisansa tabi değildir.
3. OSI Modelinin birinci katmanında (fiziksel katman) çalıştığı için tamamen protokol bağımsız ve transparandır.
4. Radyo frekansı kullanmak suretiyle çalışan diğer kablosuz teknolojilerin etkilendiği dış etkenlerden etkilenmez (Yağmur, kar, frekans kirliliği, v.b.).

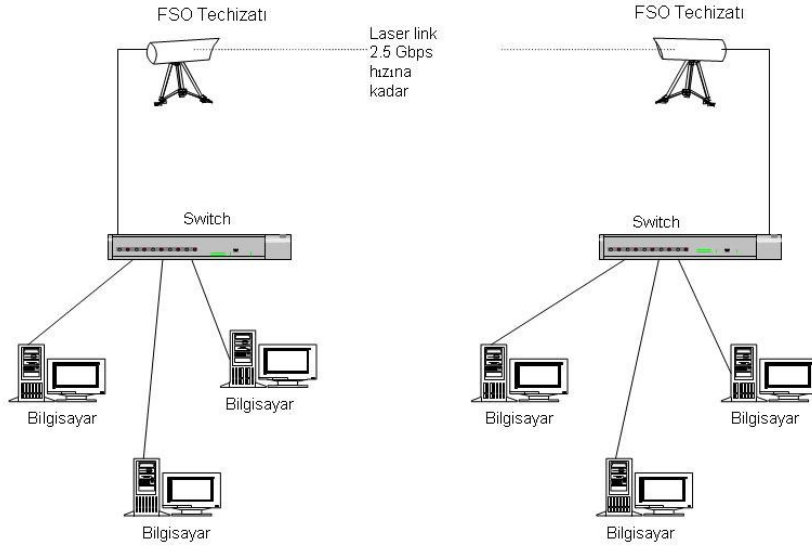
5. Radyo frekansı kullanmadığı için %100 güvenlidir. Çünkü noktadan noktaya (pointt-to-point veri transferi yapar ve atmosferde yayılma göstermez.
7. Full duplex çalışır.
8. Laser transmission terminaller, Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, E1/E3, STM1, STM4 ve diğer protokollerin tamamını desteklemektedir.
9. Gigabit mertebesine kadar olan ethernet standartlarında bant genişliklerini destekleyen başka bir kablosuz teknoloji bulunmamaktadır.
10. Kablolama ile ulaşılabilen bant genişliklerini sağlamak için gerek zaman gerekse maliyet açısından büyük avantajlar sağlayan FSO teknolojisi yüksek elde edilebilirlik özelliği ile yüksek bir performans sağlamaktadır.

5 Km ye kadar mesafeleri destekleyen çeşitli FSO ürünleri bulunmakta olup FSO her şeyden önce bir bölgesel alan çözümüdür. FSO ürünlerinin kurulumu çok kolay olup bina içindeki kablolanmanın hazır olması durumunda 1 gün içinde karşılıklı olarak servise verilebilmektedir.

Bina dışında kullanılan bir ürün olması sebebi ile her türlü hava koşuluna uygun olarak hazırlanmıştır. FSO cihazları birbirlerine gözle görülemeyen ve aynı zamanda göze zarar vermeyen düşük enerjili ışık demeti yollamaktadır.

Free Space Optics sisteminde gönderilen ışın demeti diğer taraftan son derece hassas alıcılar tarafından karşılanmaktadır. Bu hassas alıcılar lensler sayesinde gönderilen veriyi toplamaktadır. Çalışma prensibi her ne kadar noktadan noktaya ise de atlama noktaları yaratarak 5 km mesafe sınırını aşmak ve noktadan çok noktaya ve mesh yapılar oluşturmak da mümkündür.

Şekil 2.10'da FSO sistemleri ile birbirine 2.5 Gbps hızlarına kadar genişbant erişim ile bağlı iki yerleşim görülmektedir. FSO cihazların tipi hıza göre değişmektedir.



Şekil 2.10. Örnek FSO çalışması

2.2 Sayısal Televizyon ve Sıkıştırma Teknikleri

2.2.1 Sayısal Televizyon

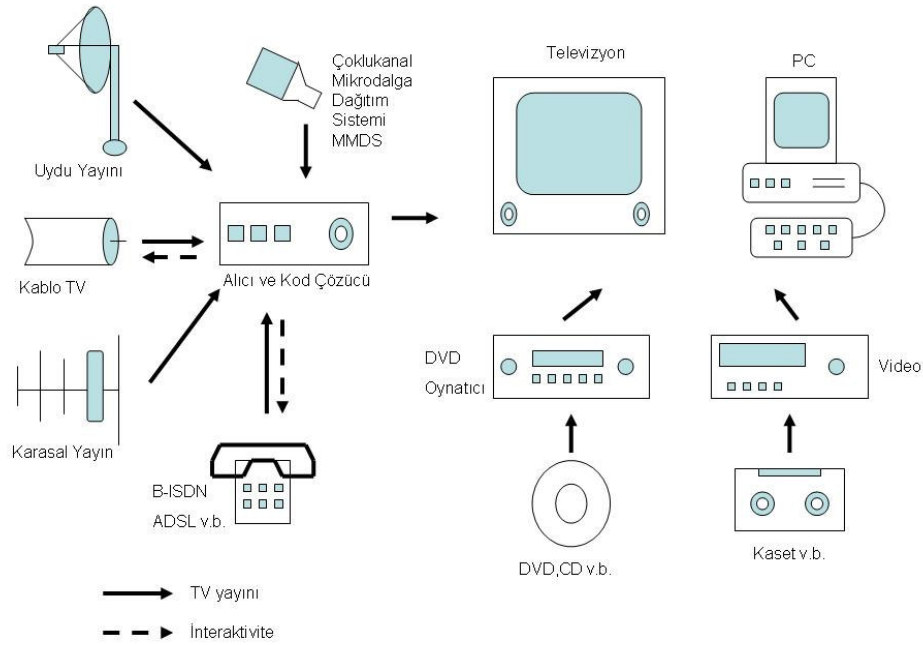
Son zamanlarda günlük hayatımızda çok kullanılan Sayısal (dijital) kelimesinin anlamı parmakla sayılabilen herhangi bir şey demektir. Teknolojik olarak ise “örneklenmiş, basamaklanmış ve ikili düzende (0 ve 1) sunulmuş” anlamına gelmektedir. Sayısal televizyonun elde edilmesi için ses ve görüntü sinyalleri önceden belirlenen örnekleme frekansları ile örneklenir ve yine daha önceden belirlenen adımlarda basamaklandırılır.

Sayısal televizyon bazen “Digital Television Broadcasting” (DTVB) bazen de “Digital Video Broadcasting” (DVB) olarak ifade edilir. Bunların tümü sayısallaştırılmış ses ve görüntü sinyallerinin veri sinyali gibi iletilmesini tarif eder. Bununla birlikte genelde bu veri sinyallerinin transmisyon ortamında taşınabilmesi için analog taşıyıcı sinyallerin üzerine modüle edilmesi yöntemi kullanılır. Buna göre sayısal televizyonun iletiminde analog sinyaller kullanılır (Reimers, 2001).

Sayısal televizyon yayıncılığının analog televizyon yayıncılığına göre aşağıda verilen avantajları bulunmaktadır.

- Sayısal karasal televizyon yayıncılığında analog yayın için kullanılan bant genişliğinden 4-6 sayısal yayının gönderilebilmesi,
- Sayısal uydu yayıncılığında, analog yayın için kullanılan band genişliği ile bir uydudan 6-9 arası sayısal yayın gönderilmesi,
- Analogdan daha üstün görüntü kalitesi,
- Analog yayında kapsanan aynı alanın, sayısal yayında daha düşük güçlü verici ile kapsanabilmesi ve dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanması,
- Programla birlikte veya programdan bağımsız veri iletiminin sağlanması,
- Etkileşimli televizyon yayıncılığına imkan tanınması,
- Karasal yayıncılıkta ülke çapında tek frekans ağı kurularak, frekans spektrumunun etkin bir şekilde kullanılması,
- Sabit, portatif veya mobil alıcılara kesintisiz ve kaliteli yayın alınabilmesi,

Sayısal televizyonun kullanıcı tarafından seyredilebilmesi için gerekli ekipman ve teknolojileri genel anlamda Şekil 2.11’ de görülebilir.



Şekil 2.11. Sayısal televizyon ekipman ve yayın teknolojileri

Çoğunlukla DVB, dağıtım, yayını alma ve yayının işlenmesi ile ilgili tüm ekipmanı içermektedir. Bununla birlikte görüntünün oluşturulduğu stüdyo teknolojisi ve gerçek görüntüyü kapsamaz.

DVB'nin iletilmesi için en uygun dağıtım sistemleri uydu ve kablo olarak görülmektedir. Karasal iletim ise bazı ülkelerde halen kullanılmaktadır. Sayısal televizyonun iletimi için en yeni düşüncelerden birisi de telefon kablolarını kullanmaktır. Cam fiberin uygun olan yerlerde kullanımı ise yayının daha yüksek bant genişliğinde taşınabilmesi yönünden en problemsiz yol olarak görülmektedir. Televizyon yayınının bant genişliğinin birkaç Mbps hızlarına inebilmesi, bakır kablo üzerinden aboneye sayısal televizyonun iletilmesinde, santral ile abone arasındaki bakır kablo mesafesinin birkaç kilometreye kadar çıkmasını sağlayabilecektir. Bunun yanında kablonun (bakır veya koaksiyel) çekilemediği yerlerde halen MMDS kullanılmaktadır. MMDS ile kablo TV kalitesinde yayın sağlanabilmektedir.

Ülkemizde de bu sistemler kurulmuş ve halen birkaç bölgemizde hizmet vermektedir. Ancak işletim yetersizliği nedeniyle kullanımı yaygınlaşmamıştır.

DVB kod çözücü, sayısal sinyallerin demodüle edilip çözülebilmesi açısından veri aktarımında kullanılan modemlerin yerini almaktadır. Kod çözücü bunun yanında kanal değişimini ve DVB yayının içine ilave bilgi eklenebilmesini de sağlamaktadır.

Bunun yanında kişisel bilgisayarlar klasik televizyon alıcılarının yerine geçme durumundadır. Ev kullanıcıları için bu durum uzak gözükmekle birlikte sayısal televizyonun iş uygulamalarında PC'ler televizyon olarak kullanılabilir.

Daha önceleri videokasetler ve günümüzde de VCD ve DVD'ler sayısal televizyonun kaydedilmesi için kullanılmaktadır. Ancak günümüzde televizyon, kod çözücü ve uydu alıcılarının üzerinde teknolojinin gelişmesi ile beraber hard disk kullanımı da yaygınlaşmıştır.

2.2.1.1 Sayısal Televizyon için Veri Hızının Azaltılması

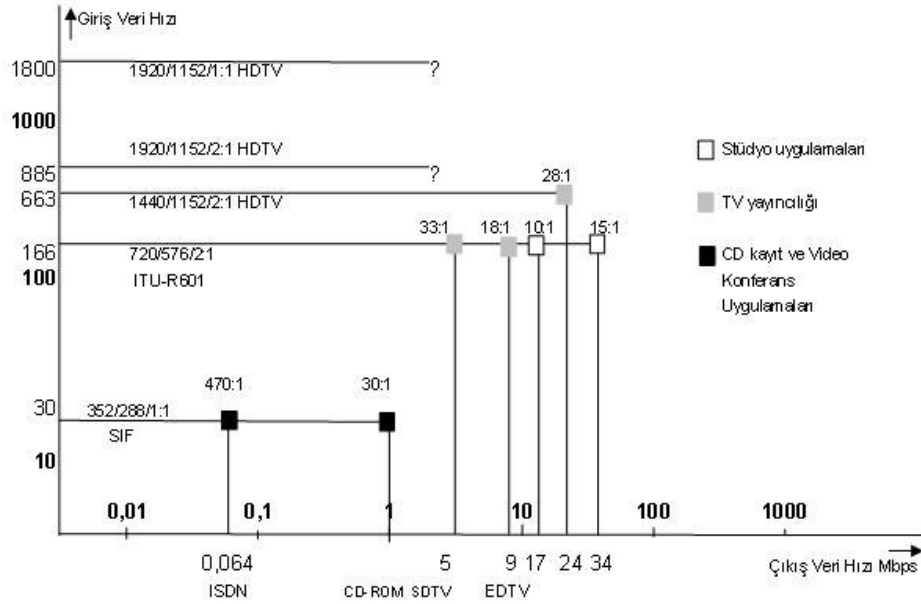
Televizyon sinyallerinin taşınması için ayrılan bant genişliği, iletim ortamına göre değişmektedir. Örneğin televizyon sinyallerinin uydudan alınarak kablo televizyon ortamından taşınmasında bant genişliği 40 Mbps, karasal yayın da ise 20 Mbps olmaktadır.

Ses sinyallerinde de CD kalitesindeki stereo sinyal için veri hızı 1.4 Mbps'dır. Bu nedenle ses için bile aşırı yüksek bir veri hızı ihtiyacı doğar ki bunu da etkili bir sıkıştırma tekniği ile azaltmak mümkün olacaktır.

Şekil 2.12'de görüntü sinyalleri için etkili veri sıkıştırması gösterilmektedir. Üç grup giriş veri hızı gösterilmekte olup buradaki değerler veri sıkıştırmasından önceki stüdyoda üretilen gerçek hızdır. Şimdiki stüdyo teknolojileri 166 Mbps hızını kullanmaktadırlar. Bu hız görüntü sinyallerindeki boşlukların çıkarılmasından sonra elde edilmektedir.

Şekil 2.12'de görülen “ □ ” simgesi kodlama teknikleri aracılığı ile sıkıştırılmayı sembolize etmektedir. Buradaki ISDN, 64 Kbps hızındaki video telefon uygulamalarındaki H.261 ve H.263 ITU-T tavsiyelerini göstermektedir. CD-ROM

ise video sinyallerinin CD-ROM üzerinde saklanması için gerekli sıkıştırma oranını göstermektedir. Standart tanımlı televizyon SDTV için 4-6 Mbps veri hızı yeterlidir (Reimers, 2001).



Şekil 2.12. Görüntü sıkıştırma teknikleri için örnek sıkıştırma oranları

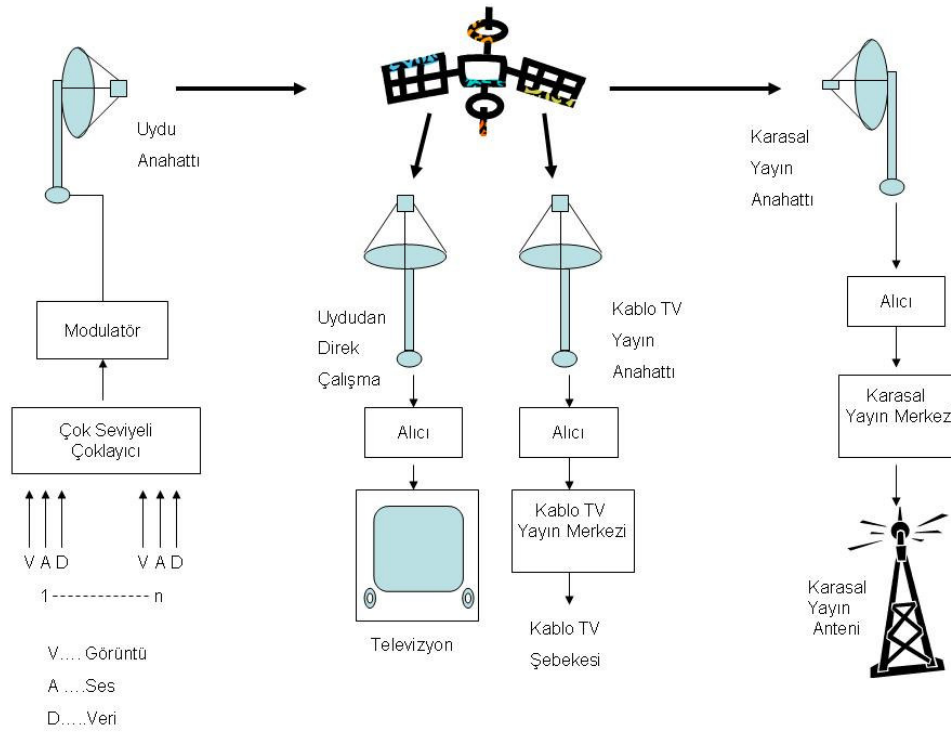
2.2.1.2 Kullanılan İletim Ortamları

Çoğu insan televizyon programlarının iletimini düşündüğünde muhtemelen ilk olarak akıllarına telsiz olarak ve direklerin üzerindeki antenler vasıtasıyla iletim yapan karasal yayın gelecektir. Bununla birlikte sayısal televizyonun karasal yayınlara iletilmesi için çeşitli sorunlar bulunmaktadır. Halen temiz kanallar analog yayın için kullanılmakta olup sayısal televizyon için kanal bulunması sorun olarak görülmektedir. Buna göre DVB'nin karasal yayını iletilmesini sağlamak için yayın standartlarında yeni teknik kavramların ve uzun dönemde yeni frekans kaynaklarının bulunması gerekmektedir.

1997 yazında, Chester’de, 30’dan fazla Avrupa ülkesi DVB’nin karasal yayını için gerekli olan frekans planlamasını başlatmak için tüm gerekli kuralları ve teknik parametreleri belirleyen çok uluslu bir anlaşma imzaladı.

1998 yazında ise Almanya Federel Hükümeti gelecekteki sayısal yayını konu eden ve “Sayısal Yayın Teşebbüsü” diye adlandırılan belgeyi yayınladı. Bu yayına göre 2000 yılında sayısal yayının karasal olarak başlaması ve 2010 yılında ise analog yayının sona ermesini öngörülmektedir.

DVB’nin uydu ve kablo ile dağıtımı uzun dönemde karasal yayından daha sorunsuz olarak görülmektedir. Şekil 2.13 DVB’nin uydu üzerinden dağıtımındaki muhtemel senaryoları göstermektedir.



Şekil 2.13 DVB’nin uydu üzerinden dağıtımındaki muhtemel senaryolar

Sıkıştırılmış ses, görüntü ve veri sinyallerinin 1den n'e kadar kanallar içinde tek tek çoğullanmasından sonra bunların hepsi bir veri içinde birleştirilirler. Uygun işlemlerden sonra bu veri uydu uplinkine transfer edilir. Uydu daha sonra bu veriyi direk olarak eve (DTH), kablo televizyon yayın istasyonlarına veya karasal yayın istasyonlarına yayımlar. Kablo televizyon yayın merkezlerinde alınan yayımlar evlere iletilir. Kablo televizyon yayın merkezlerine yayımlar sadece uydu ile gelmeyebilir. Uydunun yayında örneğin telekomünikasyon linkleri ile de bu yayımlar alınabilir (Klein, 2003).

2.2.1.3 Dünyadaki Standart ve Normlar

Sayısal televizyonun gelişimi sayısız sistem parçalarının, kodlama tekniklerinin, transmisyon parametrelerinin ve donanım parçalarının teknik özelliklerinin belirlenmesine önderlik etmiştir. MPEG, DVB gibi birçok organizasyon bu özelliklerin gelişmesine katkıda bulunmuştur. Bununla beraber ISO, IEC, ETSI, CENELEC gibi kurumlarda DVB nin gelişmesinde önemli rol oynamışlardır.

Sayısal televizyon ile ilgili ilk resmi çalışmalar 1993'de Bonn'da gerçekleşen DVB projesi adı altında 20 ülkenin katılımı ile başlatılmış, şu anda katılımcı sayısı 200'e ulaşmıştır. DVB projesi kapsamında yapılan çalışmalarda Tablo 2.3'de verilen standartlar belirlenmiştir.

Tablo 2.3. Sayısal Televizyon Yayıncılığı Standartları

Yayın Türü	Standart Adı
Sayısal uydu yayıncılığı (DVB-Satellite, DVB-S)	ETS 300 421
Sayısal kablo yayıncılığı (DVB-cable,DVB-C)	ETS 300 429
Sayısal karasal yayıncılık (DVB-terrestrial, DVB-T)	ETS 300 744

2.2.2 Görüntü ve Ses Sinyallerinin Sayısala Dönüştürülmesi

Kamera ve mikrofon gibi cihazlar, görüntü ve sesi analog olarak üretirler. Bu nedenle sinyaller zaman domeninde sürekli olarak işlenirler. Görüntü ve ses sinyallerinin analogdan sayısala çevrilmesi için bu sinyallerin önce belirli aralıklarda örneklenmesi, basamaklandırılması ve sonra kodlanması gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştiren cihazlara analog-sayısal dönüştürücü adı verilmektedir. Sayısal sinyalin izlenebilmesi için tekrardan analog sinyale dönüştürme işlemini yapan sayısal-analog dönüştürücü cihazlar kullanılır.

2.2.1.1 Örnekleme ve Basamaklama

Örnekleme işlemi Nyquist kriterine göre yapılmaktadır. Buna göre örnekleme frekansı analog sinyalin en yüksek frekansının iki katından düşük olmamalıdır. Buna göre analog sinyal önce bir önsüzgece verilir. Genellikle örnekleme frekansı Nyquist kriterinden daha yüksek seçilmektedir. Böylece frekans spektrumunda ana sinyal ile tekrarlanan sinyal arasındaki uzaklık artmaktadır.

Basamaklama ve kodlama için 2^b basamak seviyesi kullanılır. Buna b biti ile ikili kodlama adı verilmektedir.

2.2.1.2 Görüntünün Sayısala Dönüştürülmesi

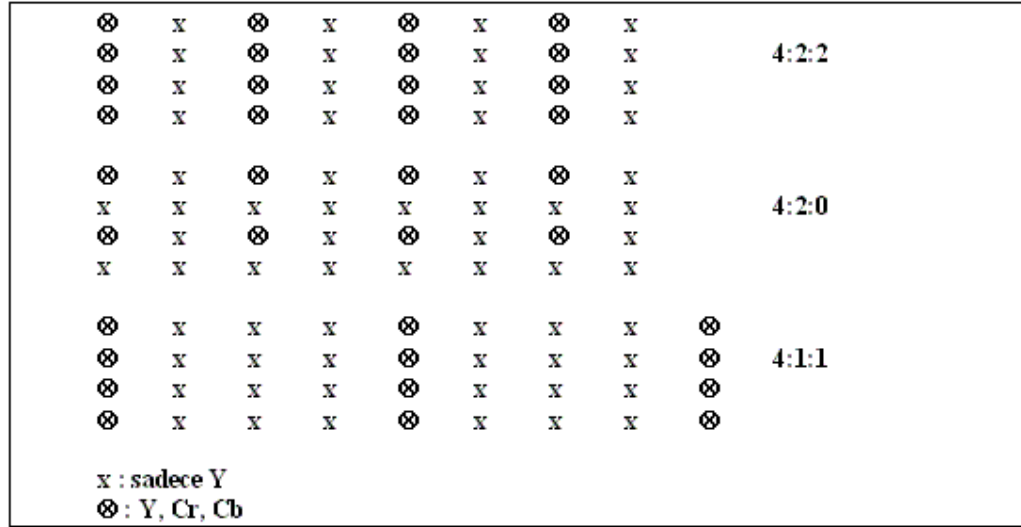
Renkli televizyon yayıncılığında renk bilgisi sinyalleri ile televizyon görüntüsü oluşturulmaktadır. Bu renk bilgisi sinyalleri kırmızı (R), yeşil (G) ve mavi (B) olarak adlandırılmaktadır. Y sinyali ise görüntü aydınlık bilgisini bize vermektedir. R, G, B ve Y temel bant sinyalleri için örnekleme hızı 13,5 MHz ve basamaklama biti ise 8 olarak standartlaşmıştır. Buna göre veri hızı her sinyal için $H_0=108$ Mbps olmaktadır. C_B ve C_R renk fark bilgisi sinyalleri için ise örnekleme hızı 6.75 MHz ve veri hızı $H_0 = 54$ Mbps olmaktadır. Y, C_b ve C_r sinyalleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. (Morgül, 2004)

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B \text{ aydınlık işareti}$$

$$C_b = 0,564 (B-Y) \text{ mavi renk fark işareti}$$

$$C_r = 0,713 (R-Y) \text{ kırmızı renk fark işareti}$$

Görüntü sinyallerinin örneklenmesinde kullanılan 4:4:4 biçiminde R,G, ve B sinyalleri her pikselde örneklenmektedir. Bunun yanında diğer 4:2:2, 4:2:0 ve 4:2:1 biçimleri ise Y görüntü parlaklık bilgisi sinyalini, Cr kırmızı renk için renk fark sinyalini ve Cb ise mavi renk için renk fark sinyalini kullanmaktadır. Bu biçimlerin örneklenme durumları Şekil 2.14’de gösterilmiştir.



Şekil 2.14 Görüntünün örneklenme biçimleri

Şekil 2.14’de, her piksel için x sadece Y sinyalini örneklediğini, x ve 0 işaretlerinin beraber bulunduğu pikselde ise Y, Cr, Cb sinyallerinin birlikte örneklediği anlamına gelmektedir. Buna göre;

4:2:2: Parlaklık sinyali her pikselde örneklenir. Cr ve Cb iki renk fark sinyali ise her iki pikselde bir örneklenir.

4:2:0: Parlaklık sinyali her pikselde örneklenir. Cr ve Cb iki renk fark sinyali ise yatayda her iki pikselde dikeyde de her iki satırda bir örneklenir.

4:1:1: Parlaklık sinyali her pikselde örneklenir. Cr ve Cb iki renk fark sinyali ise yatayda her dört pikselde dikeyde de her satırda bir örneklenir.

Buna göre görüntü sinyalinin RGB olarak iletiminde (4:4:4 biçimi) toplam veri hızı $H_{oTotal} = 324$ Mbps olmaktadır. Y/CbCr türü iletimde ise örnekleme hızı 6,75 MHz olduğundan dolayı (4:2:2 biçimi) toplam hız $H_{oTotal} = 216$ Mbps olmaktadır.

Genel olarak görüntü sinyalleri için sayısal dönüşüm bilgileri Tablo 2.4’de verilmiştir.

Tablo 2.4 ITU 601’e göre Görüntü Sinyalleri için sayısal dönüşüm karakteristikleri

Sinyal Türü	Saat [MHz]	b [bit]	H _o [Mbps]	H _{oTotal} [Mbps]	Biçim
R	13.5	8	108	324	4:4:4 ITU 601
G	13.5	8	108		
B	13.5	8	108		
Y	13.5	8	108	216	4:2:2 ITU 601
C _B	6.75	8	54		
C _R	6.75	8	54		

Basamaklama işlemi için 8 bit yerine 10 bit kullanmak da mümkündür. Ancak bu bant genişliği kullanımını arttırmaktadır. Çünkü bu durumda örnekleme hızı 13,5 MHz yerine 18 MHz olmaktadır. Bu nedenle bu kodlama bant genişliğinin önemli olmadığı uygulamalarda kullanılmaktadır. Son zamanlarda 18 MHz örnekleme hızı 16:9 görüntü formatı için önerilmektedir

2.2.1.3 Sesin Sayısala Dönüştürülmesi

Ses sinyalleri için yaygın olarak kullanılan standartları ve bunların örnekleme parametreleri ve veri hızlarını içeren bilgiler tablo 2.5’ de verilmiştir.

Tablo 2.5 Ses Sinyalleri için sayısala dönüştürme karakteristikleri ve veri hızları

Standart Adı	Saat [kHz]	H_{oMono} [kbps]	$H_{oStereo}$ [kbps]	Kullanım Alanı
DSR	32	512	1024	Sayısal Uydu Radyo
CD	44.1	706	1412	Ses CD
AES/EBU	48	768	1536	Profesyonel Ses Studio

32 ve 48 kHz saat frekansları 8 kHz’lik örnekleme frekansından üretilirler. 44.1 kHz frekansının elde edilmesi ise 625 ve 525 satır taramalı TV sistemlerinde nispeten kolaydır. Ses sinyallerinin sayısala dönüştürülmesinde genelde 16 ve 20 bit basamaklama seviyesi kullanılır. Sayısal ses sinyalleri için paralel bit işleme yönteminden başka seri bit iletimi yöntemi de kullanıcılar için uygun olmaktadır.

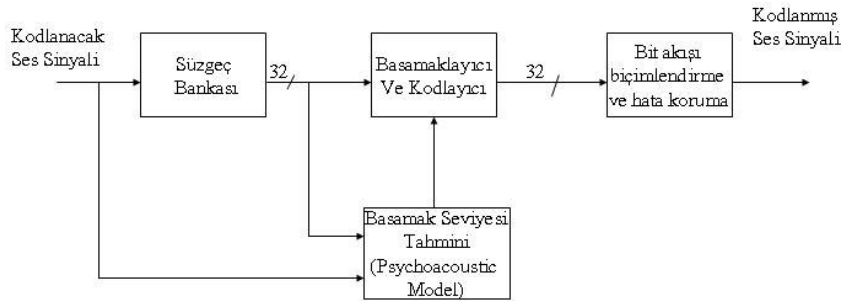
2.2.3 MPEG Kodlama Teknikleri

2.2.3.1 Ses Sinyalleri için MPEG Kodlama

Sayısal televizyon kavramı düşünüldüğünde sayısal ses sinyallerinin de bu kavram içine alınması gerekmektedir. Burada ses kalitesinin FM yayını gibi analog yayınlardan daha üst düzeyde olması gerekmektedir. Ancak sayısal televizyon yayınlardaki bant genişliği kısıtlamasından dolayı sayısal ses iletiminde de uygun bit hızı azaltımına gidilmelidir. Bununla birlikte ses sinyalleri sayısala dönüştürülürken içerik sağlayıcılar için çeşitli veri hız seçenekleri sağlamalıdır. Surround, stereo, v.b. bunlardan bazılarıdır. Buna göre içerik sağlayıcı bunlardan sistemlerine uygun olanı seçer.

Sesin kodlanmasındaki teknikleri MPEG ses grubu çalışmıştır. Bu grup ISO/IEC JTC1/ SC29/WG11 gruplarının bir yardımcı grubu olarak çalışmıştır. IS11172-3 (MPEG audio) ve IS13818-3 (MPEG2 audio) standartları bu grup tarafından oluşturulmuştur.

Analog ses sinyali örnekleme ve basamaklama işlemine tabi tutularak sayısal sinyale çevrilir. Genelde örnekleme hızı 48 kHz ve basamak seviyesi ise 16 bittir. Bunun sonucunda mono bir kanal için 768 Kbps hızında sayısal ses sinyali oluşur. Daha sonra kodlayıcı tarafından bu sinyal 100 Kbps civarındaki hızlara kadar sıkıştırılır. Alışta ise kod çözücü tarafından çözülen sinyal tekrar PCM sinyali olarak Sayısal-analog dönüştürücüye uygulanır ve analog olarak dönüştürülen sinyal hoparlöre verilir. MPEG ses kodlayıcısının temel yapısı aşağıdaki Şekil 2.15’de verilmiştir.

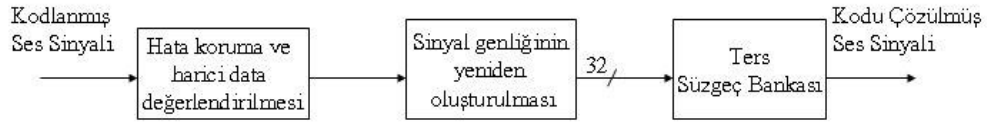


Şekil 2.15. MPEG ses kodlayıcısının temel yapısı

Kodlanacak olan ses sinyali önce süzgeç bankasına uygulanır ve burada 32 eşit bantgenişliğindeki frekans bandına çevrilir. ISO/MPEG standardı çokfazlı süzgeç bankasını burada kullanmak için sağlamaktadır. Eşzamanlı olarak bu 32 kanalın herbirine örnekleme yapılır. Buna göre örnekleme hızı sayısala çevirme sırasında otuzikinci frekansa kadar azaltılır. Bu sinyaller daha sonra basamaklama bölümüne girer. Burada her banttaki sinyal ayrı ayrı basamaklanır. Basamaklama gürültüsü hala maskeleye seviyesi altındadır çünkü insan kulağı tarafından algılanamaz. Basamak seviye tahmini (Psychoacoustic model) kısmında ise giriş sinyali ve filtre bankasından çıkan sinyaller alınarak değerlendirilir ve izin verilebilir basamaklama seviyeleri her altband için hesaplanır. Sonradan basamaklanmış örnekler bit akımı

içerisinde biçimlendirilir ve kodlayıcının sıkıştırılmış çıkışı oluşturulur. Hata koruma birimi seçime göre konulur (Reimers, 2001).

Kod çözücüde ise öncelikle iletim hataları düzeltilir. Daha sonra ses sinyalinin bir örneği yeniden oluşturulur. Yeniden oluşturulmuş 32 altband ters filtre bankasına taşınır ve burada tek bir frekans bandı içerisine birleştirilir. MPEG ses kod çözücü temel yapısı Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. MPEG ses kod çözücü temel yapısı

Yukarıda anlatılan ve ses için kullanılan kodlayıcı ve kod çözücü sisteminde elde edilen sıkıştırma oranı her alt band için kullanılan basamaklama seviyesinin uygun olarak belirlenmesine büyük oranda bağlıdır.

2.2.3.2 Görüntü Sinyalleri İçin MPEG Kodlama

Görüntünün sıkıştırılması mantığında, yüksek frekanslardaki renk değişikliklerini gözün çözümüleme yeteneğinin az olması vardır. Bundan dolayı her bir resim çerçevesinde ve çerçeveler arasında birçok fazlalıklar vardır. Sıkıştırma teknikleri ile bu fazlalıklar atılır ve sinyalin bant genişliği de böylece azaltılmış olur (Morgül, 2004). JPEG, temelde hareketsiz resimleri sıkıştırmak için kullanılır. Hareketli görüntüyü sıkıştırmak için MPEG kodlama kullanılmaktadır.

İlk olarak MPEG-1 standardı geliştirilmiştir. MPEG-1 kodlama genelde bilgisayar ve multimedia cihazlar için özellikle de görüntünün CD'ye depolanmasında (1,15 Mbps hızında) kullanılmıştır. MPEG-1 standartında öncelikle görüntünün kodlanmasında çözünürlük 352x288 pikselden fazla olmamalı; ve çerçeve hızı 30 Hz'i geçmemelidir.

MPEG-12'deki bu kısıtlamaları aşmak için 720x576 çözünürlüğü destekleyen ITU-R BT 601 standartı (MPEG-1+ veya MPEG-1.5) gelmiştir. Bununla birlikte

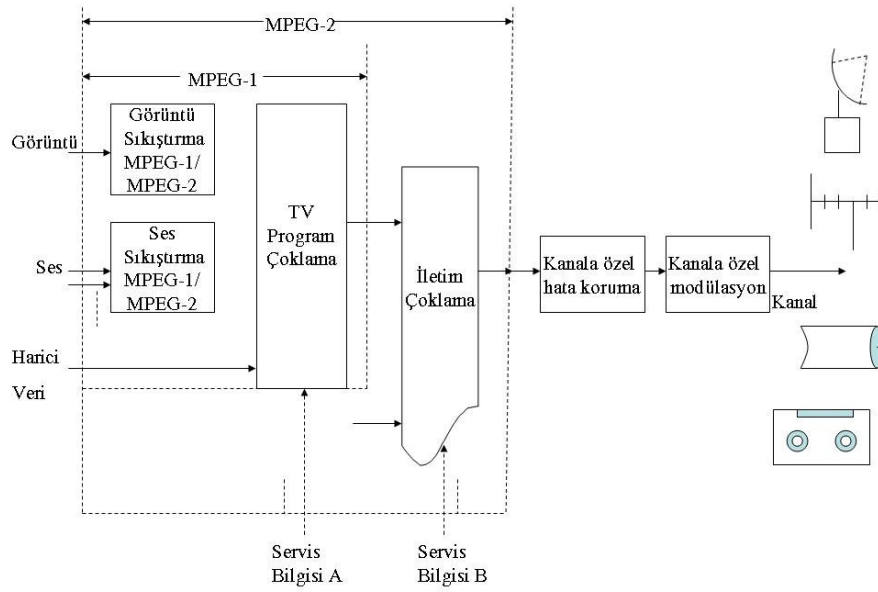
birbirine geçen tarama işlemi MPEG-1 'de desteklenmemiştir. Uygulamalarda bu işlem çok kullanılmaya başladığından bu işlemi destekleyen MPEG-2 standartı 1994 Kasım ayında yayımlanmıştır (Reimers, 2001).

Birbirine geçen tarama işlemini destekleyen MPEG-2 standartı televizyon sinyallerinin iletimi için oluşturulmuştur. MPEG-2 ile standart televizyon sinyalleri 15 Mbps hızlarında iletilebilmektedir. MPEG-2 ile ilgili son gelişmelerle birlikte bu hızın 5 Mbps hızlarına kadar kaliteyi koruduğu bilinmektedir (Skystream Networks, 2004).

Üçüncü seviye kodlama olan MPEG-3 standartı ilk başlarda Yüksek Tanımlamalı Televizyon (HDTV) için planlanmıştır. Ancak MPEG-2 nin HDTV yayınlarını iletilecek özelliklere sahip olmasından dolayı MPEG-3 standartına gerek kalmamış ve bu standart fazla kullanım alanı bulamamıştır.

MPEG grubu bu standartlar ile yetinmemiştir. Çünkü MPEG-2, HDTV'yi tanımlayabilmesine rağmen bunun iletimini 25-30 Mbps gibi hızlarda gerçekleştirebilmektedir. Bu nedenle bu hızların azaltılabilmesi için MPEG-4 standartı geliştirilmiştir.

MPEG-4 standartı ile HDTV sinyallerinin 8-10 Mbps, SDTV sinyallerinin ise 2 Mbps hızlarına kadar sıkıştırılabileceği bilinmektedir. Şekil 2.17 MPEG-1 ve MPEG-2 standartlarının genel bir görünüşünü vermektedir.

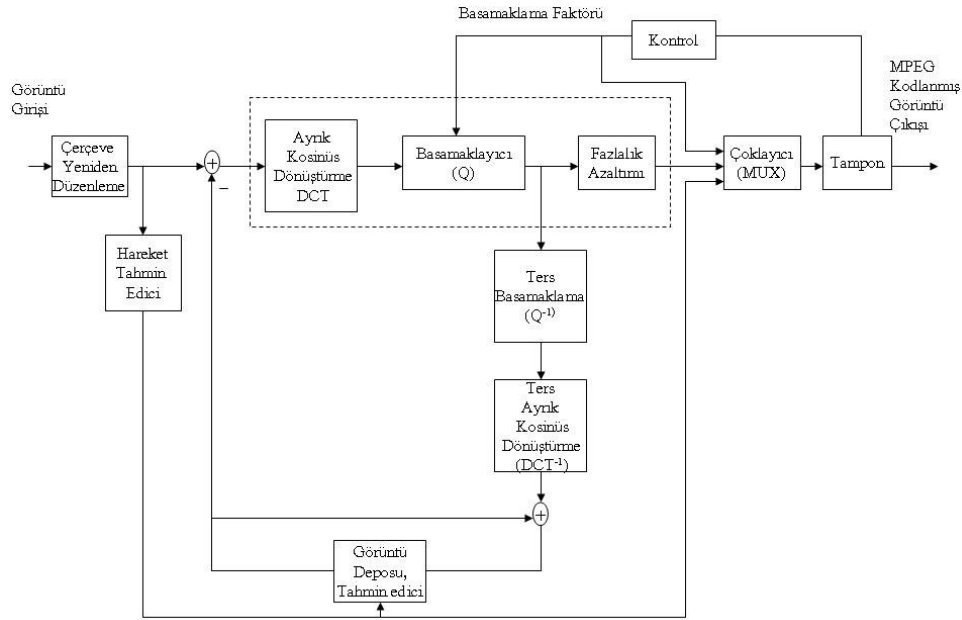


Şekil 2.17. MPEG-1 ve MPEG-2 standartlarının genel bir görünüşü

MPEG standartları televizyon yayınlarının iletimi için kullanıldığından sadece görüntü için geliştirilmemiş sesin sıkıştırılması da desteklenmiştir. Ayrıca fazladan videotext gibi diğer bilgilerin de MPEG sinyali içine alınması desteklenmiştir. Yani görüntü, ses ve diğer bilgiler çoklanıp sıkıştırılarak tek bir sinyal ile iletim ortamına verilmektedir. MPEG-1 ile görüntü, ses ve diğer veriyi içeren sadece tek bir program iletebilmektedir. MPEG-2 ile bunun yanında birden fazla program birleştirilerek tek bir sinyale dönüştürülebilmektedir.

MPEG standardı sinyalin iletim ortamına verilmeden önce uygulanabileceği hata koruma devreleri, yayına özel modülasyonlar ve buna benzer çeşitli bloklar ile ilgilenmemekte bunlar standart dışında kalmaktadırlar.

MPEG standartları, peşpeşe gelen görüntü sinyallerinin kalite ve sıkıştırma oranlarında bir değişiklik yapmadan, bu sinyallerin birbirlerine benzerliğini kullanmakta ve bu şekilde sinyal hızını azaltmaktadır. Şekil 2.18 bir MPEG görüntü kodlayıcının blok diyagramını göstermektedir.



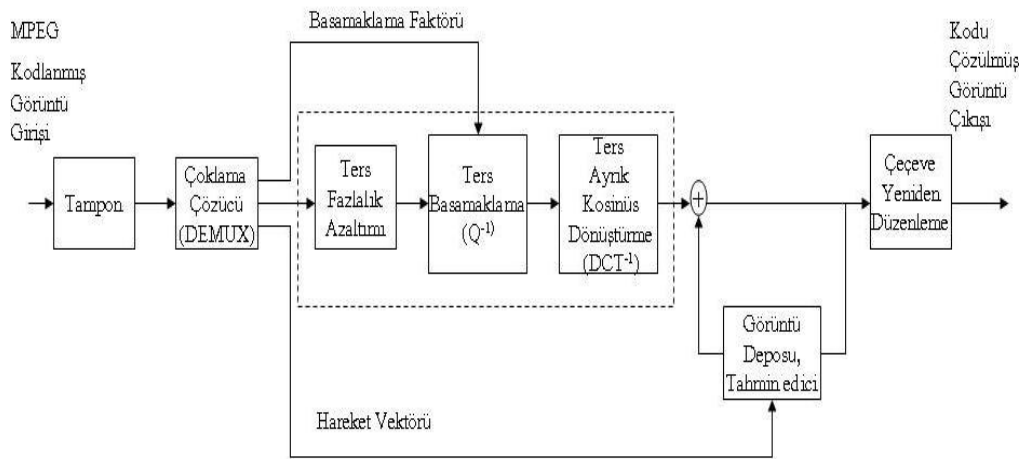
Şekil 2.18. MPEG kodlayıcı blok diyagramı

Merkezde bulunan ve kesikli çizgilerle gösterilen alanda Ayrık Kosinüs Dönüştürme (DCT), Basamaklama ve Fazlalık Azaltma blokları bulunmaktadır. Bunlar JPEG kodlama tekniğinde de aynen yer almaktadır. DCT bloğunda yapılan işlem şu şekilde açıklanabilir. Uzaysal alan içerisinde 8x8 piksellik orijinal blok, yine 8x8 piksellik blokta 64 katsayılı uzaysal frekans alanına dönüştürülür.

Bu alana gelen giriş görüntüsü önce 8x8 pikselden oluşan bloklara bölünür. Görüntünün örneklenmiş değerleri uzaysal frekans domenine dönüştürülür. Burada görüntünün tek tek frekans bileşenleri katsayılarla ortaya çıkar. Böylece sonraki basamaklama bloğu uzaysal frekanslara göre derecelendirme yapabilir ve bu da tekrar oluşturulacak görüntünün insan tarafından algılanabilir seviyede olması için önemlidir. Basamaklama bloğunda gereken işlemler yapıldıktan sonra veri hızının azaltılması için fazlalık azaltılması isimli bölüme sinyaller gelir ve sıkıştırılmış bit dizisi olarak buradan çıkarlar.

Görüntünün her blokta kodlanması için bir önceki görüntü ile en iyi şekilde eşleşme sağlanmalıdır. Bu da hareket tahmin edici adlı blok tarafından sağlanmaktadır. Kod çözücünün hareket bilgilerini çözerek tekrar oluşturabilmesi için hareket bilgisi de bit dizisi içerisinde iletilmelidir.

MPEG-2 kodlamanın JPEG'den önemli bir farkı da iletimin sabit bir hıza ayarlanabilmesidir. Kodlayıcının çıkışında giriş bilgisinin değişen hızını absorbe eden bir tampon bulunmaktadır. MPEG görüntü kodlayıcısına karşılık gelen kod çözücü ise şekil 2.19'da gösterilmektedir(Reimers,2001).



Şekil 2.19. MPEG görüntü kod çözücü blok diyagramı

Sabit veri hızıyla gelen MPEG kodlanmış görüntü sinyali girişteki tampon üzerinden alınır. Buradan çoklama çözücüye (demux) iletilir. Burada kodlanmış sinyal ile birlikte gönderilen harici veri ayrıştırılır. Bu harici veri ise genelde kod çözme için gerekli olan basamaklama faktörü ve hareket vektörüdür. Ters olarak yapılan fazlalık azaltım bloğunu ters basamaklama bloğu takip eder. Burada çoklama çözücüde ayrıştırılan basamaklama faktörü de değerlendirilmektedir. Ters DCT dönüşümü katsayıları uzaysal domene dönüştürür ve bunun üzerine tahmin değerleri eklenir. Bu adım için hareket vektörlerine ihtiyaç vardır. En sonunda kodu çözülen görüntüler doğru sıraya konur.

2.2.4 Sayısal Televizyon Yayın Teknikleri

2.2.4.1 Uydu Üzerinden Sayısal Televizyon Yayıncılığı

Televizyon yayınlarının iletiminde son 10 yıldır karasal ve kablo kullanımından başka uydu kullanımı da önem kazanmıştır. DVB için uydu kullanımı da büyük ölçüde önemlidir. Çünkü sayısal yayınların yeryüzü üzerinde bir noktadan başka bir noktaya iletilmesinde genel olarak uydu kullanılmaktadır. Uydular yeryüzünde her noktaya kolaylıkla erişim sağlayabilmektedir.

Uydu standartları DVB projesi ile geliştirilmiştir. ETSI 300 421 Avrupa standardı 01.01.1995 te yürürlüğe girmiştir.

Uydular televizyon yayınlarının dağıtımını gerçekleştirmek için ekvatorun yaklaşık 36.000 km üzerinde yörüngeye yerleştirilir. Dünyanın dönme süresi ile uydunun dönme süresi eşit olduğundan dünyadan bakıldığında uydu durağan gözüktür. Güneş rüzgarları veya dünyanın yerçekimi etkileriyle oluşabilecek yörüngeden sapmalar uyduda bulunan direksiyon jeti (steering jet) vasıtasıyla düzeltilebilir. Bu jetin miktarı genelde uydunun ömrünü belirler. Güneş pilleri ise elektronik ekipmanın enerji ihtiyacını karşılar. Bu yöntem kalıcı bir enerji sağlar fakat enerji seviyesi düşüktür. Bu nedenle uydudan yeryüzüne doğru yapılan yayın sınırlı bir güç ile verilebilir.

Televizyon yayınının uydudan iletilmesi için belirlenen frekans aralığı 10.7 GHz ile 12.75 GHz arasındadır. Gelecekte 21.4 ile 22.0 GHz arası da kullanılabilir. Uydu iletişimi bu yüzden karasal yayıncılıktan daha geniş bir frekans aralığına sahiptir. Ayrıca aynı frekanslar değişik yörüngelerde kullanılabilir.

Uydu üzerinde alıcı antenlerden alınan televizyon sinyalleri transponderlere tek tek dağıtılır. Bir transponder alıcı ve verici antenlerin arasına yerleşmiş ve bir numara içeren fonksiyonel bir ünedir. Bir transponder'e 26 ile 36 MHz arasındaki tipik bantgenişliği atanır ancak bu bazı uydularda daha büyük olabilir.

Transponder televizyon sinyallerini birleştirilir ve verici antenlere yönlendirilir Böylece televizyon sinyalleri tekrar yeryüzüne doğru iletilir. Verici antenler güçlü yönlendirilmiş karakteristiklere sahip antenlerdir. Bu sayede ana iletim yönünde yüksek güçlü yoğunluğa erişilebilir.

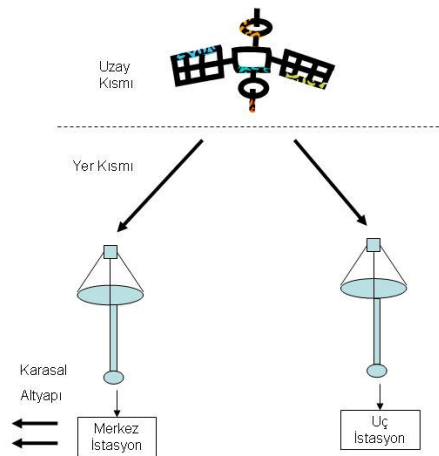
Uydu ve yer arasında kullanılan RF sinyali C-band, Ku-band ve Ka-band seviyelerini kullanır. Bu hattın verimli olarak kullanılabilmesi için aşağıda belirtilen etkiler önemli olmaktadır.

- Veri hızı
- Enterferans, zayıflama ve gürültü
- Yağmur oranı (İlave gürültü eklenir)
- Komşu uydulardan alınan enterfere sinyaller
- Alış anteninin büyüklüğü

Tüm uydu iletişim sistemleri genelde üç istasyon içerirler. Bunların iki tanesi Dünya üstünde bir tanesi ise uzayda bulunmaktadır. Şekil 2.20'de örnek bir uydu iletişim sistemi gösterilmektedir.

Şekil 2.20'de görüldüğü üzere Uydu İletişim Sistemi en azından üç bölümden oluşmaktadır.

1. Uzay Kısmı: Burada uydu sisteminin kendisi bulunmaktadır.
2. Merkez (Hub) İstasyonu: Burada karasal yayınlarla haberleşen, uydu sisteminin sunucuları yer almaktadır.
3. Uç (Terminal) İstasyon: Bu kısımda ise uydu vasıtası ile haberleşmesi sağlanan uç istasyon bulunmaktadır.



Şekil 2.20 Örnek uydu iletişim sistemi

1. Uzay Kısmı:

Transponder vasıtasıyla uydu, mikrodalga sinyalini dünyadan alır (uplink) , bu sinyalin frekansını değiştirir, kuvvetlendirir ve dünyaya tekrar iletir (downlink). Transponderler genellikle 33, 36 veya 72 MHz bantgenişliği kullanırlar. Genelde iki cins transponder vardır. Bunlar transparan ve yeniden oluşturucu olarak ayrılırlar.

Transparan transponderler iki türden basit olanıdır. Gelen sinyali kullandığı frekansa çevirir ve kuvvetlendirir. Burada sinyali ayrıştırmaz. Bu sinyalin içinde istenmeyen gürültü sinyalleri de bulunmaktadır. Bu nedenle bu sinyallerde kuvvetlendirilerek tekrar dünyaya gönderilirler.

Yeniden oluşturucu transponderler ise transparan olanların aynı özelliklerini içerirler. Fakat ayrıca gelen sinyali demodüle edip işleyen ve tekrar module ederek dünyaya gönderen donanıma da sahiptirler. Bunun iki türlü avantajı vardır. Birinci uyduya gelen sinyalin gürültüsü çıkartılır ve tekrar dünyaya gönderilmez. İkincisi ise gelen sinyalleri birleştirerek tek bir sinyal olarak dünyaya gönderebilir. Bu özellik özellikle DVB sinyallerinin uydu tarafından birçok merkezden alınarak tek bir yayın halinde kullanıcıya ulaşımını sağlar. Dünyada kullanılan transponderlerin çoğu daha basit olan transparan transponderlerdir.

2. Merkez (hub) istasyon:

Hub istasyonları anten, yapı içi birim ve yapı dışı birim gibi ünitelerden oluşmaktadır.

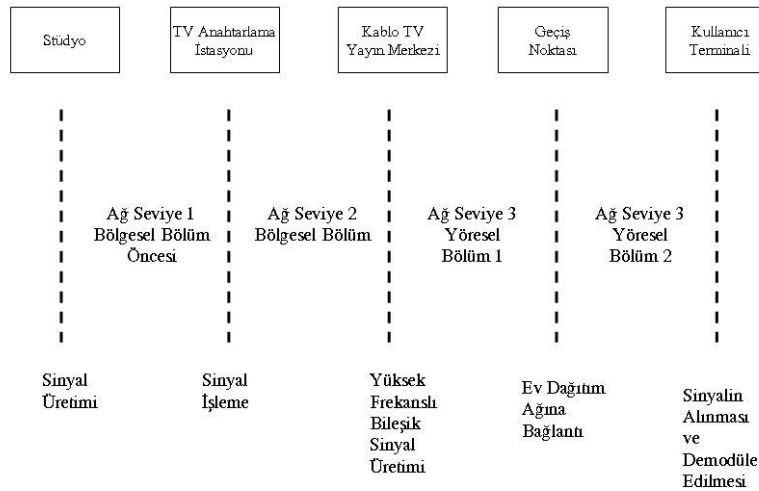
3. Uç (terminal) istasyon:

Burası merkez istasyonun yaptığı televizyon yayını alarak çeşitli yayın merkezlerine (kablo, karasal, v.s.) veya alıcı bağlantısıyla televizyona iletir.

2.2.4.2 Kablo Üzerinden Sayısal Televizyon Yayıncılığı

Sayısal televizyon sinyallerinin kablo üzerinden iletiminin özellikleri DVB projesinde, Ağustos 1993 ve Ocak 1994 tarihleri arasında düzenlenmiştir. 1994 baharında bu düzenlemeler ETS 300 429 kodu ile ETSI standardı olarak yayınlanmıştır. 1995 Haziran'da ise ITU tarafından bu çalışmalar önerilmiştir. Kablo temelli iletişim sistemlerinde, yayının oluşturulduğu stüdyodan ev kullanıcısına kadar televizyon yayını temel olarak 4 bölüm içerisinde iletirler. Bu bölümler basit bir yapıda Şekil 2.21'de gösterilmişlerdir.

Şekil 2.21’de gösterilen bölgesel bölüm öncesi, televizyon sinyalinin üretildiği stüdyodan iletimi için işlenerek dağıtımının yapılacağı anahtarlama istasyonuna kadar olan bölümdür. Bölgesel bölüm, anahtarlama istasyonunda dağıtımı yapılmış sinyalin kablo televizyon yayın merkezine ulaşabilmesi için gerekli olan bölgedir. Yöresel bölüm 1, kablo televizyon dağıtım ağını gösterir. Sonra gelen yöresel bölüm 2 ise evlere dağıtımın yapıldığı ağı göstermektedir. Ağ seviye 1 ve 2 bölümleri için genelde uydu yayıncılığı kullanılmaktadır. Ağ seviye 3 bölümünde günümüzde genelde fiber optik kablo sistemi kullanılmaktadır. Ancak fiber optik kablodan önce burada koaksiyel kablo kullanılmakta idi. Ağ seviye 4 bölümünde ise koaksiyel kablo kullanılmaktadır.



Şekil 2.21 Kablo televizyon sistemi yapısı

Kablo televizyon ağlarındaki bölgesel ağ kısmında uydu sistemlerinin yanında genişbant bilgisayar ağları da son zamanlarda kullanılmaktadır. Buna göre stüdyonun ve anahtarlama istasyonunun ATM veya IP ağlara bağlantıları yüksek hızlarda yapılmakta ve kablo televizyon yayın merkezine bu ağlar üzerinden iletilmektedir.

Kablo televizyon ağlarında yayın merkezinden kullanıcıya kadar olan bölümde geçmişte koaksiyel kablo kullanımı yaygın iken günümüzde ağ seviye 3 kısmında

fiber optik kablo kullanılmaktadır. Bu şekilde buradaki zayıflama ve aşağıda incelenecek olan istenmeyen durumların olması önlenmiş olacaktır. Fiber optik kablo yayın merkezinden çıkarak mesafeden bağımsız olarak yayın götürülmek istenen bölgenin uygun bir yerinde saha dolabında sonlandırılmaktadır. Bundan sonra ise ağ seviye 4 kısmında evlere koaksiyel kablo üzerinden yayınlar iletilir. Bu kısımda da ağ ağaç ve dallardan oluşan bir yapıda yeri geldiğinde kuvvetlendiriciler kullanılarak kullanıcıya bağlantı yapılır.

Kablo televizyon ağlarında genelde iletimler, modülasyon karışmalarından dolayı sınırlanmaktadır. Bu analog sistemlerde daha fazla etkili olmaktadır. Çünkü televizyon kanalları değişik frekanslarda module edilmektedir. Bunlar arasındaki etkileşim insan gözünün hissedebileceği ölçüde sinyali bozabilir. Bununla birlikte sayısal kablo televizyon yayınlarında bu etkileşim daha az hassastır.

Kablo televizyon ağlarında iletilen televizyon sinyalinin kötüleşmesine bir neden de gürültüdür. Analog televizyon iletiminde alıcıda istenen sinyal/gürültü oranı 44,5 dB civarındadır. Bu oran büyüdüğünde görüntü kötüleşmektedir. Bunun yanında iki ağ elemanı arasındaki kablo bağlantısı arasında yapılan ekde kayıplar oluşur. Televizyon sinyalinin kablo yolu boyunca iletilmesi ileri ilerleyen dalgalar gibi algılanır (Unger, 1986). Kablonun ucunda bulunan ağ elemanına gelen sinyal yansır ve bir kısmı tekrar geldiği yöne doğru yol almaya başlar. Bundan dolayı bu sinyale geriye hareket eden sinyal adı verilir. İleriye ve geriye giden bu sinyallerin genlikleri arasındaki oran, dönüş kaybı olarak bilinir. Kablo televizyon ağlarında kullanılan elemanlarda bu oran 15-20 dB olarak istenir.

Sayısal televizyon yayıncılığı ile ilgili standartlar kablo temelli iletim sistemlerinde kullanılmaya başladığında iki önemli husus ortaya çıkmıştır. Birincisi, ne kadar veri bilgisinin verilen bantgenişliği içerisinde hatasız olarak taşınabilmesi, ikincisi ise sinyal/gürültü oranının istenen seviyede olabilmesidir. Çeşitli modülasyon ve MPEG sıkıştırma teknikleri ile sayısal televizyon sinyallerinin sınırlı bantgenişliği içinde taşınması mümkün olmuştur.

2.2.4.3 Karasal Sistemler Üzerinden Sayısal Televizyon Yayıncılığı

Sayısal televizyon yayıncılığı için karasal iletim yöntemi (DVB-T), uydu ve kablo için oluşturulan standartlardan daha sonra oluşturulmuştur. Aralık 1995 tarihinde DVB-T ile ilgili standartlar yayınlanmıştır. Karasal iletim yöntemi uydu ve kablo yöntemlerinden çok daha fazla karışıktır. Şubat 2006 tarihinde ülkemizde ilk deneme yayınları Ankara ve İstanbul'da başlamıştır.

Televizyon sinyallerinin karasal vericiler yolu ile dağıtımının yapılması yayıncılıkta eski bir teknolojidir. Bu teknolojiye analog yayın teknolojisi kullanıldığından gürültü ve frekansların karışması sinyal kalitesini azaltır. Evdeki tipik sinyal alıcısı ise çatılara kurulan antenlerden yayını almaktadır. Bu antenlerin yönünde herhangi bir değişiklik sinyal kaybını çok arttırmaktadır. Sayısal televizyonun karasal iletiminde ilk versiyon olarak taşınabilir anten ile durağan sinyal alıcısı kavramını doğurmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 IPTV Kavramının Temelleri

IP temelli iletişim ve televizyon yayıncılığı artık birleşmeye gitmektedir. IP temelli televizyon yayın teknikleri (IPTV) yakın gelecekte önemli anahtar servisler olacaktır. IPTV yayıncılığında video ve ses yayınları, streaming teknolojilerini kullanarak IP temelli network üzerinden yayınlanır. IPTV, geleneksel ücretli televizyon (pay tv), canlı televizyon yayınları, izle-öde yayınları, VoD, PVR ve etkileşimli televizyon yayınlarının iki yönlü IP ağları üzerinden ve IP temelli set üstü cihaz (STB) kullanılarak kullanıcıya iletilmesidir (Open TV, 2005). Televizyon yayınlarının birden çok kullanıcıya aynı anda iletilmesi için IP network üzerinde çoklu gönderim protokolleri kullanılır (Cherry, 2005; Pannaway, 2004).

Çoklu gönderim özelliğinin kullanılması için IGMP ve çoklu gönderim (multicast) yönlendirme protokolu kullanılır. IGMP protokolu alıcıların çoklu gönderim grubuna katılımının sağlanması ve çoklu gönderim yönlendirme protokolu ise iletimin yapılabilmesini sağlar.

IPTV servisi karasal, uydu ve kablo televizyon yayınlarından birkaç noktada ayrılmaktadır. Geleneksel televizyon yayını teknolojisinde set üstü cihaz (STB) girişine tüm kanallar ulaşmaktadır. Kullanıcı kanal değiştirdiğinde STB girişinde hazır bulunan kanallardan istenen kanal kolaylıkla seçilir. IP temelli televizyon yayıncılığında ise genelde kullanıcı tarafında erişim oranı çok yüksek olan bakır kablo kullanıldığından dolayı, kanalların tümü son kullanıcıya kadar gelmemektedir. Bunun yerine ağ üzerinde bantgenişliği kısıtlaması bulunmayan ve çoklu gönderim desteği olan cihaza kadar tüm kanallar gelmekte ve son kullanıcı tarafından talep edilen kanal buradan seçilerek kullanıcıya iletilmektedir. Bu cihaz genelde DSLAM veya son yönlendirici (LHR) olabilmektedir.

IPTV ifadesiyle, internet üzerinden yapılan (MoiveLink veya CinemaNow siteleri gibi) yayınlar anlaşılmalıdır. IPTV ifadesi sadece iletişimin IP paketleri ile yapıldığı anlamına gelir (Haris, 2005).

3.2 IPTV Mimari Yapısı

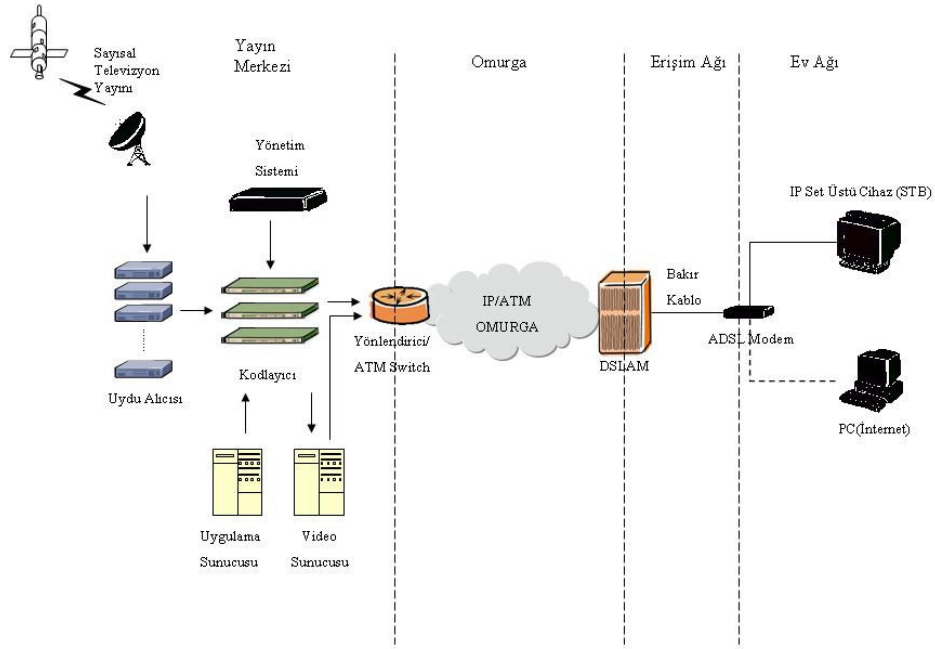
IP temelli televizyon yayınlarının mimarisi yayın merkezi, genişbant ağlar ve kullanıcı tarafı ağlar olarak üç kısımda incelenir (Cherry, 2005).

Yayın merkezi; televizyon yayınlarının uydudan veya studyodan alınarak MPEG kodlama teknolojileri yardımıyla kodlar. Dolayısıyla sıkıştırılarak bantgenişliğinin azaltılması yoluyla genişbant ağlara aktarılması görevlerini yerine getirir.

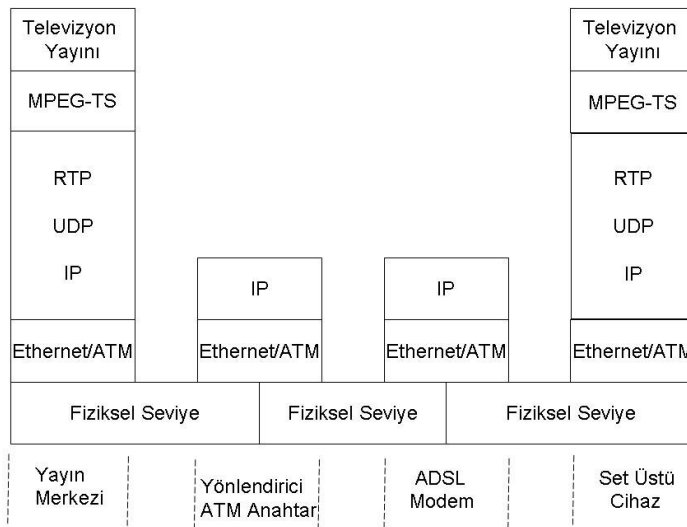
Genişbant ağları temel anlamda ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar omurga (core) ve erişim ağlarıdır. Omurgayı oluşturan ağlar temelde IP ve ATM ağlardır. Erişimi sağlayan ağlar içerisinde ise bakır kablo ve fiber kablo kullanılabilir. Bakır kablo kullanımında her eve erişim altyapısı hazır durumda olan DSL teknolojileri, fiber kablonun kullanılmasında ise metro ethernet teknolojisi kullanılmaktadır.

Kullanıcı tarafında ise ev içerisinde oluşturulan ağ sözkonusudur (SupportSoft, 2005) . Burada DSL modem evdeki bu ağı erişim ağlarına bağlayan arayüzü (home gateway) oluşturmaktadır. STB ise IP temelli olarak alınan televizyon sinyalini tekrar analog sinyallere çevirerek televizyondan izlenebilir duruma getiren son elemandır.

IPTV servisinin verilmesi için temel anlamda mimari yapı, yukarıda anlatılanların eşliğinde Şekil 3.1’de gösterilmiştir. IPTV servisinin verilmesi sırasında sayısal televizyon yayınlarının iletiminde kullanılan protokoller ise Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 IPTV temel mimari yapı



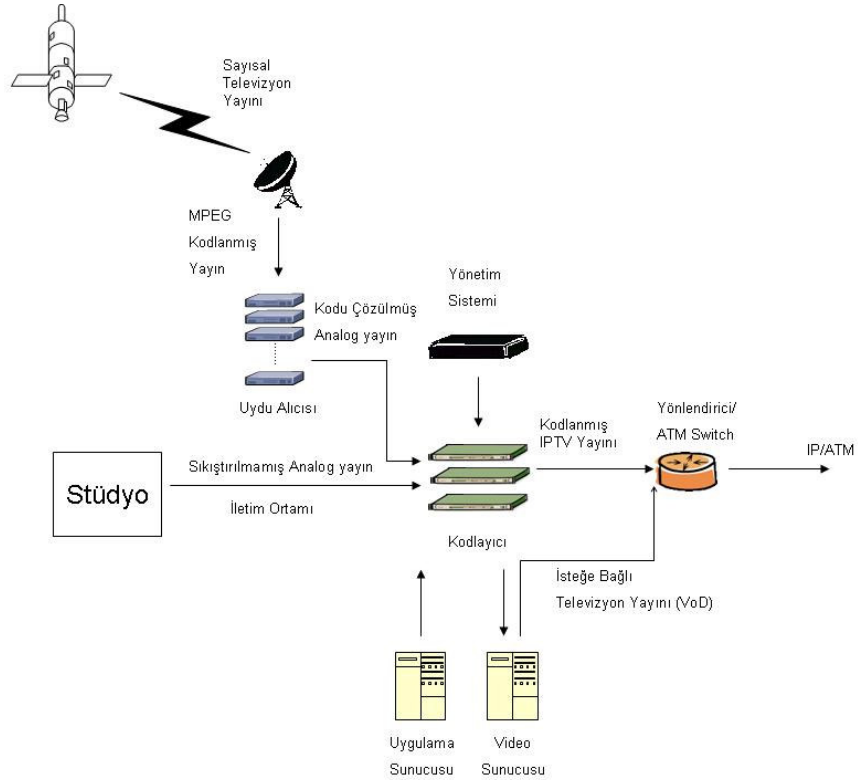
Şekil 3.2 IPTV çalışmasında protokol dağılımı

Şekil 3.2’de gösterildiği üzere, IPTV yayın merkezi televizyon yayını MPEG ile kodlar ve bir akış sinyali içerisine yerleştirir. MPEG paketleri RTP, UDP ve çoklu gönderim IP protokolleri kullanılarak paketlenir ve ağa doğru gönderilir (Myrio, 2003). RTP protokolu sadece VoD yayınlarında kullanılmaktadır. Sayısal televizyon yayınlarının iletilmesinde ise UDP ve çoklu gönderim IP protokolleri kullanılır. Çoklu gönderim desteği olan yönlendiriciler çoklu gönderim paketleri istek yapan alıcılara doğru yönlendirir. ATM protokolunun kullanılması durumunda ise noktadan çok noktaya protokolleri kullanılır. En son olarak DSL modem üzerinden de çoklu gönderim paketler istek yapan ip adresi kullanılarak ip temelli STB’ye yönlendirilir. STB ise MPEG kodlanmış televizyon yayının içeriğini çözer ve televizyona verir (Paradyne, 2005).

3.2.1 Yayın Merkezi

Yayın merkezi, IPTV servisinin verilmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü tüm televizyon sinyalleri IP paketlerine dönüştürülerek genişbant bilgisayar ağları üzerine buradan verilmektedir.

Yayın merkezi temel anlamda diğer sayısal televizyon yayın teknolojilerinin yayın merkezlerine benzemektedir. Ancak IPTV yayın merkezinde televizyon sinyalleri IP paketlerine dönüştürüldüğü için, IP protokolunun sağladığı etkileşimli teknolojileri ve katma değerli servisleri sağlamaktadır. Yayın merkezi içerisinde öncelikle canlı yayını uydu ve diğer iletişim yolları üzerinden alıp IP paketlerine dönüştüren kodlayıcı cihazlar bulunmaktadır. VoD yayını yapacak ve film içeriklerini sağlayacak olan VoD sunucular, güvenliği sağlayacak olan cihazlar, her müşteri için tanımlamaların yapıldığı ve kişisel bilgilerinin tutulduğu arayazılım, tüm sistemin yönetiminin yapılacağı yönetim sistemi yayın merkezi içinde bulunabilecek diğer cihazlardır. Bu cihazların tümünün yayın merkezinde olması beklenmemelidir. Verilecek servislere göre bunlardan bazıları yayın merkezine konulabilir. Yayın merkezinin genel bir yapısı Şekil 3.3’de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 IPTV yayın merkezinin temel yapısı

IPTV yayın merkezinde öncelikle televizyon yayınlarının alınması işlemi uydu üzerinden yapılmaktadır. Uydu üzerinden alınan televizyon yayını da MPEG kodlanmış bir şekilde uydu alıcısına gelmektedir. Uydu alıcısı her kanal için bir tane kullanılır. Örneğin 50 kanallık bir IPTV hizmetinde 50 tane uydu alıcısı, izlenmesi istenen kanala tek tek ayarlanır. Uydu alıcısının çıkışındaki analog televizyon yayını kodlayıcıya ayrı ayrı görüntü ve ses kablolarıyla bağlanır.

Uydu üzerinden alınan televizyon yayınlarının yanında yayın merkezine stüdyodan üretilen televizyon yayınları çeşitli iletim kanalları vasıtasıyla getirilebilir. Bu sırada yayın analog veya sayısal olarak taşınabilir. Ayrıca stüdyoda bir kod çözücü altyapısı varsa sinyal kodlanmış olarak da getirilebilir.

IPTV yayınlarının iletilmesinde kullanılan yayın merkezlerinin en önemli elemanlarından birisi de kodlayıcılardır. Uydu veya diğer iletim yöntemleri ile yayın merkezine getirilen televizyon yayınları kodlayıcıya ayrı ayrı kanallardan giriş yaparlar ve burada bantgenişliğinin azaltılması amacıyla önce sayısala çevrilir ve

sonra da kodlanırlar. Dünyada şu anda en çok kullanılan kodlama tekniği MPEG-2 olsa da MPEG-4 kodlama tekniği de gittikçe daha da artan bir oranda kullanılmaya başlamıştır. Genelde kodlamayı yapan cihazlar aynı zamanda streaming işlemini de yaparak televizyon yayınlarını IP paketleri haline dönüştürmektedir. Bu cihazların çıkışı Ethernet arayüz olabileceği gibi aynı zamanda ATM arayüz de olabilir. Eğer kodlayıcı çıkışındaki sinyal IP omurgayı kullanarak iletim yapacaksa Ethernet arayüz üzerinden bir yönlendiriciye bağlanılır ve buradan IP protokolünün özellikleri kullanılarak yayın izleyicilere dağıtılır. Eğer ATM protokolu ve özellikleri kullanılacaksa kodlayıcının çıkışı ATM arayüzü ile yapılır. Böylece ATM anahtara bağlanarak ATM omurgası üzerinden yayınlar iletilir.

Yayın merkezinde bulunan Video sunucuları üzerinde isteğe bağlı görüntü (VoD) hizmeti verilmektedir. Video sunucuları üzerinde yayınlanacak olan filmler tutulmakta olup bu sunucular doğrudan IP omurgaya bağlanırlar ve gerçek zamanlı protokoller kullanılarak izleyicilere filmleri iletirler. Genelde video sunucuları üzerinden aşağıda verilen servisler sunulmaktadır (Menon, 2004; HP, 2003).

- Filmler video sunucularında tutulurlar. Buna MoD adı da verilmektedir. Filmlerin yanında çizgi film ve belgesel gibi kısa süreli içerikler de burada tutulmaktadır.
- SVoD hizmeti de video sunucuları üzerinden sağlanır. Burada VoD'den farklı olarak kullanıcıların içeriklere bir kereliğine değil de belli bir süre boyunca (örneğin 1 ay) her istediği zaman ulaşması ve bir kere ücret ödemesi hizmeti verilir.
- nPVR servisi video sunucular üzerinden sağlanır.

Yayın merkezinde kullanılan uygulama sunucuları üzerinde ise IPTV hizmetinin verilmesini sağlayan uygulamalar ve ara yazılımlar çalışmaktadır. Bu sayede IPTV'nin sağladığı etkileşimli teknolojiler ve katma değerli servisler verilmektedir (Broadband Services Forum, 2004). Ayrıca her aboneye özel yayının yapılmasını sağlayan ara yazılımlar da burada yer alır (Myrio, 2003). Bu ara yazılımlarda genellikle abone başına lisans ücreti ödenmesi gerektiğinden dolayı kurulum ücreti yüksektir.

Yönetim sistemi yayınlanacak içeriğin yönetilmesini sağlar. Band genişliğini verimli kullanmak için ana yayın merkezinin yanı sıra çeşitli yerlerde de yayın merkezi kurulabilir. Uzak noktalardaki içeriğin yönetimi merkezden gerçekleştirilebilir.

3.2.2 Genişbant Ağlar

IPTV servisinin verilebilmesi için yayın merkezinden sonra televizyon yayınlarının genişbant ağlar üzerinden kullanıcıya taşınması gerekmektedir. Genişbant ağlar omurga ağlar ve erişim ağları şeklinde ikiye ayrılır. Omurga ağlar IPTV hizmetini veren Telekom firmasının şehriçi ve şehirlerarası binaları arasındaki ağlara verilen isimdir. Burada omurga ağını tüm kullanıcılar ortak olarak kullanmaktadırlar. Bu ağlar günümüzde en çok kullanım şekline göre ATM ve IP omurga olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu ağlar üzerinde kullanılan protokoller çeşitli olup kullanım şekline göre farklılıklar gösterir. Erişim ağları ise IPTV hizmetini veren Telekom firmasının son sistem binasından kullanıcının evine kadar bulunan ağlara verilen isimdir.

3.2.2.1 Omurga Ağlar

Omurga ağlar yukarıda açıklandığı şekilde en çok kullanılan türler IP ve ATM temelli omurga ağları olarak ikiye ayrılmaktadır.

3.2.2.1.1 IP Temelli Omurga

IPTV yayın merkezi omurga ağların kenarında yer alır ve genellikle kıyıda kullanılan yönlendiriciye bağlanır. Buna FHR denir. Çoklu gönderim yayınlar IPTV yayın merkezinden birkaç çoklu gönderim yönlendirici kullanılarak LHR'a iletilir. LHR evde bulunan DSL modemine bağlı olduğu ilk çoklu gönderim yapan yönlendirici ve yayın merkezinden bakıldığında son çoklu gönderim yapan yönlendiricidir. Çoklu gönderim sinyalleri IPTV yayın merkezinde oluşturulur. FHR'ı ağıdaki birkaç yönlendirici ve en son LHR'i geçer ve evdeki DSL modeme ulaşır.

IP temelli omurga üzerinde sayısal televizyon yayınları çoklu gönderim protokollerini kullanarak en az bantgenişliği kullanımını sağlar ve yayınları erişim ağlarına kadar iletir. Bu nedenle IPTV hizmetinin verilmesinde IP omurganın kullanımını ATM temelli ağlara göre daha avantajlıdır.

Çoklu gönderim, IP paketlerinin birden fazla adrese çoğullanmasını sağlayan bir teknolojidir. IPTV hizmetinin verilmesinde IP paketlerine dönüştürülen sayısal televizyon yayınları yönlendiriciler tarafından gruba dahil olan bir sonraki yönlendiricilere veya kullanıcılara bu teknoloji ile çoğullanır. Çoklu gönderim grupları için rezerve edilen IP adres aralığı 224.0.0.0'dan 239.255.255.255'e kadardır. Bu adres aralığı D sınıfı IP grubu olarak bilinir.

Kullanıcı çoklu gönderim grubu içerisinde dinamik olarak yer alır. Kanal değiştirme durumunda bir televizyon kanalı için oluşturulan gruptan talep edilen kanal için oluşturulan gruba geçiş yapar.

Çoklu gönderim standartları RFC 1112 ile tanımlanmıştır (Wegner, 2000). Çoklu gönderimin tekli gönderim ve broadcast teknolojilerinden farkı şu şekilde açıklanabilir. Tekli gönderimde IP paketleri sadece bir ip adresine gönderilir. Broadcast ise ip paketlerinin özel bir ağdaki tüm kullanıcılara yani ip adreslerine gönderilmesidir. Bu teknolojilerde grup kavramı yoktur.

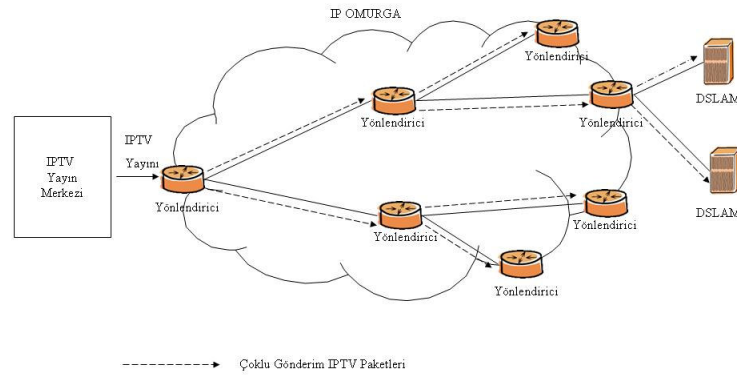
Çoklu gönderim teknolojisinde iletişim iki yönlüdür. Bir kullanıcı çoklu gönderim paketlerini hem alabilir hem de gönderebilir. Çoklu gönderim teknolojisi gruba katılım ve ayrılma işlerini yerine getirmek için IGMP kullanır. IGMP, genelde çoklu gönderim üyelik bilgilerinin komşu çoklu gönderim yönlendiricilere iletimi için kullanılır. RFC2236 ile tanımlanmıştır.

Üç çeşit IGMP mesajı vardır. Üyelik sorgulama mesajı ağ üzerinde üyeliğin bulunup bulunmadığının belirlenmesini sağlar. Üyelik rapor mesajı ise kullanıcıların gruba üyeliğini raporlar. Sonuncusu gruptan ayrılma mesajı da kullanıcının gruptan ayrıldığını haber verir.

IPTV hizmetinin verilmesinde IP omurga üzerinde IGMP mesajları yardımı ile televizyon kanallarının talep edilen noktalara ulaşımı sağlanır. Bir erişim ağına bağlantıyı sağlayan bir yönlendiriciye erişim ağından bir kanal talebi geldiğinde yönlendirici hali hazırda üstünde akışı olmayan yayını IGMP mesajları yardımı ile

bir üst yönlendiriciden talep eder. Bu şekilde ağ üzerinde hiç akmayan bir televizyon kanalı için istek IGMP paketleri yayın merkezi çıkışındaki ilk yönlendiriciye kadar gelir.

IPTV'nin IP temelli bir omurga ağında çoklu gönderim protokollerini kullanarak çalışma şekli Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. IPTV'de IP omurga üzerinde çoklu gönderim tekniği

Şekil 3.4'e göre IPTV yayın merkezinden IP paketleri haline dönüştürülerek çıkan televizyon yayınları çoklu gönderimi başlatacak olan ilk yönlendiriciye gelirler. Buradan IP omurgayı kullanarak erişim ağlarına, televizyon yayınlarının en kısa yoldan ve en az bant genişliği kullanımıyla iletimi çoklu gönderim protokolleri vasıtası ile sağlanır.

Çoklu gönderim uygulamalarının çoğu UDP temellidir (Cisco Systems, 2001). Çoklu gönderimin IP omurgalarında kullanımının avantajları aşağıda verilmiştir.

- Ağ trafiğini kontrol eder, sunucu ve CPU yükünü azaltır.
- Ağdaki performansı artırır.
- Çoklu gönderimi mümkün kılar.

Çoklu gönderimde kullanılan protokoller genel anlamda ikiye ayrılırlar. Bunlar yoğun modlu protokoller ve seyrek modlu protokollerdir. Yoğun modlu protokollerde trafik ağ boyunca ilerler ve istenmeyen noktalarda trafik kabul edilmez ve budanır. Seyrek modlu protokollerde ise trafik istenmeyen noktalara gönderilmez.

Yoğun modlu protokoller kısaca aşağıda anlatılmıştır.

- DVMRP: RIP benzeri bir protokoldür.
- MOSPF: OSPF protokolünün çoklu gönderime uygun hale getirilmiş bir şeklidir. RFC 1584 ile tanımlanmıştır.
- PIM DM: Statik yönlendirme, RIP, IGRP, EIGRP, IS-IS, BGP ve OSPF gibi tüm IP protokollerinin desteklediği protokolden bağımsız çoklu gönderim protokolüdür. Tüm ağa doğru çoklu gönderim yapılır ve üyeliği bulunan yönlendiriciler çoklu gönderim paketini alırlar.

Seyrek modlu çoklu gönderim protokolleri de aşağıda verilmiştir.

- PIM SM: RFC 2362 ile tanımlanmıştır. Seyrek modun özelliği olarak hiçbir yönlendirici veya kullanıcının çoklu gönderim paketlerini istemediğini varsayar. Sadece istek yapanlara bu paketleri gönderir.
- CBT: Grup üyeleri için sadece bir tek ağaç inşa edilir. Trafik hem iletimde hem de alımda aynı ağaç üzerinde akar.

Çoklu gönderim protokolleri içerisinde en çok kullanılanı olan PIM-SM protokolü, IPTV hizmetinin verilmesinde televizyon kanallarının iletimi için de en uygun olan yöntemdir.

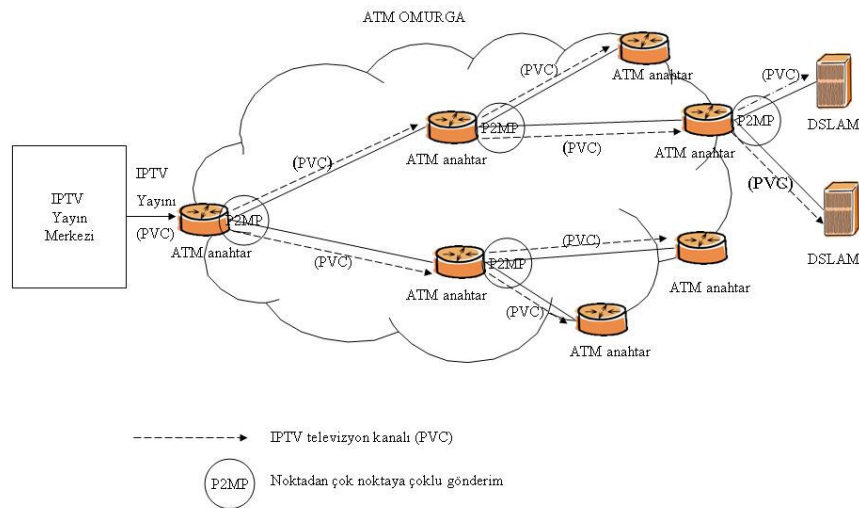
3.2.2.1.2 ATM Temelli Omurga

ATM omurgalar üzerinde de çoklu gönderim uygulamaları mümkündür. (Project P911-PF, 2000). Bu teknolojinin adına noktadan çok noktaya ismi verilmektedir. Bu iletişim şeklinde her ATM cihazı kendisine gelen çoklu gönderim trafiğini kopyalayarak bir sonraki ATM cihazına veya cihazlarına iletmektedir (Fahmy ve Jain, 1997). Fakat burada iletişim tek yönlü olarak düşünülmelidir. Çünkü çoklu gönderimi başlatan cihaza son noktadan bir paket akışı olamaz.

Paketler noktadan çok noktaya iletim şeklinde tüm tanımlanan noktalara ayrı ayrı kopyalanır. Aynı link içerisinde birden fazla kopyalanmış paket dolaşamaz. Çoklu gönderim linkleri işaretleme veya ağ yöneticisi tarafından kurulabilir veya değiştirilebilir.

Noktadan çok noktaya yönteminin kullanılması sonucunda aynı ATM anahtar üzerinde bir port üzerinde aynı ip paketinin birden fazla dolaşması önlenmiş olur. Bilindiği üzere ip paketleri bir ATM ağ üzerinde PVC'ler içerisinde taşınmaktadır. Bu nedenle noktadan çok noktaya iletim PVC'ler bazında yapılmaktadır.

IPTV servisinin verilmesinde ATM omurga üzerinden yayın yapılabilmesi büyük önem arz etmektedir. Çünkü tüm dünyada hala en çok kullanılan omurga çeşidi ATM omurgalardır. Ülkemizde de ATM temelli Turpak ve TNet ağları bulunmakta ve ülke içerisindeki veri haberleşmesinin büyük bir kısmı buradan yapılmaktadır. IPTV servisi verilirken ATM omurga kullanılması durumunda taşınacak her televizyon kanalı için bir tane PVC tanımlanması gerekmektedir. Şekil 3.5'te IPTV yayınında ATM ağın kullanılmasında noktadan çok noktaya çoklu gönderim teknolojisinin nasıl kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 3.5. IPTV'de ATM omurga üzerinde çoklu gönderim tekniği

Şekil 3.5'te görüleceği üzere IPTV yayın merkezinden sayısal televizyon yayını ATM omurgaya doğru PVC içinde taşınarak çıkmaktadır. ATM ağ üzerinde, IP temelli çoklu gönderim protokollerinde olduğu gibi grup oluşturulması ve yayınların bu gruplardan talep edilmesi şeklinde akıllı bir teknoloji yoktur. Bunun yerine ağ yöneticisi IPTV yayınının gitmesi gereken noktaya önceden tanımlamalar yaparak akış durumunu oluşturmaktadır. Tüm kanallar için bu yöntem ayrı ayrı yapılmaktadır. Böyle bir yapıda ATM ağ içerisinde talep olmasa da yayınlar kullanıcıların erişim sağladığı tüm DSLAM cihazlarına götürülmektedir.

3.2.2.2 Erişim Ağları

IPTV yayınında erişim ağları, IPTV servis sağlayıcısının son sistem binasından kullanıcı ağına kadar olan bölümü kapsamaktadır. Bu kısımda genişbantlı bir erişimin bulunması gerekmektedir. Çünkü IPTV yayınının yapılabilmesi için en az 2 Mbps hızında bir bant genişliğine ihtiyaç vardır. Buna göre evlere erişim sağlayan ağların geniş bantlı bir erişim olması gerekmektedir. Bugün tüm dünyada evlere genişbant erişimin sağlanmasında bakır altyapıyı kullanan xDSL teknolojileri kullanılmaktadır. Bakır altyapı tüm dünyada evlere en çok ulaşım sağlayan altyapıdır. xDSL teknolojileri de bu altyapıyı kullandığı için evlere genişbant erişimini en yoğun bir biçimde sağlamaktadır.

Bakır altyapının yanında evlere fiber kablo üzerinden de erişim sağlanabilmektedir. Bu teknolojiye FTTH adı verilmektedir. Bu durumda bant genişliği sorunu olmadığından dolayı daha kaliteli sayısal televizyon yayınları verilebilmektedir.

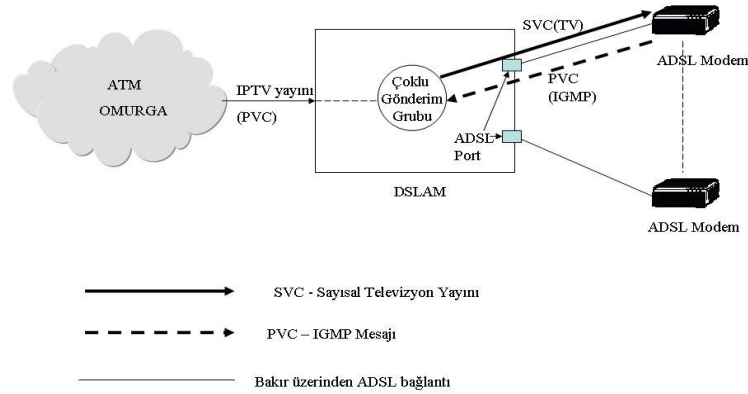
3.2.2.2.1 xDSL Erişim Ağları

IPTV servisinin verilmesinde erişim ağlarında en çok kullanılan teknoloji ADSL'dir. Evlerde kullanılan ADSL modem erişim ağı ile ev içerisindeki ağ arasında ara geçişi sağlamaktadır.

Bilindiği üzere ADSL modem ile DSLAM arasındaki iletişim ATM temelli olup veri aktarımı ikinci seviyede PVC'ler yolu ile sağlanmaktadır. IPTV servisinin verilebilmesi için DSLAM ile ADSL modem arasında sayısal televizyon yayınının iletildiği ayrı bir PVC tanımlanması yapılır.

DSLAM'ların omurga ağlara bağlantısını sağlayan uplinkleri ilk başta ATM temelli olarak üretilmesine rağmen daha sonradan IP temelli omurgaların yaygınlaşmasından sonra uplinki Ethernet olan ip temelli DSLAM'lar (IPDSLAM) üretilmiştir. Eğer omurga olarak ip omurga kullanılacaksa erişimi sağlayacak olan DSLAM'ın da IPDSLAM olarak kullanılması uygun olmaktadır. Ancak IPDSLAM'larda da DSLAM ile ADSL modem arasındaki haberleşme ATM temelli olarak PVC'lerle yapılmaktadır.

Şekil 3.6 'da IPTV yayınında ATM uplinkli bulunan DSLAM ile ADSL modem arasındaki iletişim gösterilmiştir.



Şekil 3.6. ATM Uplinkli DSLAM üzerinden IPTV yayını

Şekil 3.6'da görüldüğü üzere ATM uplinkli bulunan bir DSLAM üzerine IPTV servisi içerisinde yayını yapılan tüm kanalların ayrı ayrı PVC'ler içinde gelmesi gerekmektedir. Ancak tüm bu PVC'leri düzenli olması amacıyla tek bir sanal yol (VP) içerisinde toplamak mümkündür. DSLAM üzerinde bulunan çoklu gönderim desteğini kullanarak son kullanıcıya bu sayısal televizyon yayınlarından sadece talep edileni gönderilir. Öncelikle tüm sayısal televizyon kanalları için DSLAM üzerinde çoklu gönderim grupları oluşturulur. Daha sonra IPTV hizmetini talep eden tüm müşteriler için internet erişimi haricinde bir adet SVC ve bir adet PVC tanımlanır. Televizyon yayını tanımlanan SVC üzerinden, IGMP mesajları ise PVC üzerinden

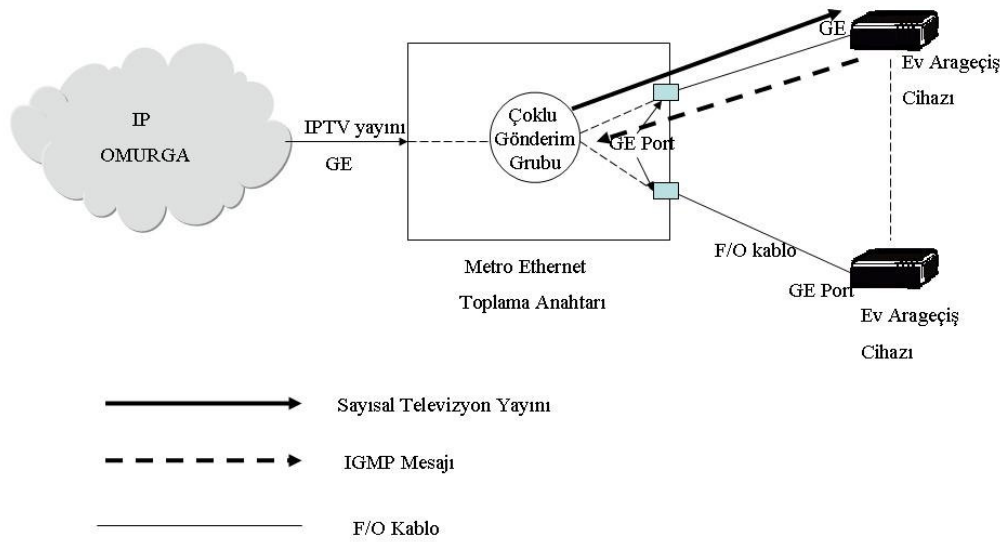
gönderilir. Bu nedenle SVC'nin bant genişliği televizyon yayınının sıkıştırılma hızına göre tanımlanmalıdır. Örneğin yayın merkezinde kodlayıcı çıkışında 2Mbps hızında tanımlanan bir televizyon kanalı için SVC hızı en az 2 Mbps olarak tanımlanmalıdır. PVC'nin bant genişliği IGMP paketlerinin düşük bant genişliği kullanmasından dolayı düşük bir hızda tanımlanabilir. PVC'ler tanımlandıktan ve çoklu gönderim grupları oluşturulduktan sonra ADSL modem üzerine Ethernet bacağından yani ev ağından gelen IGMP istekleri PVC üzerinden çoklu gönderim grubuna eriştirilir. Burada ADSL modem IGMP Proxy görevi yapar ve IGMP paketlerini bir üstteki çoklu gönderimi yapan DSLAM'a iletir. Çoklu gönderim grubu ADSL modem üzerinden gelen isteğin hangi port üzerinden geldiğini bilir ve talep edilen televizyon kanalını o porta doğru oluşturduğu SVC üzerinden gönderir. Bu SVC üzerinden UDP protokolu ile taşınan televizyon yayını IP paketleri modem üzerinden ev ağına doğru iletilir.

DSLAM'ın gigabit Ethernet arayüzü ile IP omurgaya bağlanması durumunda yani IPDSLAM kullanılması durumunda ise çoklu gönderim gruplarının oluşturulması ve IGMP isteklerinin işlenmesi daha da kolaylaşmaktadır. IPDSLAM'larda da DSLAM ile ADSL modem arasındaki iletişim ATM protokolleri ile yapılmaktadır. Ancak IPDSLAM'ın ilk girdiği abone portunda bu paketler IP paketlerine çevrilmekte ve IPDSLAM içinde ATM paketleri dolaşmamaktadır. Bu sayede IPDSLAM cihazının içerisinde de çoklu gönderim grupları abone kartlarında oluşmakta ve IPDSLAM cihazı içerisinde birden çok aynı IPTV paketinin dolaşımını engellemektedir.

3.2.2.2.2 Fiber Optik Erişim Ağları

Bakır üzerinden evlere ve işyerlerine erişimin dünya üzerinde çok yaygındır. Ancak bakırın bant genişliği sınırlaması ve çevre koşullarından etkilenerek çabuk arıza yapması gibi kötü yanları vardır. Bu amaçla fiber optik kablunun işyerlerinde ve evlerde kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Fiber optik kablo üzerinden erişimin sağlanmasında genellikle Metro Ethernet teknolojisi kullanılmaktadır.

IPTV hizmetinin verilmesinde evlere erişimde Metro Ethernet teknolojisinin kullanılarak her eve fiber optik kablo çekilmesi zordur; yine de dünyada bunu yapan ülkeler vardır. Örneğin İtalya’da IPTV hizmetinin verilmesi amacıyla 300.000’den fazla eve fiber optik kablo çekildiği bilinmektedir. Şekil 3.7’de fiber optik kablonun erişimde kullanılması durumunda IPTV servisinin nasıl verilebileceği incelenmiştir.



Şekil 3.7. Fiber erişim üzerinden IPTV yayını

Burada görüldüğü üzere servis sağlayıcının binasında bulunan Metro Ethernet toplama anahtarı gigabit Ethernet (GE) portları üzerinden tüm kullanıcılara erişimi sağlamaktadır. Her aboneye bir tane GE port tahsis edilebileceği gibi 100Base FX portu da kullanılabilir. Metro Ethernet toplama anahtarı çoklu gönderim protokollerini ve IGMP üzerinden haberleşmeyi desteklemektedir. Bu nedenle çoklu gönderim grupları burada oluşturulur ve kanal geçiş istekleri burada işlenir ve kullanıcıya istediği kanal buradan gönderilir. Ev ara geçiş cihazına gelen televizyon yayını buradan ev ağına aktarılır.

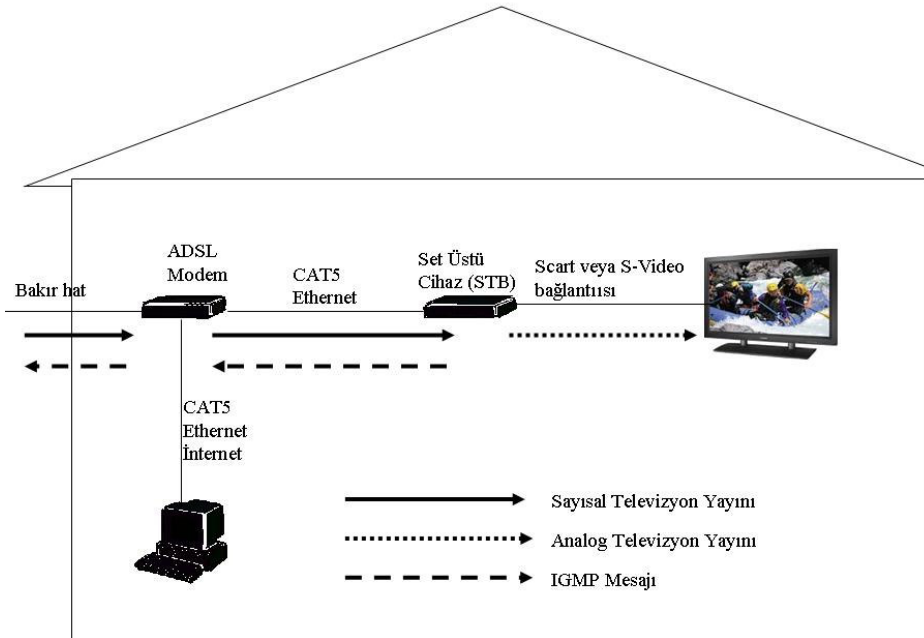
Fiber kablonun IPTV hizmetinde evlere erişimde kullanılması durumunda bant genişliği problemi olmadığından dolayı yayınların tümünün eve kadar götürülmesi de mümkün olmaktadır. Bu çözümde ev ara geçiş cihazı üzerinde çoklu gönderim grupları oluşturulabilir.

Fiber kablonun kullanılması halinde uygulanabilecek bir çözüm de evde aynı anda birden fazla televizyon kanalının aynı anda seyredilebilmesidir. Bant genişliği sorunu olmadığından dolayı evde tek bir IPTV servisi ile birden fazla yayının seyredilebilmesi mümkün olmaktadır.

3.2.3 Ev İçi Ağlar

IPTV servisinin son aşaması, kullanıcının ev içerisinde kullandığı ağlar ve set üstü cihaz (STB) olarak görülmektedir (SupportSoft, 2005). Ev ara geçiş cihazı ile STB arasındaki bağlantı genelde bakır Ethernet 10/100 Base TX olmaktadır.

Şekil 3.8’de ADSL üzerinden verilen bir IPTV servisinde ev içi ağların genel bir görünümü verilmiştir.



Şekil 3.8. Ev içi ağların genel bir görünümü

Şekil 3.8’de görüleceği üzere ADSL modem üzerine gelen MPEG ile kodlanmış ve IP paketlerine dönüştürülmüş sayısal televizyon yayını ADSL modem üzerinden STB’ye doğru Ethernet üzerinden aktarılır. Burada kullanılan STB IP temelli bir IPSTB’dir. Yani ip paketleri ile gelen MPEG kodlanmış sinyali alır, MPEG kodu çözer ve analog televizyon yayını televizyona verir (Cherry, 2005).

Ev içi ağın girişinde bulunan ADSL modem IPTV servisi için kullanılacaksa 4 ethernet portlu olan modeli tercih edilmelidir. Çünkü bir porta STB ve bir porta bilgisayar olmak üzere en azından 2 tane Ethernet port gereklidir. Ayrıca IGMP paketlerini bir üst çoklu gönderim cihazına aktarabilmek için IGMP Proxy özelliğine sahip bulunmalıdır. IPTV yayını STB üzerine iletebilmek için ADSL modem köprü (bridge) moda tanımlanır. Buradan hem IPTV paketleri hem de IGMP paketleri geçer. Bu modeme çoğu yerde Home Gateway adı da verilmektedir.

Ev içi ağ içerisinde bulunan STB’nin girişi genelde 100Base Tx Ethernet olarak kullanılır (Lonigro, 2002). IPTV servisinin verilmesinde kullanılan STB’ler çok çeşitli olmakla birlikte en önemli özelliği yukarıda söylendiği şekilde ip temelli olmasıdır (Intellon, 2005). STB üzerine ADSL modem özellikleri koyulabilir. Bu durumda STB doğrudan eve gelen bakır kabloya bağlanabilir ve bu şekilde ev içi ağın tamamını STB oluşturur. (Philips, 2005)

STB üzerine ses ve görüntü kayıtları yapmak amacıyla hard disk koyulabilir (PVR). Ancak bu STB maliyetini önemli derecede arttıran bir durumdur. STB’ları IPTV servis sağlayıcısı genelde abonelere ücretsiz verdiği için maliyetin artması servis sağlayıcısı tarafından pek tercih edilmez. Bunun yerine ağ temelli kayıt yöntemleri (nPVR) tercih edilir.

STB bunların yanında kopyalamaya karşı koruma yazılımları ve sayısal yetki yönetim (DRM) sistemleri içermelidir. Çünkü IPTV servisinde içeriğin korunması en önemli konulardan birisidir. DRM sistemleri yayın merkezi içerisinde yer alır ve STB üzerinde uç yazılımlar içerir (Philips, 2005).

STB televizyon yayınlarını sağlıklı bir şekilde televizyona iletip seyredilebilmesini sağlamanın yanında isteğe bağlı görüntü yayını (VoD) iletmek için gerekli olan özellik ve protokolleri, elektronik program rehberini (EPG), IP üzerinden ses iletimi ve görüntülü telefon desteği için gerekli olan özellik ve

protokolleri, etkileşimli IPTV hizmetleri için gerekli olan özellikleri ve elektronik posta ve anında mesajlaşma desteğini de içerir.

STB'ların ilk kurulumda ve daha sonra sürüm yükseltmelerde bu işlemlerin yapılması çok fazla maliyet getirir. Bunun için yayın merkezinde bulunan arayazılım ile bu işlemlerin uzaktan yapılması sağlanır (Myrio, 2003).

IPTV servisinin verilmesinde ev içerisinde birden fazla televizyon olması durumunda birden fazla yayını iletebilen ev içi cihazların kullanılması gerekir. Bu durumda birden fazla STB kullanılabileceği gibi birden çok televizyon çıkışı olan bir adet STB'de kullanılabilir. Ancak erişim ağı ile ev içi ağlar arasında arageçışı yapan cihazların da bu özellikleri desteklemesi gerekir. Ev arageçiş cihazı ayrıca yüksek hızlı internet erişimi ve VoIP geçişlerini de sağlamalıdır (Park, 2005).

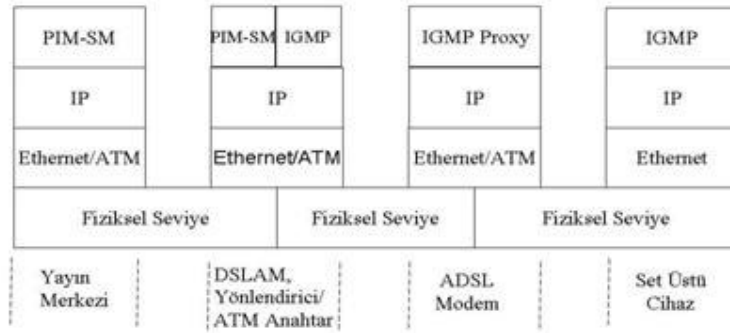
Ev içinde kablo kullanılması bazı durumlarda kullanıcıları rahatsız edebilir. Bunun için ev içinde erişimin sağlanması için kablosuz teknolojiler de kullanılabilir. 802.11g protokolunu kullanan kablosuz ağlar 54 Mbps hızına kadar iki yönlü olarak iletişim yapabildiklerinden IPTV paketlerinin STB'a iletilmesinde LAN kablolarının yerini alabilmektedir. Bu yöntem fazla kullanılmamakla birlikte bu konudaki gelişmeler sonucunda tercih edilebilecektir (Ruckus White Paper, 2005).

3.2.4 IPTV Mimarisinde Kanal Geçiş Süresi

Sayısal televizyon yayıncılığında kanal değişim süresi komut işleme süresi, ağ gecikme süresi, STB gecikme süresi ve kod çözmede geçen süre parametrelerine bağlıdır. Komut işleme süresi uzaktan kumandadan kanal değişimi isteğinin verilmesi ve katılım mesajının gönderilme süresini kapsar. Ağ gecikme süresi ise katılım mesajının iletilmesinden sonra talebi yapılan yayının ilk çoklu gönderim paketinin kabulüne kadar geçen süredir. STB üzerindeki gecikme süresi girişten alınan sinyalin MPEG kod çözücüye iletimi için geçen süredir. Kod çözme süresi ise MPEG kodlama tekniği ile kodlanmış televizyon sinyalinin kodunun çözülerek tekrar analog bir sinyale dönüşmesi için geçen süreyi verir.

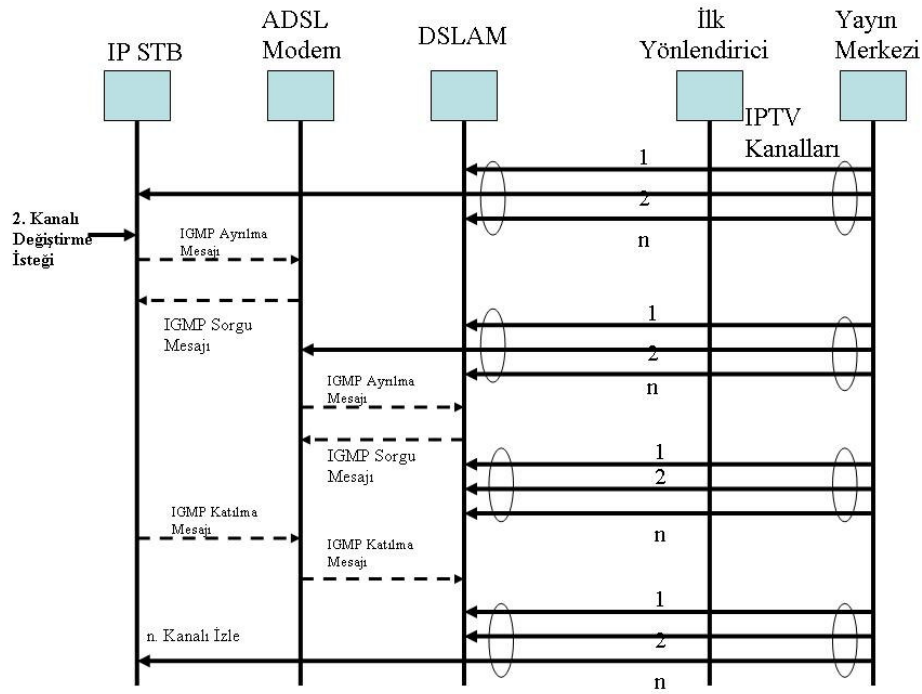
Bu tez kapsamında ağ gecikme süresi araştırılacaktır. Diğer parametreler IPTV yayınları dışındaki sayısal televizyon tekniklerinde de söz konusu olmaktadır. Ağ gecikme süresinin temelinde çoklu gönderim gruba katılım mesajının iletilmesi ve

çoklu gönderim yapılan yayının iletilmesi için geçen sürelerin toplamı bulunmaktadır. IGMP ve çoklu gönderim yönlendirme protokolu ise çoklu gönderim gruba katılım mesajı için gerekli protokolleri oluşturmaktadır. Şekil 3.9' da IPTV servisinde bir alıcının kanal isteği ve kanaldan ayrılmasını sağlayan protokol yığınları görülmektedir.



Şekil 3.9. IPTV kanal değişimi protokol yığını

IP STB, kanal isteği ve kanaldan ayrılma işlemlerini IGMP protokolünü kullanarak yapmaktadır. DSL modem IGMP sinyalini bir üst yönlendiriciye gönderir (Paradyne, 2005). Yukarıda anlatılan IPTV mimarisinde bu yönlendirici olarak DSLAM kullanılmaktadır. DSLAM, hem IGMP protokolünü hem de çoklu gönderim protokolünü (PIM-SM) desteklemelidir. DSLAM, IGMP isteğini DSL modemden alır ve aynı zamanda tekrar gönderebilir. Bunun yanında ağdaki diğer yönlendiricilere bu değişiklikleri çoklu gönderim protokollerini kullanarak iletebilmelidir. Buna göre ağdaki diğer yönlendiriciler de çoklu gönderim protokollerden anlamalıdır. Şekil 3.10 IPTV için kanal değiştirme senaryolarını göstermektedir.



Şekil 3.10 IPTV kanal değiştirme senaryoları

Kullanıcının n kanal içerisinde 2 nolu kanalı seyrettiğini ve seyrettiği kanalı n nolu kanala değiştirmek istediğini farzedelim. Mevcut durumda STB 2 nolu kanala ait çoklu gönderim sinyali almaktadır. Kullanıcı kanalı 2'den n 'e değiştirmek istediğinde yani uzaktan kumanda da n nolu kanalın düğmesine bastığında STB, 2 nolu kanal için IGMP ayrılma mesajı üretir ve bunu modeme doğru gönderir. IGMP ayrılma mesajını alan modem STB'a doğru bir IGMP soru mesajı gönderir ve herhangi bir kullanıcının bu kanala üye olup olmadığı bilgisini ister. Belli bir süre içerisinde bu sorusuna bir rapor alamazsa modem bu gruba üye bir kullanıcının olmadığını farzeder ve çoklu gönderim sinyali STB'a doğru göndermeyi sona erdirir. Ayrıca modem DSLAM'a doğru da 2. kanal için IGMP ayrılma mesajını iletir. STB modeme doğru IGMP ayrılma mesajı gönderdikten sonra n . kanal için IGMP katılım mesajı gönderir. Modem bu IGMP katılım mesajını aldıktan sonra eğer bu gruba hiçbir üyelik yok ise bu isteği bir üstteki DSLAM'a iletir. DSLAM, IGMP katılım mesajını alır ve sonra n . kanal için çoklu gönderim sinyalini STB'a kadar iletir. Bu

durumda kanal değiştirme zamanı IGMP ayrılma mesajı için gerekli zaman, IGMP katılım mesajı için gerekli zaman, DSLAM ile modem arasındaki iletim zamanı ve modem ile STB arasındaki çoklu gönderim sinyali iletim zamanının toplamı olmaktadır. Kaliteli bir IPTV yayını için bu tür gecikmeler azaltılmalıdır.

3.2.5 IPTV Mimarisinde İçeriğın Korunması

IPTV servislerinin verilmesi sırasında içerik sağlayıcıların çekindiği en büyük nokta içeriklerin kopyalanması ve piyasaya sunulmasıdır. Bu nedenle içeriklerin korunması işlemi IPTV servislerinde önemli bir yer tutmaktadır.

IPTV servisleri bilgisayar ağları üzerinden yapıldığından dolayı şifreleme teknikleri geleneksel kablo ve uydu sistemlerinde yapılanlardan farklılık göstermelidir. Ayrıca şifrelemeden farklı olarak televizyonda seyredilen içeriğın kopyalanmaması da önemlidir. Geleneksel servislerde kopyalanma işlemi genelde yapılabilmektedir. Ancak IPTV servisinde içerik sayısal dosya olarak iletildiğinden dolayı kopyalanabilmesi durumunda içeriğın birebir kopyası ele geçirilmiş olur ve bu da içerik sağlayıcıların hiç istemediğı bir durumdur (Straub, 2005). Uydu ve kablo üzerinden yapılan yayınlarda kopyalama işlemi genelde televizyonda seyredilen görüntünün yakalanması şeklinde olmakta ve gerçek kaliteye ulaşılamamaktadır. IPTV 'de ise kopyalama yapılabilirse sayısal dosya tamamen kopyalanabileceğinden dolayı içerik birebir kopyalanabilmektedir.

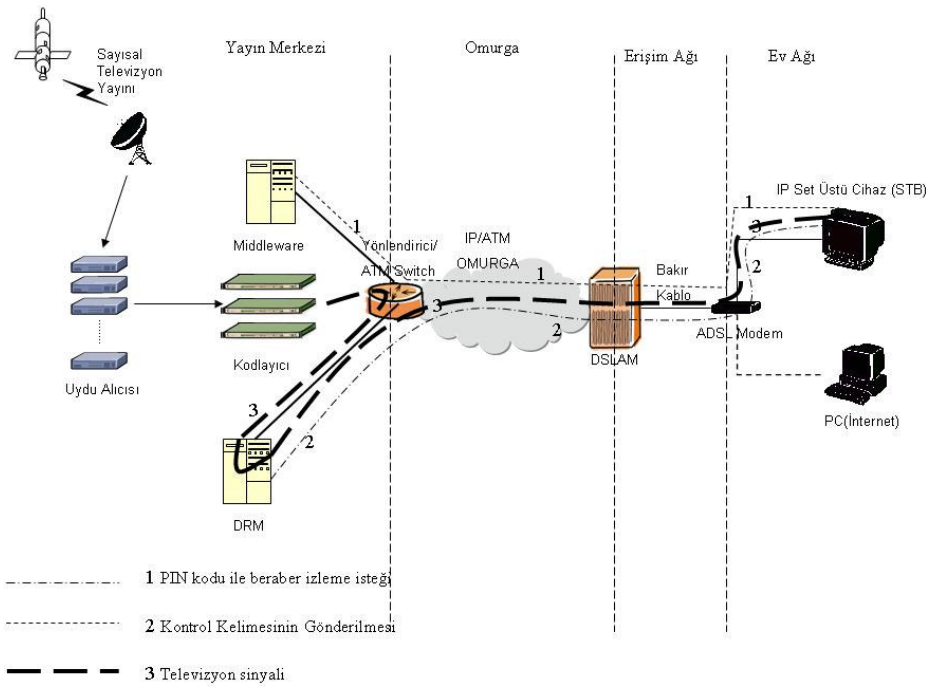
Koşullu erişim (CA) sayısal olarak yayınlanan programların yetkisiz olarak seyredilmesini engelleyen bir teknolojidir (CSG Systems, 2005). Özellikle ücretli televizyon uygulamalarında izleyiciler yetkilendirilerek ücretli yayınları izlemeleri sağlanır. İzleyiciler genelde aylık veya yıllık olarak bazı kanallara üye olabilirler ve bunun ücretini öderler. Ayrıca aylık veya yıllık olarak tüm kanallara üye olabilirler.

CA temelli sistemlerde program sinyali yayın ortamına verilmeden önce karıştırma işlemi yapılır. Burada karıştırma yapılırken iki tane kontrol kelimesi kullanılır. Bunlar program sinyalinin şifrelenerek iletimini sağlarlar. STB üzerinden şifreli olarak alınan programlar MPEG kodlanmış olduklarından MPEG sinyalin içerisinde bu iki kontrol kelimesi de STB'a kadar gelir ve karıştırma işleminin tersi bu iki kontrol kelimesi de kullanılarak yapılır ve şifresi çözülmüş olan yayın televizyona

iletilir. Bazı eski sistemlerde kontrol kelimeleri yayının içinde değil STB' a takılan ayrı bir kart üzerinden descrambler' e verilir. Kontrol kelimeleri değiştiğinde ise bu kartların tekrar yüklenmeleri gerekmektedir.

CA işlemleri genelde IPTV haricinde yapılan geleneksel yayınlardaki koruma işlemini anlatır. IPTV platformunda genelde bu işi yapan yapıya Sayısal Yetki Yönetimi (DRM) ismi verilir (Haris, 2005). Temelde CA ile DRM üzerinde yapılan işlem aynıdır.

IPTV mimarisi içerisinde televizyon yayınlarının şifreli olarak yayınlanması (pay-TV) işleminin nasıl yapılabileceği Şekil 3.11' de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 IPTV mimarisinde Pay-TV yapısı

Şekil 3.11' de görüldüğü üzere Pay-TV yayınlarını seyretmek isteyen kullanıcı STB üzerinde bu talebi yaptığı zaman PIN kodu ile beraber bu istek 1 yolunu takip ederek Middleware üzerine gider. Burada ücret bilgileri başlatılır ve kayıt altına alınır. Middleware Pay-TV izleme isteğini aldıktan sonra DRM ile haberleşir ve DRM STB' a doğru şifrenin çözülmesini sağlayacak olan kontrol kelimelerini

gönderir. Bu arada ücretli televizyon yayını kodlayıcıdan DRM'e gelir ve şifrelenir. Daha sonra omurga üzerinden kullanıcıya doğru yayınlar gönderilir.

VoD servisinde de Pay-TV'nin verilmesine benzer şekilde bir yapı oluşturulur. Bu sayede IPTV yayınlarının şifrelenmesi DRM ünitesi vasıtasıyla sağlanır.

3.3 Ülkemizdeki Mevcut Telekom Altyapıları ve IPTV Mimarisi İle Uyumu

Ülkemizde mevcut Telekom altyapıları incelendiğinde omurga altyapısında genelde ATM tabanlı omurgaların daha çok kullanıldığı görülmektedir. Ancak tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de IP omurga kurma çalışmalarına başlanmış ve büyük ölçüde tamamlanmıştır.

Ülkemizde Türk Telekom altyapısında 2 adet ATM omurga bulunmaktadır. Bunlardan birincisi TURPAK (Türkiye Paket Anahtarlama Veri Şebekesi) ve ikincisi ise TTnet' dir.

TURPAK ağının kurulumuna 1989 yılında başlanmıştır. Bütün illerde ve büyük ilçelerde bu şebeke 1990-1996 yılları arasında yaygınlaştırılmıştır. Başlangıçta X25 protokolü temelli olan TURPAK ağı, bant genişliğinin yetersiz kalmasından dolayı 1996 yılında Frame Relay hizmetini verecek şekilde genişletilmiştir. 2000 yılında TURPAK ağı tamamen ATM temelli bir ağa dönüştürülmüş ve günümüzde tüm illerde ve çoğu büyük ilçemizde ATM temelli bir ağ halinde bazı iller 2.5 Gbps hızında (STM-16) linkler ile; diğer iller ise 155 Mbps hızında birbirine bağlanmaktadır.

TTnet ise 1998 yılında ATM, Frame Relay, Çevirmeli Ağ (Dial-Up), ADSL ve internet hizmetlerini vermek için kurulan bir ağıdır. ISP'lere, kurumlara ve içerik sağlayıcılara TTnet ağı üzerinden yüksek hızlı internet bağlantısı verilmiştir. TTnet ağı ülke çapında bulunan 143 POP noktası ile ülkenin her yerinden erişilebilen bir internet altyapısı oluşturmuştur. TTnet ağı içerisinde bulunan ve birbirlerine 2.5 Gbps hızındaki hatlar yardımıyla bağlanan yüksek kapasiteli yönlendiriciler yardımıyla ülkemizin internet altyapısı oluşturulmuştur. TTnet ağı, ABD, İtalya, İngiltere, Almanya ve Yunanistan'a 155 Mbps hızından 2.5 Gbps hızına kadar değişen hızlarda uydu ve fiber kablo ile bağlanmış ve ülkemizin tüm yurtdışı internet

çıkışları buralardan verilmiştir. Bu bağlantıların toplam hızı her geçen gün arttırılmakta olup günümüzde 33 Gbps hızını geçmiştir.

ATM temelli olan TTnet ve Turpak omurgalarından ayrıca ülkemizin kiralık devre taleplerini karşılamak amacıyla 1996 yılında TSDnet ağı kurulmuştur. TSDnet ağı 2000'li yıllarda tüm il ve ilçelere erişimi sağlayan en büyük ağ haline gelmiştir. TSDnet ağı hem erişim ağlarında hemde omurga olarak kullanılmaktadır. Uçtan uca kiralık devre hizmetini vermenin yanında Frame Relay ve ATM hizmeti veren ağlara erişimi sağlamakta da kullanılmaktadır. TSDnet ağı TDM temelli ve devre anahtarlama bir ağıdır. Mevcut bakır altyapıyı kullanarak 64Kbps -2 Mbps hızları arasında kullanıcılara kiralık devre hizmetini sunar. Bu ağ üzerinden tüm bankalar, gazete ve dergiler, birçok devlet ve özel kurumu hizmet almaktadır.

Ülkemizde erişim ağı olarak kurulan en büyük ağ TTDSL'dir Bu ağın kurulumuna 2003 yılında başlanmış ve her geçen gün büyümeye devam etmektedir. Son olarak 2 milyona yakın port ve 1.5 milyonu aşkın çalışan abone kapasitesiyle tüm il ve ilçelere erişim sağlanmaktadır. DSL teknolojisi bakır altyapıyı kullanır ve mesafeye bağımlı olarak 50 Mbps hızlarına kadar erişimi sağlar. Ülkemizde şu anda TTDSL ağı üzerinden, internet erişimi için ADSL ve Kurumsal noktadan noktaya hizmetler için G.SHDSL servisleri verilmektedir.

Bir erişim teknolojisi olan ancak fiber optik kabloyu kullanan Metro Ethernet ağı ise 2004 yılında kurulmuştur. İlk başta Ankara, İstanbul, İzmir ve Konya gibi büyük illerimizde verilmeye başlanmış ancak 2005 yılında Adana, Antalya, Bursa, Eskişehir, Gaziantep, İzmit, Kayseri, Manisa ve Samsun illerine de yaygınlaştırılmıştır. Metro Ethernet ile Kurumlara fiber optik kablo üzerinde 1 Gbps hızlarına kadar internet ve noktadan noktaya hizmetler sunulabilmektedir.

Son olarak ülkemizde IP/MPLS omurgasının kurulumuna başlanmış olup tüm illere cihazların kurulumu tamamlanmıştır. Bu omurga üzerinden öncelikle IPTV gibi üçlü hizmet (Triple Play)'leri vermek amaçlanmıştır. Ancak bunun yanında aşağıdaki servislerin de verilmesi planlanmaktadır.

- Seviye 2 bağlantılar (ATM, Frame Relay)
- İnternet erişimi

- Geliştirilmiş VPN servisleri (Seviye 2 VPN, Seviye 3 VPN)
- Çoklu Gönderim Hizmetleri
- VoIP hizmetleri

IPTV mimarisine göre ülkemizde hali hazırda IPTV servisinin verilmesi durumunda omurga olarak ATM altyapısının kullanılabilmesi gözükmektedir. IP-MPLS omurganın kurulması tamamlandıktan sonra bu altyapının da IPTV hizmetinin verilmesinde kullanılabilir. Ancak ATM altyapısının kullanılması durumunda çoklu gönderim özelliğinin kısıtlı olarak noktadan çok noktaya kullanılabilir. Bu durumda ATM altyapısının kullanılması durumunda tüm IPTV yayınlarının her DSLAM'a kadar götürülmesinin zorunlu olacağı gözükmektedir. Bu da omurgada o anda izlenmeyen kanalların da dolaşmasından dolayı bant genişliği kullanımında bir israfa neden olur. Ayrıca çoğu il merkezinde zaten 155 Mbps hızında link bağlantısı bulunduğu için ATM omurgaya yeni yatırımlar yapılması gerekecektir.

Ülkemizde IPTV servisinin verilmesi için yeni kurulmakta olan IP-MPLS omurganın kullanılması en uygun yöntem olarak gözükmektedir. Bu sayede IP protokolünün sağladığı tüm avantajlar kullanılabilir. Çoklu gönderim özelliği her noktada desteklenecek ve oluşturulacak çoklu gönderim grupları sayesinde sadece o anda istek yapılan ve izlenen kanallar omurga da dolaşacaktır.

Erişimde kullanılan genişbant bilgisayar ağlarında ise Türkiye altyapısında DSL ağlarının kullanılması uygun olarak gözükmektedir. Lokasyon olarak DSL ağların şu anda yaygın bir durumda olması ve her geçen gün yeni lokasyonların DSL erişimine açılması IPTV hizmetinin buradan verilmesini uygun hale getirmektedir. Ancak şu anda kullanılan DSLAM'ların tamamının ATM uplinki olması nedeniyle omurgada kullanımı önerilen IP-MPLS omurgaya bağlanması bir sorun olarak görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde de Ethernet uplinki olan ve IP temelli IPDSLAM yatırımı yapılması IPTV servisinin verilmesi için daha uygun bir yöntem olarak görülmektedir. Bu görüş doğrultusunda IPDSLAM yatırımı için de gerekli çalışmalar Türk Telekom tarafından yürütülmektedir.

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında ülkemizde IPTV servisinin verilmesi için altyapının uygun olduğu görülmektedir. Kısaca özetlemek gerekirse mevcut durumda

ATM omurga üzerinden ATM uplinki bulunan DSLAM kullanılarak IPTV servisi verilebilecektir. Yeni planlanan çalışmalar çerçevesinde ise IP-MPLS omurga üzerinden IPDSLAM kullanılarak verilmesi uygun olacaktır.

3.4 Dünya üzerinde Mevcut Çalışma Şekilleri

Dünya üzerinde IPTV servislerinin verilmesine 2003 yılından itibaren başlanmıştır. Avrupa, Uzak Doğu ve Amerika'da IPTV servisleri verilmeye başlanmış ve pazar payı da giderek artmaktadır. Özellikle Telekom şirketleri azalan gelirlerini arttırmak ve üçlü servis yapısına geçmek amacıyla IPTV yayıncılığına başlamak için çalışmalar yapmaktadırlar. Aşağıda ülkelere göre IPTV servisinin çalışma şekilleri verilmiştir (Sue, Dixon ve Atkin, 2005).

3.4.1 Avrupa Örnekleri

Fastweb, Avrupa'nın ilk kurulan IPTV platformudur. Tamamen IP omurga üzerinde kurulmuştur. Erişim olarak ise DSL ve Metro Ethernet teknolojisi kullanılmaktadır. IPTV servisini kaliteli olarak vermek amacıyla İtalya'da 300.000'den fazla eve fiber kablo çekilmiştir. İsteğe bağlı video, ücretli televizyon ve televizyon yayını hizmetleri verilmektedir. Canlı futbol maçları ile VoD içeriği olarak 5000'den fazla film yayınlanmaktadır. Ayrıca yayınlarda etkileşimli reklam servisi de verilmektedir. İtalya, Fransa'dan sonra Avrupa'da ikinci en geniş IPTV altyapısına sahiptir. (IDC, 2005; Gibson ve Bakkers, 2005)

Maligne TV France Telekomun verdiği bir IPTV hizmetidir. DSL erişim ağları üzerinden yayın yapmaktadır. VoD ve ücretli televizyon hizmetlerini vermektedir. Ayrıca uydudan yayın yapan CanalSatellite ile TPS sayısal uydu platformlarını IPTV servisi üzerinden de vermektedirler. 2004 yılında hizmete başlamıştır. Free TV, Fransa'da Free adındaki alternatif operatörün ADSL üzerinden verdiği IPTV hizmetidir. 2004 yılında hizmete başlamıştır (IDC, 2005). Neuf ise yine Fransa'da Neuf adlı alternatif operatörün ADSL üzerinden 2004 yılından beri verdiği IPTV hizmetidir. Fransa, yukarıda anlatılan 3 operatör ile Avrupa'nın en büyük IPTV pazarına sahiptir.

T-Online, Deutsche Telekom'un verdiği bir IPTV servsidir. ADSL üzerinden yayın yapmaktadır. 2003 yılında servise girmiştir. VoD ve televizyon yayıncılığı hizmetleri verilmektedir. İspanya'da ise Imagenio, Telefonica de Espana'nın 2004 yılında başlattığı IPTV servsidir. ADSL üzerinden hizmet vermektedir. VoD ve televizyon yayını hizmetlerini vermektedir.

3.4.2 Uzak Doğu Örnekleri

Cascade PCCW, Hong-Honk'da IP omurga üzerinden DSL kullanılarak hizmet veren bir şirkettir. Televizyon yayıncılığı yapılmaktadır. Kablo TV'dekinin tersine ne kadar kanal izliyorsa o kadar ücret ödenmektedir. Yaklaşık 110 kanal üzerinden yayın yapılmaktadır. Video sunucular üzerinden film yayıncılığı da gelişmiş bir servis olarak sunulmaktadır. ATM tabanlı DSLAM kullanılmaktadır. Dünyadaki en çok kullanım oranına sahip IPTV servsidir. HDTV yayınlarına geçilmesi için çalışmalara devam edilmektedir. IPTV sisteminde uçtan uca güvenlik sağlanmaktadır. Ayrıca PCCW firması kendi televizyon kanalını yayınlamakta olup bunun için yayın merkezinde studio kurulmuştur.

Tayvan'da ise Chunghwa, DSL üzerinden VoD ve televizyon yayıncılığı yapan ve 2004 yılı başında hizmete giren IPTV hizmetidir.

3.4.3 Amerika ve Avustralya Örnekleri

Avusturalya'da, TransACT adlı firma dağıtım noktalarına kadar fiber optik kablo ve daha sonra evlere kadar VDSL üzerinden IPTV servisleri evlere sunmaktadır. Bu altyapı üzerinden VoD, televizyon yayıncılığı ve izlediğin kadar öde servisleri verilmektedir. Kanada'da ise Sask TEL, Ekim 2002'de kurulmuştur. ADSL ve IP omurga üzerinden IPTV yayını yapmaktadır. VoD ve televizyon yayıncılığı hizmetlerini vermektedir.

3.5 IPTV Üzerinden Verilebilecek Servisler

IPTV sadece üzerinden televizyon yayınlarının geçtiği ve kullanıcılara uydudan ve kablodan da alabileceği şekilde bu yayınları ileten bir platform değildir. IPTV servisi üzerinden genel anlamda aşağıda verilen servisler verilebilmektedir (Altgeld, 2005).

- Televizyon Yayıncılığı: Geleneksel televizyon yayıncılığında olduğu şekilde televizyon şirketlerinin kendi stüdyolarında oluşturduğu yayınların kullanıcılara iletilmesini sağlar. Burada bu kanallar çeşitli paketlerin içerisine atılarak paket şeklinde kullanıcılara sunulmaktadır. Örneğin ulusal kanallar bir pakette, ücretli televizyon kanalları diğer bir pakette ve alışveriş kanallarının ayrı bir pakette olması gibi. Bu paketler ayrı ayrı ücretlendirilir ve kullanıcılara sunulur.
- İsteğe Bağlı Video (VoD): Kullanıcı tarafından talep edilen bir video içeriği istediği anda kullanıcıya kadar getirilir. İçerikler kütüphanede tutulan veya kaydedilmiş filmler ve görüntüler olabilir. Burada kullanıcı istediği zaman filmi ileri veya geri alabilir, durdurabilir ve başlatabilir.
- Kişisel Görüntü Kaydetme (PVR) : Kullanıcının ev ağı içerisinde bulunan cihazları üzerine (özellikle STB) izledikleri yayınları kaydetmeleri ve daha sonra tekrar izleyebilmelerine verilen isimdir.
- Ağ Temelli Kişisel Görüntü Kaydetme (NPVR): PVR hizmetinin ağ temelli olarak verilmesidir. IPTV servis sağlayıcısı firma tarafından bu hizmet verilir.
- Elektronik Program Rehberi (EPG): Kullanıcı ile IPTV servisleri arasındaki ilişkiyi sağlayan bir yazılımdır.
- Bilgi Servisleri: Bilgi servisleri, haberleri, hava durumunu, yaşanan yer hakkındaki bilgileri (hava yolu bilgisi, tren bilgisi) ve daha fazlasını içerir. Geleneksel analog sistemlerde teleteks hizmetinin daha gelişmiş bir servsidir.

- Etkileşimli televizyon: IPTV servisinin sadece tek yönlü bir yayın olmayıp sunuculara doğru bir geri dönüş kanalının bulunması sadece dönüş bilgilerini iletmek için kullanılmaz. Ayrıca televizyon yayınları ile kullanıcı arasındaki etkileşimi de sağlar. Örneğin kullanıcı şovlara, oylamalara, reklamlara v.b. programlara aynı anda evinden katılabilir.
- Etkileşimli uygulamalar: IPTV’de etkileşim sadece televizyon programları ile sınırlı değildir. Bunun yanında oyun, açık arttırma, alışveriş, bilinen bankacılık uygulamaları v.b. işlemler IPTV altyapısından verilebilir.
- Geniş bant Uygulamaları: Video konferans ve e-egitim gibi genişbant internet erişimi gerektiren servisler IPTV altyapısından sağlanabilir.

Yukarıda anlatılan servislerden önemli görülenlerin IPTV üzerinden hangi mimari yapı ile verilebileceği aşağıda incelenmiştir.

3.5.1 Televizyon Yayıncılığı

IPTV üzerinden verilebilecek en uygun servis türü olarak görülmektedir. Yukarıda açıklanan tüm IPTV mimarisi ve çalışan protokoller televizyon yayıncılığı üzerine yapılandırılmıştır.

Televizyon yayınlarının geniş bant bilgisayar ağları üzerine aktarılması uydu üzerinden alınan yayınların yayın merkezinde çanak antenler ile alınarak uydu alıcıları üzerinden analog sinyallere çevrilmesi ve kodlayıcılar tarafından tekrar sayısal sinyale çevrilerek kodlanması sonucunda olmaktadır. Burada canlı televizyon yayınları uydudan alınabileceği gibi diğer iletim teknolojileri ile de (MMDS, LMDS, karasal v.b.) yayın merkezine getirilebilir.

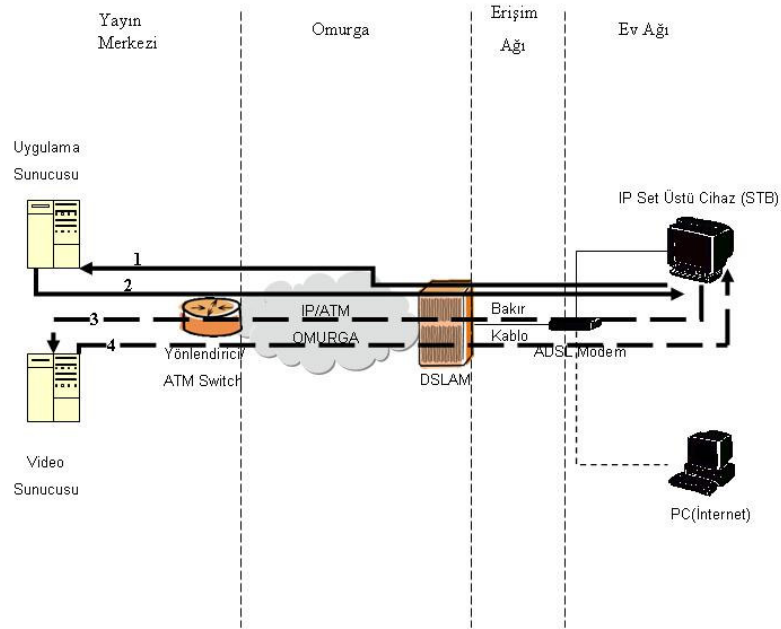
Bunun yanında televizyon yayınlarının geniş bant bilgisayar ağları üzerinden taşınması yüksek bant genişliği kullanımına yol açmaktadır. Örneğin 50 kanallı bir IPTV servisinde yayının kalitesine bağlı olarak omurga da DSLAM başına minimum 100 Mbps hızlarında bir bant genişliğine ihtiyaç vardır. Bu amaçla Dünya’ da bazı operatörler televizyon yayınlarını genişbant bilgisayar ağları üzerinden taşımamakta, bunun yerine kullanıcının evinde bulunan STB üzerine uydu veya sayısal karasal yayıncılık servisleri üzerinden bağlanmaktadır.

3.5.2 İsteğe Bağlı Görüntü

İsteğe bağlı görüntü (VoD) servisi IPTV altyapısı üzerinden verilebilecek bir hizmet türüdür. IPTV servisinin verilmesinde içeriğin doğru seçilmesi durumunda, en çok gelir getiren hizmet çeşididir.

VoD hizmetinin verilmesi sırasında televizyon yayıncılığında kullanılan çoklu gönderim protokolleri kullanılamamaktadır (Shim ve Lee, 2002). Çünkü her kullanıcıya özel bir yayın verilmesi gerekeceğinden video sunucularından kullanıcıya kadar sadece kendisinin kullanacağı bir bant genişliğinin ayrılması gerekmektedir. Bu nedenle VoD servisinin sağlanması için gerçek zamanlı protokollerin (RTP) kullanılması uygun olmaktadır.

Şekil 3.12’de IPTV mimarisinde bir VoD hizmetinin gerçekleştirilmesinde izlenen yol görülmektedir.



Şekil 3.12 IPTV mimarisinde VoD servisi

Şekil 3.12'ye göre öncelikle STB üzerinde 1 sinyali ile gönderilen film talebini içeren paketler uygulama sunucusuna erişir. Uygulama sunucusu istenen film talebini inceler, yetkilendirmeyi yapar ve 2 sinyali ile istenen filmin hangi video sunucusunda olduğu bilgisini STB'a gönderir. STB adresi belli olan video sunucusuna doğru 3 sinyali ile RTSP mesajını başlatır. RTSP isteğini 3 sinyali ile alan video sunucusu adresi belli olan STB'a doğru UDP katmanı üzerinden RTS protokolü ile film yayını başlatır. Burada belirtilen dört sinyalleşme durumunda da sadece STB ve yayın merkezi haberleşir. Tüm kullanıcılar kendine özel bir şekilde haberleşirler.

VoD servisi ile izleyiciler IPTV altyapısında istedikleri filmi istedikleri zamanda ve istedikleri zaman aralığında izleyebileceklerdir. Ayrıca VoD servisi analog televizyondan sayısal televizyona geçişte anahtar rol oynayacaktır (Schwalb, 2004). Daha önce söylendiği üzere ilk IPTV servisi VoD servisi vermek üzere İtalya'da kurulmuştur.

İzleyicilerin VoD servisinde yüzlerce filmin arasından istediği içeriği seçebilmesi için program rehberi kullanılır. Buna EPG adı verilir. Film seçme işlemi başlıca dört adımda yapılmaktadır. Bunlar;

- 1.Arama: İzleyici film arama sayfasını görüntüler ve istenen film için bir form ekrana gelir. Burada yaygın kanı anahtar kelime kullanarak arama yapmaktır. Örneğin drama, komedi v.b. şeklinde ön tanımlamalar ile en çok seyredilme oranları ile beraber izlenebilecek filmler ekrana gelir. Anahtar kelime klavye olmadan uzaktan kumanda üzerinden de girilebilir. Liste şeklinde ekrana gelen anahtar kelimeler içerisinden istenen ayrıştırılır.
- 2.Ön İzleme: izleyici birinci adımda seçtiği aday filmin açıklamalarını ve kısa özetini bu adımda izler.
- 3.Seçme: İzleyici ikinci adımda ön izlemesini yaptığı filmi ya bu adımda seçer ya da tekrar birinci adımdaki arama ekranına döner. Eğer film seçilirse VoD oturumu başlatılır. Burada işlemin onaylanması için bir ekran gelir ve işlem başlamış olur. Ancak izleyicinin ilk birkaç dakika içerisinde işlemde vazgeçme hakkı da bulunmalıdır.

4.İzleme: İzleyici filmi VoD'in tüm özelliklerini kullanarak seyretmeye başlar. Burada Şekil 3.11'de verilen mimaride RTS protokolü kullanılarak film izlenmeye başlanır.

3.5.3 İçerik Kaydetme

IPTV servislerinde yayınlanan içerik daha sonra izlemek için kaydedilir. Bu teknolojiye Sayısal Görüntü Kaydetme (PVR veya DVR) isimleri de verilmektedir. PVR teknolojisi ile televizyon kullanıcılarının hareket şekilleri büyük ölçüde değişmektedir. Çünkü istedikleri içeriği kaydederek daha sonra izleme olanağına kavuşulmuştur (Schiller, 2004). PVR teknolojisi iki amaç için kullanılabilir. Bunlar;

- Kullanıcı içeriği daha sonra boş bir zamanında izlemek üzere kaydeder
- Kullanıcı canlı yayını, yayının herhangi bir yerinde iken durdurmak veya geri almak isteyebilir. Bu nedenle PVR teknolojisini kullanarak yayın herhangi bir noktada kaydedilmeye başlanır.

PVR teknolojisi genel anlamda iki şekilde yapılabilir. Bunlardan birincisi STB üzerinde bulunan hard disklere içeriğin kaydedilmesi şeklindedir. İkincisi ise IPTV ağı içerisinde herhangi bir noktaya içeriğin kaydedilmesi ve talep geldiğinde buradan kullanıcıya doğru yayının götürülmesidir. İki yaklaşım da kullanıcılara ve IPTV operatörlerine içeriğin daha sonra talep edilmesi durumunda izlenebilmesini mümkün kılmaktadır.

STB Temelli PVR yönteminde STB içerisinde kaydedilecek içeriğin depolandığı hard disk sürücü bulunmaktadır. Ancak bu şekildeki STB'lerin maliyeti yüksektir. Buna karşılık IPTV ağında herhangi bir bant genişliği ihtiyacı bulunmamaktadır. Bu da işletimde bir kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca kanal değiştirme durumunda talep edilen kaydedilmiş içerik STB üzerinden kullanıcıya iletileceğinden dolayı geçen süre çok az olacaktır.

Son zamanlarda yapılan bir araştırma, televizyon kullanıcılarının bir yayını seyredirken bu yayınlı aynı anda yayınlanan bir veya daha fazla yayını kaydetmek istediğini bildirmektedir. Bu durumda bant genişliği kısıtlamalarından dolayı STB üzerine kadar diğer kaydedilecek yayınların da aynı anda gelmesi gerekmektedir. IPTV'nin mimarisine göre bant genişliğinin kısıtlı olduğu durumlarda bu kayıtlar yapılamayacaktır.

STB üzerinde yapılan kayıt işlemlerinde hard disk kapasitesi de önemlidir. Bu kullanıcının kütüphanesinin büyüklüğünü belirlemektedir. Bu nedenle STB'ler üzerindeki hard diskin kapasitesinin büyük olması gerekir.

STB PVR yönteminin kötü yanlarından birisi de hard disklerin çabuk arızalanmalarıdır. Yaklaşık olarak her on tane hard diskten bir tanesi 3 yıl içinde arızalanmaktadır. Bu durumda kullanıcının tüm kütüphanesi silineceğinden bu yöntemden istenen verim alınamayacaktır.

Ağ Temelli PVR yöntemine nPVR ismi verilmektedir. Bu yöntemde içeriğin kaydedilme işlemi STB üzerinde yapılmaz. Bunun yerine yayın merkezi veya kullanıcıya daha yakın IPTV ağı içerisinde bir lokasyonda video sunucuları içerisinde saklanır (Kasenna Inc., 2005). Bu şekilde tüm kullanıcılara daha az bir yatırımla PVR hizmeti verilebilir.

STB temelli PVR servisine göre kullanıcılar için nPVR'ın iyi yanları aşağıda verilmiştir.

- Bir kullanıcı için aynı anda birden çok kayıt yapılabilir. Bu sayı yeni sistemlerde 200'e kadar çıkabilmektedir.
- Kullanıcılar için ayrılan depolama alanı sınırsızdır. İstenildiği kadar depolama yapılabilir çünkü tüm bellek alanı ortak kullanılmaktadır.
- Kullanıcıların kütüphanelerinin kaybolma sorunu bulunmaz. Çünkü video sunucularında bellekler RAID teknolojileri kullanılarak yedekli olarak tutulur.
- Her kullanıcı için kurulum yapılmaz. İşletimi kolaydır.
- STB üzerindeki hard disklerin gürültüsü gibi sorunlar bulunmaz.
- Kullanıcı başına maliyeti daha azdır.

NPVR'ın servis sağlayıcılar için iyi yanları ise şöyle sıralanabilir.

- NPVR yöntemi ile tüm kullanıcıların kaydetmek istedikleri içerik tek bir merkeze depolanabilir.
- Aynı sunucu platformu sadece bellek ve streaming kapasitesi artırılarak hem VoD hem de PVR için kullanılabilir.

- NPVR'ın operasyonel maliyeti STB PVR'a göre daha azdır.
- Yüksek müşteri memnuniyeti sağlar. Çünkü içeriğin kaybolması ve sınırlanması sorunları yoktur.
- NPVR yöntemi IPTV servisi üzerinde katma değerli bir servis olarak çalıştığından aynı platform üzerinden yeni gelir kapıları açılmaktadır.

Yukarıda sayılan NPVR avantajları göz önüne alındığında NPVR'ın STB PVR'a göre daha üstün bir servis olduğu ve ileride bu servisin önemli bir kullanım alanı bulacağı söylenebilir. Bu servisin yaygın hale gelmesiyle insanların alışkanlıkları değişecek ve zamana bağlılık azalacaktır. Ayrıca müşteri memnuniyeti artacak ve IPTV servisinin yaygınlaşmasına katkıda bulunacaktır.

IPTV üzerinde içerik kaydetme önemli bir servis olarak görülmelidir. İnsanların gittikçe artan işleri dolayısı ile zaman yeterli gelmemektedir. Bu nedenle canlı olarak yayınlanan içeriğin kaydedilip daha sonra uygun bir zamanda seyredilmesi insanlar için oldukça çekici gelebilir. Ancak bu işlemin yapılmasında ucuzluk ve kolay kullanım çok önemlidir. Buna göre içerik kaydetme IPTV servisinde iyi bir planlama gerektiren bir işlem olarak görülmelidir. Burada da içerik kaydetme işleminin STB üzerinde mi yoksa IPTV ağı içerisinde video sunucuları üzerinde mi yapılması gerektiği bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. STB temelli PVR ve NPVR'ın karşılaştırılması özet olarak Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. STB PVR ve NPVR'ın karşılaştırılması

Özellik	STB PVR	nPVR
Ölçeklenebilirlik	Pahalıdır. Her kullanıcı için ayrı Hard Disk yatırımı gerekir.	Ucuzdur. Toplam talebe göre ölçeklenebilir.
Bir kullanıcı için aynı anda birden fazla kayıt	Bir tane veya en fazla iki tane	Sanal olarak sonsuzdur. Pratikte 200 civarındadır.
Depolama Kapasitesi	STB üzerindeki hard disk kapasitesine bağlıdır.	Sanal olarak sınırsız. Bir içerik binlerce kullanıcıya paylaştırılabilir
Servis ve destek	Donanımın onarımı için eve gitmek gerekli ve bilgi kaybolabilir.	Arızalar merkezde kolayca giderilir. Bilgi kaybı riski yoktur.
Sürüm yükseltme	Kullanıcı yerleşiminde yapılır.	Merkezde kolayca yapılır.
Ağ içerisinde bant genişliği kullanımı	Kullanmaz.	Kullanır.
Maliyet	Her kullanıcıya ayrı maliyet vardır.	Maliyet tüm kullanıcılara paylaştırılır
Hızlı ileri sarma, geri alma, durdurma duraklatma,	Evet	Evet
Aniden geri veya ileri gitmek	Evet	Evet
Güvenlik	Zayıf	İçerik DRM ve CA sistemleri tarafından korunur.

3.5.4 Etkileşimli Televizyon

Televizyon ilk günden beri insanların ilgisini çekmiş ve devamlı olarak kendini yenilemiştir. En son olarak televizyon sinyallerinin sayısal olarak taşınabilmesi, sesin, görüntünün ve verinin aynı sinyal içine alınabilmesi sayesinde televizyon etkileşimli ve kişilere özel yayınlar yapabilmeye başlamıştır. Bu sayede kullanıcılar uzaktan kumanda ve klavye kullanarak yeni ve gelişmiş servislere ulaşabilmektedir. Bu tür yayına etkileşimli televizyon (ITV) adı da verilmektedir.

Bu bölümde etkileşimli televizyon servislerinin hangi senaryolarda kullanıcılara iletilebileceği tartışılacaktır. Bu konular genel anlamda etkileşimli reklam, elektronik program rehberi, etkileşimli oyunlar, etkileşimli haberler, etkileşimli spor, kumar ve anket gibi konuları içermektedir.

3.5.4.1 Etkileşimli Reklam

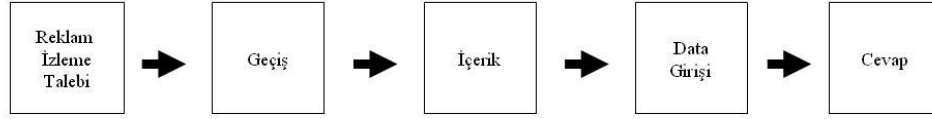
Etkileşimli reklam tekniği etkileşimli televizyonun gelişimine büyük katkıda bulunmaktadır. Etkileşimli reklam ile kullanıcı yani müşteriye direk olarak ulaşım, müşteriye direk satış ve reklam veren ve müşteri arasında ilişki sağlanmaktadır (Kingsford, 2003). Etkileşimli televizyon alışverişte kişiselleştirme ve müşteri bilgilerini toplama olanağını vermiştir. Ayrıca bu şekilde müşterilerin tepkileri de ölçülebilmektedir. Normal televizyon reklamlarında reklamın kaç kişiye ulaştığı, bu kişilerin ürünlere olan tepkileri ve geri dönüşleri öğrenilemez. Etkileşimli reklamlarda ise bunlar yapılabildiğinden etkileşimli reklamların pazardaki yeri büyük ölçüde artmaktadır (Open tv, 2005).

ITV reklamları izleyicilere kişiselleştirilmiş içeriğe ulaşım imkanı verir. İzleyiciler için ekranda reklama ait video klip oynarken arka planda web tabanlı bir site ekrana gelir. Bu web tabanlı site içerisinde reklamı yapılan ürünle ilgili ilave bilgiler görünür ve bu bilgiler reklam filminin içerisinde bulunmaz. Örneğin reklamı yapılan ürünle ilgili detaylı bilgiler burada ekrana gelir ve izleyici web sitesinde dolaşarak istediği bilgilere erişir. Daha sonra bu ürünü bu siteden ısmarlayarak ürüne sahip olur.

Etkileşimli reklam ile izleyiciler reklamın içeriğine katılmaya davet edilirler ve bilinçli bir şekilde istediği malın kendini ilgilendiren özelliklerini seçerek izler. Böylece reklamların ilgili kişilere ulaşımı sağlanır. Örneğin etkileşimli bir araba reklamını inceleyecek olursak izleyicilerden bazıları arabanın teknik özelliklerini öğrenmek isteyecek ve bu özelliklerin kendisine doğru oluşan tekli gönderim bir kanal üzerinden gelmesi IPTV altyapısı üzerinde sağlanacaktır. Bunun yanında bazı izleyiciler ise teknik özelliklerden çok arabanın görünümü ile ilgilenecekler ve kendilerine arabanın dış ve iç görüntüsünü içeren resim veya film içeriği gelecektir. Bu şekilde izleyiciler artık birer tüketiciye dönüşecek ve reklamlar amacına ulaşmış olacaktır (IDS, 2005).

Etkileşimli reklam televizyonun gelişiminde yer alan güçlü bir gelişmedir. Kullanılmaya başlaması bir ya da iki seneyi geçmez. Ancak reklamcılar, planlayıcılar, televizyon yayıncıları gibi değişik kesimler tarafından sahiplenilmiştir.

İzleyicinin gözüyle etkileşimli reklamların nasıl kullandığına bir örnek akış şeması Şekil 3.13’de verilmiştir.

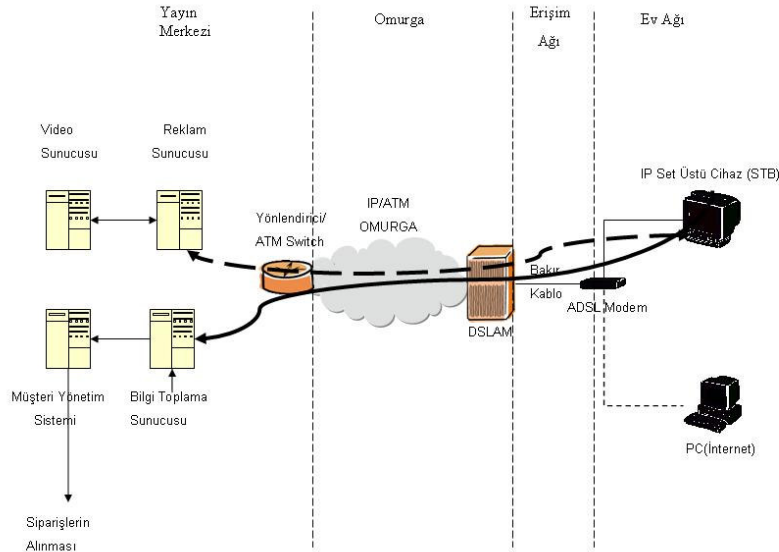


Şekil 3.13 Etkileşimli reklam akış şeması

Burada izleyicinin istek yapmasından cevabın gelmesine kadar olan etkileşimli içerik içerisindeki davranışları gözükmetedir. Buna göre; izleyici önce etkileşimli içeriği görmek için bir çağrı yapmaktadır. Bu genelde bir butona basma şeklinde olmaktadır. Daha sonra bu çağrı etkileşimli içeriği izleyiciye getirmek için içeriğin bulunduğu yerden yükleme yapılmalıdır. Yükleme sırasında ekranda “yükleniyor” mesajı gelir ve bu da etkileşimli içeriğe geçişi sağlar. Bu sürenin kısa olması etkileşimli reklamın başarısını arttırmaktadır. Bu nedenle IPTV’nin yapısı bu geçişin süresini en aza indirecek kadar kaliteli olmalıdır. Etkileşimli içerik geçiş süresinden sonra izleyiciye gelir. İçeriğin içerisinde genellikle izleyicinin ilgisini çekecek olan görüntü, oyun ve yarışmalar olur. İzleyici etkileşimli içeriğin içerisinde bulunan veri girişleri ile istediği ayrıntılı bilgilere ve broşürlere ulaşabilir. Ayrıca geri aranması isteğini ve diğer bazı bilgileri veri girişinden girer. Genç izleyiciler için yazı olarak veri girişleri planlanabilir ancak yaşlı izleyiciler için listelerden seçme şeklinde veri girişi planlanmalıdır. Veri girişi hızlı ve kolay olmalıdır. Cevap kısmı ise etkileşimli reklamın son kısmıdır. Burada cevabın çabuk gelmesi ve izleyicinin istediği içeriğin doğru olarak gelmesi çok önemlidir.

Etkileşimli reklamlar sayesinde izleyicilerin ve tüketicilerin bilgileri de toplanabilmektedir. Tüketicilerin davranışları, ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlardaki değişimler etkileşim sayesinde devamlı ve güncel bir şekilde tutulabilir.

Etkileşimli reklam yayınının IPTV mimarisinde içerisinde örnek bir tasarımı Şekil 3.14’de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Etkileşimli reklam mimarisi

Etkileşimli reklam mimarisi Şekil 3.14’de açıklanan akış şemasını karşılayacak şekilde kurulmalıdır. İzleyici etkileşimli reklamı izlerken bir etkileşim başlatmak isterse ve ekran üzerinde beliren herhangi bir butonu tıklarsa istediği bilgiler STB üzerinde bulunan yazılımlar yardımıyla Reklam sunucusundan talep edilir. Reklam sunucusu kendisine gelen talep eğer bir görüntülü içerikse Video sunucusundan ister ve STB’ya doğru IPTV mimarisi üzerinden gönderir. Burada oluşturulan trafik tekli gönderim bir trafiktir ve RTSP üzerinden gönderilir. Burada çoklu gönderim protokolleri çalıştırılmaz çünkü içerik sadece isteyen kullanıcıya gönderilir ve kullanıcı içeriği istediği gibi yönetebilmelidir. Daha sonra kullanıcı bir veri girişi yaparak sipariş vermek veya form doldurmak gibi isteklerde bulunursa bu istekler STB yazılımları yolu ile bilgi toplama sunucusuna gönderilir. Bu sunucu kullanıcılardan gelen tüm bilgileri toplar ve raporlar oluşturabilir. Daha sonra bu raporlar reklamı veren firmalara iletilir ve etkileşimin sonuçları firmalarca ürün tasarımı ve değişimi takip etmek amacıyla kullanılır. Bilgi toplama sunucusuna gelen siparişler ise müşteri yönetim sunucuları üzerinden siparişlerin karşılanması için firmalara iletilirler.

3.5.4.2 Elektronik Program Rehberi

Elektronik Program Rehberi etkileşimli televizyon kullanımı sırasında izleyicilerin bir programı seçmesi, program hakkında bilgiler alması, film satın alması v.b. tüm işlerini gerçekleştirdiği görsel bir yazılımdır. IPTV mimarisi içerisinde her kullanıcı için lisanslaması yapılarak yazılım olarak IPTV yayın merkezinde uygulama sunucusu üzerinde tutulur. Ayrıca her abone de bulunan STB üzerinde uç yazılımlar kullanılır ve bu uç yazılımlar ana yazılım ile devamlı bir haberleşme içinde bulunurlar. Bu uç yazılımlara EPG adı verilir.

Günümüzde milyonlarca izleyici EPG kullanarak sayısal televizyon yayını seyretmektedirler. Bu nedenle IPTV servisinin verilmesinde EPG'nin etkin olarak kullanılması büyük önem arz etmektedir. IPTV üzerinde IP üzerinden haberleşme işin temelinde olduğundan ve genişbantlı bir erişimin bulunmasından dolayı çok gelişmiş EPG servisleri verilebilmektedir. Uydu veya karasal yayın üzerinden sayısal televizyon yayınlarında ise etkileşim çok iyi sağlanamamaktadır. Çünkü bu hizmetlerde haberleşme tek yönlüdür ve etkileşimin sağlanması için fazladan internet veya veri hatlarına ihtiyaç vardır.

EPG genellikle liste şeklindeki servisler olarak hazırlanmakta ve kontrol edilmektedir. Ayrıca EPG için ayrıca sanal bir kanal atanmaktadır. Tipik olarak izlenmesi uygun olan programların listesi EPG içerisinde bulunur ve bunlardan birisi izleyici tarafından seçilir.

Seçilebilecek yüzlerce kanal ve binlerce programın bulunmasından dolayı arama ekranı istenen içeriğin seyredilebilmesi için tek yöntem olarak görülmektedir. Arama işlemi ayrıca anahtar kelimeler yazılarak ve browsing yöntemi ile de yapılabilir. İki arama metodu da birleştirilebilir ve programların başlatılması için kullanılabilir.

Mini rehberler de hala arama için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem program araması sırasında yaşanan kesintiyi gidermektedir. Çünkü yeni bir program aranırken hala bir önce seyredilen program ekranda bulunmakta ve bu şekilde programlar arasında geçiş yapılırken kesinti yaşanmamış olmaktadır.

3.5.4.3 Etkileşimli Oyun

IPTV servisinin verilmesinde etkileşimin doğal olarak sağlanması sebebiyle oyun pazarının IPTV içerisinde etkileşimli olarak yer almasına yol açmıştır. İnsanlar yapılan araştırmalara göre en çok televizyon başında boş vakitlerini geçirdiklerinden dolayı oyun pazarı da televizyon üzerine doğru kaymaktadır. IPTV servisinin üzerinde verilen oyun servisi de büyük gelirler sağlamaktadır.

Etkileşimli oyun servisinin verilmesinde genel olarak izleyici istediği oyunun bulunduğu kanalı seçer ve izleyicinin kullanıcı kimliğini buraya girmesi istenir. Böylece izleyicinin profili oyun kanalına yüklenir. Bu oyunların tek veya çok kişi ile oynanabilme seçeneği bulunur. Oyunun kataloğunda kısa bir animasyon oynar ve oyunu görsel olarak tanıtır. Oyunu oynamak isteyen izleyici eğer oyunu çoklu olarak oynayacaksa yayın merkezinde bulunan sunucuya bağlanır ve IPTV ağı üzerinde sanki sunucunun yanındaymış gibi oyunu oynar. Bu aynen internet kafelerde oynana paylaşımlı oyunların yapısındadır. Tek farkı izleyicilerin evlerinde birbirleriyle oyun oynayabilmelerinin sağlanmasıdır. Bu da IPTV mimarisi sayesinde mümkün olabilmektedir.

Oyun bittikten sonra izleyicinin profiline oyundaki skorlar kaydedilir. Belli bir süre içerisindeki oyunlarda en yüksek skoru yapan izleyicilere ödül verilmesi gibi promosyonlar da etkileşimli oyunlara olan ilgiyi arttırmaktadır.

IPTV mimarisinde televizyon kullanıldığı için oyunların herhangi bir yere yüklenmesine gerek yoktur. Yeni veya popüler oyunlar IPTV servisi içinde verilebilirse izleyicilerin bu oyunları satın almasına gerek kalmayacaktır. Bilgisayar kullanılmadığı için bazı oyunlarda istenen bilgisayar özellikleri gerekmez. Gelişen STB özellikleri sayesinde oyun konsollarının STB'lere bağlanması mümkün olduğundan bilgisayar kullanılmayacaktır.

3.5.4.4 Etkileşimli Müzik Programları

Müzik kanalları ve canlı konserler televizyonda seyredilme oranları yüksek programlardır. IPTV servislerinde etkileşimin yüksek oranda kullanılabilmesi nedeniyle kişilerin istedikleri zaman istedikleri müziği dinleme istekleri karşılanabilmektedir. VoD servisinin sağlanmasında kullanılan protokol ve yöntemlerin aynısı klipleri izleyicilere seyretirmek için de kullanılabilir. Bu sayede izleyicilerin yeni çıkan bir klibi bir müzik marketten alıp izlemesi gibi bir zorunluluğu olmayacak klip yayınlandığı anda televizyondan izleyebilecektir.

Müzik kliplerinin izlenilmesi sırasında kopyalanmaya karşı koruma DRM veya CA sistemleri sayesinde önlenecektir. Bu yönde her geçen gün şifreleme sistemleri gelişmektedir. Canlı konserlerin izlenmesi sırasında etkileşimin kullanılması sayesinde izleyiciler değişik kamera açılarından konseri izleyebileceklerdir. Bunun yanında değişik noktalarda yerleştirilmiş olan mikrofonlardaki sesler seçilerek aynı konser salonundaymış gibi konser izlenebilecektir.

3.5.4.5 Etkileşimli Eğitim

Televizyon vasıtasıyla eğitim günümüzde geleneksel yayınlarda hali hazırda devam etmekte olan servislerdir. Özellikle ülkemizde Açıköğretim Fakültesinin TRT üzerinden yaptığı yayınlar bunun en iyi örneği olarak gösterilebilir. Ancak bu eğitim düzeninde etkileşim olmadığı için istenilen dersin yayınlanması için bazen günlerce beklenilmekte, yayın saatinde ise yayının seyredilememesi durumunda eğitim başarıya ulaşmamaktadır.

IPTV mimarisi içerisinde etkileşim de kullanılarak tüm bu sorunlar giderilebilecektir. Eğitim için ayrılan bir kanal üzerinden o anda istenen eğitimle ilgili televizyon yayınları, VoD servisinde kullanılan protokoller kullanılarak ve EPG yardımıyla izleyiciye özel olarak getirilebilecektir. Örneğin Açık Öğretim yayınlarında bir programa dahil olan bir öğrenci IPTV servisi üzerinde kendi profilinin yüklü olduğu EPG menülerinden eğitim menüsünü seçerek Açıköğretim menüsüne girecek ve o hafta IPTV üzerinde normal akışında canlı olarak yayınlanan ancak iş durumundan dolayı kaçırdığı dersi seçecektir. Daha sonra istek yapacak ve EPG yayın merkezinde bulunan arayazılımlar üzerinden video sunucularına erişecek

ve kullanıcının istediği eğitim yayını VoD yayını şeklinde izleyiciye yayınlayacaktır. İzleyici bu yayını seyrederken VoD servisinin tüm özelliklerini kullanabilecektir. Yani isterse ileri veya geri alabilecek, isterse yayını durdurabilecektir.

Ayrıca IPTV üzerinden canlı olarak eğitim programları düzenlenebilecek ve öğrencilerin sınıftaymış gibi soru sorabilmeleri ve öğretmenin bunları aynı anda cevaplaması sağlanabilecektir. Burada etkileşim iki türlü sağlanabilecektir. Öğrenciler sorularını bir alana yazı ile yazıp bunu text olarak öğretmene gönderebileceklerdir. Bu şekilde bir etkileşim nispeten IPTV mimarisinde kolay bir yöntem olacaktır. Bunun yanında evlere yerleştirilecek webcam türü gelişmiş kameralarla sorular görüntülü olarak sorulabilecektir. Burada görüntülü konferans iletişimde kullanılan protokollerden yararlanabilecektir. IPTV yoluyla zaten evlere genişbant erişim sağlandığından dolayı burada sorun olmayacaktır.

3.5.4.6 Etkileşimli Yarışma Programları

Yarışma programları bilindiği üzere televizyon yayıncılığında önemli bir yeri olan ve izlenme oranı yüksek programlardır. Ancak geleneksel yarışma programları izleyicilere hitap etmemekte sadece stüdyoda bulunan yarışmacıların ve izleyicilerin yarışmaya katılabileceği bir ortam sunmaktadır.

IPTV üzerinden etkileşimli olarak rahatlıkla verilebilecek yarışma programlarında izleyicilerin de yarışmalara canlı olarak katılmaları sağlanabilir. IPTV üzerinden etkileşimli olarak yayınlanan bir yarışmada sadece stüdyodaki değil tüm IPTV yayını izleyenler aynı anda yarışabilir.

Yarışma programlarına katılım ekranda çıkacak alanlara sorunun cevabının yazılıp text olarak göndererek sağlanabileceği gibi görüntülü olarak da yarışmaya katılım sağlanabilecektir.

3.5.4.7 Etkileşimli Haberler

Haber yayınları genelde canlı yayınlardır. Spikerler haber sunarken ekranda önemli haberlerin yazı olarak ekrana gelir ve uzaktan kumanda ile bu haberler okunabilir. Bu etkileşimli haber yayınlarında en basit senaryodur. Bunun yanında IPTV’de haber dışında bir program seyredirken acil ve önemli haberlerin ekrana yazı olarak gelmesi sağlanabilir. Bu yazının üstüne gelip kumanda ile seçildiğinde haberin detaylarına ulaşılabilir.

Bunların dışında hava durumları da etkileşimli olarak yayınlanabilecek haber türüdür. İzleyici sadece ilgilendiği yerin hava durumunu ekran üzerinden kumanda ile seçerek öğrenebilir.

3.5.4.8 Etkileşimli Spor Yayınları

Spor yayınları dünya üzerinde en çok seyredilen yayın çeşitlerinden birisidir. Televizyonlarda birçok spor programı bulunmaktadır. Geleneksel yayın türlerinde spor programları ile özellikle canlı maç yayınlarında etkileşim sağlanamamakta, maçı televizyondan izleyen seyircilerin duygu ve düşünceleri öğrenilememektedir. Ayrıca televizyon başında maç izleyen seyirciler sadece yayınlanan içeriği görebilmekte kendisine bir seçim hakkı tanınmamaktadır.

IPTV üzerinden kolaylıkla verilebilecek etkileşim hizmetleriyle televizyondan futbol maçı seyretme işleminde bir devrim yaşanabilir. Çünkü izleyiciler maçı istediği kamerayı seçerek izleyebilir.

Etkileşimli olarak izlenen maçlarda hakemin verdiği bir karar tüm izleyiciler tarafından değerlendirilebilecektir. Örneğin hakemin verdiği bir penaltı kararı için tüm izleyicilerin ekranına hakemin kararını doğru bulup bulmadıklarını soran bir web temelli bir soru ekranı gelecek ve tüm izleyicilerin bunu cevaplamasını takiben sonuçlar ekranda açıklanacak ve kamuoyunun tepkisi ölçülebilecektir.

Etkileşimli maç yayınlarında ayrıca ekrana bazı istatistik bilgi başlıkları gelebilecek ve ilgisine göre izleyici bunları kumandayla seçip bu bilgilere ulaşabilecektir. Örneğin maçı oynayan taraflar o ana kadar kaç kere karşılaşmışlar,

ne kadar birbirlerini yenip berabere kalmışlar, kaç gol atmışlar v.b. bilgiler etkileşimli olarak öğrenilebilecektir.

Spor kanalları içerisinde de etkileşim sayesinde daha önce oynanmış maçlar seçilerek izlenebilecektir. Burada da VoD benzeri bir yayın türü verilebilecektir.

3.5.4.9 Etkileşimli Alışveriş

IPTV servisi üzerinden verilen en önemli hizmetlerden biri de alışverişin televizyon üzerinden etkileşimli olarak verilebilmesidir. Tüm dünyada bu şekilde etkileşimli alışveriş kanalları bulunmakta olup alışverişin yapılması durumunda faturalar televizyon yayını için gelecek fatura içerisinde gelmektedir.

Televizyon üzerinden etkileşimli alışveriş hizmeti tüm sayısal televizyon platformlarından yapılabilmektedir. Ancak IPTV servisi üzerinden geri dönüş kanalları aynı anda aktif olduğu için bu servisler daha başarılı olmaktadır.

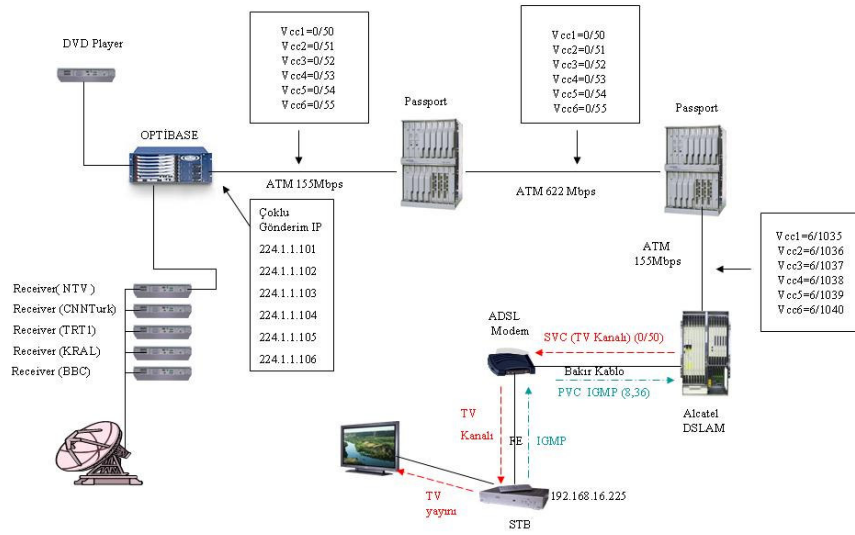
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. IPTV Test Yayını

Türkiye’de veri altyapısı halen ATM temelli olup IP-MPLS omurganın kurulum çalışmaları devam ettiğinden bu hizmetin ülke çapında verilebilmesi için ATM temelli bir altyapının üzerinde çalışılması bir zorunluluktur. Bu tezin konusu genişbant bilgisayar ağları üzerinden televizyon yayınlarının ev kullanıcılarına aktarılmasıdır. Bu nedenle halen kullanılan ATM omurga ve ATM temelli DSLAM üzerinde bir yayın platformunun kurulumu, hangi cihazların kullanıldığı ve yayın akışının hangi protokollerle gerçekleştirildiği bu bölümde anlatılmaktadır. Bu deneme yayın platformu bilgisayar ağları üzerinden televizyon yayınının yapılabileceğini kanıtlamak amacıyla tez kapsamında gerçek anlamda kurulmuş ve aşağıda anlatıldığı şekilde yayın akışı gerçekleştirilmiştir.

Sayısal uydu yayınına alabilen bir uydu anteni ve 5 tane uydu alıcısı, DVD film oynatabilen VGA üzerinden analog çıkış veren bir DVD Player, MPEG-4 formatında kodlama yeteneğine sahip bir kodlayıcı cihaz, ATM protokolünü destekleyen bir ATM anahtar, ATM temelli bir DSLAM, piyasada bulunabilen 4 portlu bir ADSL modem ve IP temelli bir STB kullanılmıştır. Bu gerçek cihazlardan oluşan IPTV deneme platformu ve çalışma şekli Şekil 4.1’de verilmiştir.

Şekil 4.1’den görüleceği gibi, IPTV deneme platformu üzerinde gerçek trafik olan cihazlar üzerinde kurulmuş ve çalıştırılmıştır. Bu deneme platformu 5 televizyon kanalını ve 1 adet DVD film trafiğini ADSL modemin ucunda bulunan STB üzerine aktarmak için çalıştırılmıştır. Burada küçük ölçekli bir IPTV yayın platformunun gerçek trafik üzerinde ATM protokolü üzerinden nasıl taşınabileceğinin görülmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.1 IPTV deneme platformu

IPTV platformunda taşınacak sayısal televizyon yayınlarının öncelikle uydudan alınması amacıyla bir uydu anteni ve 5 adet sayısal uydu alıcısı kurulmuştur. Uydu alıcıları sırasıyla NTV, CNN Türk, TRT1, Kral TV ve BBC kanallarına ayarlanmıştır. Bunun yanında bir DVD player kurularak buradan da DVD film yayınının yapılması amaçlanmıştır. Bu şekilde IPTV deneme platformunda taşınacak olan içerik sağlanmış ve yayın merkezine kadar getirilmiştir.

Yayın merkezini oluşturan Optibase MGW 1100 MPEG-4 kodlayıcı cihazın kurulumu 6 adet codec ile yapılmıştır. Her TV kanalını bir codec kartı sayısalaya çevireceğinden ve IPTV yayın platformunda aynı anda 6 kanalın (5 TV+1 DVD) taşınacağı varsayıldığından 6 kanallı bir kodlayıcının kurulması gerekmiştir. Bu sayede 6 yayın birden burada MPEG-4 olarak kodlanmakta ve sayısal sinyal haline dönüştürülmektedir. Optibase cihazı kendi içerisinde sayısal olarak kodlanan televizyon sinyalinin önüne IP başlık koyarak IP paketi haline getirmekte ve daha sonra bunları bit dizisi şeklinde ATM anahtar üzerine Ethernet arayüzden gönderebilmektedir. Böylece televizyon sinyalinin sayısal kodlanması, IP paketleri içerisine yerleştirilmesi ve IP bitdizisi halinde omurgaya aktarılması aynı cihaz üzerinden yapılabilmektedir. Optibase kodlayıcı cihazı MPEG-4 codec kartı üzerinde alışıandaki analog televizyon kanalını önce ADC kullanarak sayısalaya çevirmekte ve

daha sonra da MPEG-4 olarak sıkıştırılmaktadır. Bu esnada, televizyon sinyalinin bantgenişliği 1.5 Mbps hızlarına kadar azaltılabilmektedir. IPTV platformunda ADSL tarafında kullanıcı için tanımlanan bant genişliğine göre burada sıkıştırmanın oranı yönetim programı üzerinden seçilebilmektedir. Bu platform üzerinde bantgenişliği 2Mbps hızında seçilmiş ve SDTV kalitesinde bir yayın elde edilmiştir. Sayısal hale getirilen yayın, IP paketleri içerisine konarak ATM portu üzerinden ATM omurgaya gönderilir. IPTV platformunda 6 kanal bulunduğundan burada 6 tane PVC tanımlanmış ve bunların her birine bir tane çoklu gönderim IP adresi tahsis edilmiştir. Tablo 4.1’de kodlayıcının çıkışındaki PVC, IP numaraları ve kanal isimleri tablo olarak verilmiştir.

Tablo 4.1 Kodlayıcı çıkışında alınan PVC ve IP numaraları

Kanal Adı	PVC Numarası	Çoklu Gönderim IP Adresi
NTV	0/50	224.1.1.101
CNN Turk	0/51	224.1.1.102
TRT1	0/52	224.1.1.103
Kral TV	0/53	224.1.1.104
BBC	0/54	224.1.1.105
DVD	0/55	224.1.1.106

Kodlayıcının ATM arayüzünden sonra artık televizyon yayınlarının her biri PVC’ler üzerinde taşınmaktadır ve CBR olarak tanımlanmışlardır. Tablo 4.1’de bu PVC’lerin değerleri verilmiştir. Buradan yayınlar ilk ATM anahtar olan Passport cihazına girip buradan PVC değerleri ve CBR kalitesi değiştirilmeden ATM omurganın sonu olarak kabul edilen diğer Passport cihazına aktarılmıştır. Bu şekilde ATM omurga üzerinden IPTV yayınlarının aktarımı yapılmıştır.

ATM omurganın çıkışında ise 155 Mbps hızında DSLAM cihazına bağlantı yapılmıştır. DSLAM ATM temelli olup uplink olarak ATM devre kullanılmaktadır. Bu bağlantı üzerinde ATM PVC’lerin değerleri Tablo 4.2’deki gibi değiştirilmiştir.

Tablo 4.2 ATM Omurga –ATM DSLAM arasındaki PVC değerleri

Kanal Adı	PVC Numarası	Çoklu Gönderim IP Adresi
NTV	6/1035	224.1.1.101
CNN Turk	6/1036	224.1.1.102
TRT1	6/1037	224.1.1.103
Kral TV	6/1038	224.1.1.104
BBC	6/1039	224.1.1.105
DVD	6/1040	224.1.1.106

IPTV deneme platformunda yukarıda anlatılanlar çerçevesinde yayınların tamamı ATM omurga üzerinde taşınarak DSLAM'a kadar getirilmiştir. Buraya kadar her tekli gönderim (unicast) trafik kullanılmıştır. Her kanal için 2 Mbps hızında bir trafik yaratıldığından dolayı 6 kanal için toplamda 12 Mbps hızında bant genişliği ayrılmıştır.

DSLAM cihazının ATM girişine kadar her biri ayrı PVC üzerinden taşınan 6 adet televizyon yayını erişim ağına geçişi DSLAM üzerinden sağlar. Erişim tarafında kullanılan ADSL modem 2 Mbps hızında tanımlanmış olup sadece aynı anda 1 adet televizyon yayını geçirebilecek kapasitededir. Bu yüzden DSLAM cihazı üzerinde IP çoklu gönderim ve IGMP protokollerinin desteklenmiş olması gerekmektedir. Bilindiği üzere IGMP trafiği ile kullanıcının istediği televizyon yayınının ev ağına doğru gönderilmesi sağlanmaktadır. Buna göre DSLAM üzerinde IP çoklu gönderim protokolü aktif edilerek her kanalın DSLAM girişinde üzerinde taşındığı PVC ve Kodlayıcı üzerinde yayınlandığı çoklu gönderim adresi buraya tanımlanmıştır. Ayrıca IGMP katılım mesajı DSLAM üzerinde sonlandırılmaktadır. Katılım mesajında bildirilen çoklu gönderim adresi daha önce girilen ve tablo 4.2'de gösterilen değerlere göre talep edilen kanal hangi PVC üzerinden DSLAM üzerine geliyorsa bu PVC üzerinde taşınan yayın trafiği, DSLAM'dan ev ağına doğru oluşturulan SVC üzerinden gönderilir. Burada SVC kullanılmasının amacı sadece yayın talebi olduğunda bir ATM devre ile yayının taşınmasıdır. Yayın talebi olmadığı durumda yani televizyon kapalı iken burada trafik oluşturulmamaktadır.

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere televizyon yayınları 0/50 numaralı SVC üzerinden taşınırken IGMP trafiğinin taşınması için ayrı bir PVC tanımlanmıştır.

ADSL modeme SVC üzerinden ulaşan ve televizyon yayınına içeren IP paketleri ile PVC üzerinden taşınan IGMP mesajları, modemden FE portundan STB’ye doğru taşınmaktadır. STB üzerinde Ethernet portundan gelen IP paketleri içerisinde UDP katmanında iletilen ve televizyon yayınlarını içeren paketler süzülür ve IP başlıklar atılır. Daha sonra bit dizisi haline dönüşen sinyaller kod çözücüye uygulanır ve sonra DAC’a girerek analog hale dönüşür. Daha sonra da STB’nin VGA çıkışından televizyona verilerek yayın izlenebilecek hale getirilmiştir.

4.2. Sorunlar ve Çözüm Önerileri

IPTV servisinin dünyadaki kullanımının birkaç yıl önce başlamış olmasından dolayı hala önemli sayılabilecek bazı konularda sorunlarla karşılaşmaktadır. Ancak bu sorunların olmasına rağmen çözüm yolları da bulunabilmektedir. Çünkü IP teknolojisi üzerinde her geçen gün yeni özellikler ortaya çıkmaktadır. Bunlar sayesinde de IPTV’de karşılaşılan zorluklar çözümlenebilmektedir.

IPTV servislerinin en önemli sorunlarından birisi IP’nin servis kalitesi olarak görülmektedir. IP protokolü gerçekte verileri sadece paket olarak görüp verinin içeriğine bakmadan tüm verileri eşitmiş gibi taşımak üzere tasarlanmıştır. IPTV üzerinde taşınan veri ise görüntü ve ses olduğundan bunlar gecikmeye karşı hassastır.

IPTV’nin diğer bir sorunu ise tüm televizyon yayınlarının STB’ye gelmemesidir. Erişim tarafında genelde bakır kablo kullanıldığından dolayı bantgenişliği sorunu doğmakta ve bu nedenle IP’nin özellikleri kullanılarak sadece seyredilen kanal eve ulaşmaktadır.

Bu sorunlardan birincisi yayınların kalitesini ikincisi ise kanal geçiş süresini belirlemektedir. IPTV’nin kısaca belirtilen bu sorunları aşağıdaki bölümlerde tartışılmış ve bu sorunlara karşı çözüm önerileri sunulmuştur.

4.2.1 Kanal Geçiş Süresi

IPTV servisinde kanal geçişi servisin kalitesi açısından çok önemlidir. Çünkü izlenecek olan televizyon yayınları STB'ye kadar gelmemekte, IPTV ağının herhangi bir yerinde olabilmektedir. Bu durumda yayının izlenmek için talep edildiğinde buradan STB'ye getirilmesi gerekmektedir.

Kanal geçiş süresinin azaltılması için tüm yayınların STB'nin girişinde hazır olması ve talep edilen yayının hiçbir ağ gecikmesi olmadan buradan alınarak kodunun çözülüp televizyona aktarılması ideal çözümdür. Ancak bu yöntem sadece eve erişimin fiber olması durumunda uygulanabilir. Bunun da çok pahalı bir yöntem olduğu açıktır. Ekonomik olan ve ülkemiz altyapısında uygulanabilirliği gözükken yöntem, bakır kablo üzerinden daha fazla yayının geçirilmesi yöntemidir.

Kanal geçiş süresinin azaltılması için uygulanabilecek bir yöntem Komşu Grup Katılım yöntemidir (Cho, 2003). Bu yöntem IPTV ağı içerisinde bulunan DSLAM ile DSL modem arasındaki bantgenişliğinin aynı anda birkaç televizyon yayınının kabulüne yetecek kadar geniş olduğunu varsayar. STB, IGMP üyelik istek mesajı göndererek yeni bir kanal talebi yaptığında modem sadece bir kanal için değil bir de komşu kanallar için IGMP üyelik raporu gönderir. O nedenle çalışan kanala komşu kanalların çoklu gönderim sinyalleri de modeme gelir. STB komşu kanallara talep yaptığında bu kanallar hali hazırda modeme gelmiş olduğundan kısa süre içerisinde iletebilir.

Bu yöntemde DSL modemin IGMP proxy özelliğini sağlaması ve ayrıca çoklu gönderim grup üyelik yönetimini de sağlar. Modem, IGMP üyelik raporu mesajını aldığında mesajın IPTV için çoklu gönderim grup adresi içerip içermediğini kontrol eder. Böyle bir durumda sadece grup için değil aynı zamanda komşu kanalların yerine geçen gruplar için de üyelik katılımını sağlar.

DSL modem, komşu grup katılım işlemini yürütmek için üç tablo yönetir. Şekil 4.2'de bu tabloların özellikleri gösterilmiştir.

IPTV Kanal Bilgi Tablosu

Kanal No	Çoklu Gönderim Grubu
----------	----------------------

Yerel Çoklu Gönderim Grup Tablosu

Kanal No	Çoklu Gönderim Grubu
----------	----------------------

Komşu Kanal Grup Tablosu

Kanal No	Komşu Çoklu Gönderim Grubu	İlişkili Kanal Kimlikleri
----------	----------------------------	---------------------------

Şekil 4.2 DSL modem üzerindeki yönetim tabloları

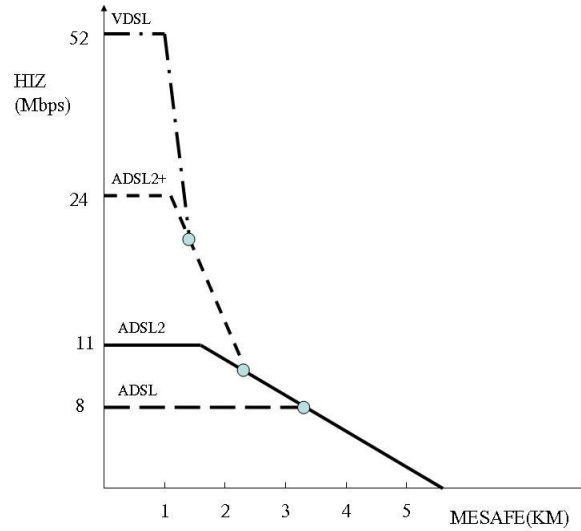
IPTV Kanal Bilgi Tablosu tüm IPTV kanalları için çoklu gönderim grup adres bilgilerini içerir. Yerel Çoklu Gönderim Grup Tablosu ev ağı içerisinde üyelik katılımı için gerçekten yapılan istekleri içeren hostlara ait çoklu gönderim grup bilgilerini içerir. Komşu kanal grup tablosu ise komşu grup ve ilişkili kanal kimlik listesi için çoklu gönderim grup bilgilerini içerir. Komşu kanal grubu içerisinde yerel çoklu gönderim grup tablosundaki her kanalın komşu kanalları tanımlanır. İlişkili kanal kimliği, ev ağı içerisindeki kullanıcı tarafından istenilen ve Komşu Kanal Grup Tablosunun içindeki komşu kanallarla ilgili kuran gerçek kanal numarasıdır. Komşu kanal, grup üyeliği başlatılan kanallara komşu kanalların bir topluluğudur. Komşu Kanal grubu üyeliği başlatılan kanalları da içerir. Komşu Kanal Grubun büyüklüğü ev ile DSLAM arasındaki bant genişliğine göre belirlenir. Komşu Kanal Grup tablosu içerisinde birden fazla multicast gruba İlişkili Kanal Kimliği bulunabilir. Çünkü birden fazla host aynı multicast gruba katılabilir.

Komşu Grup katılım metodunda temel olarak üç adım tanımlanabilir. Adımlardan birincisi kullanıcıdan yeni bir IGMP üyelik katılım mesajı alındıktan sonraki işlem içindir. İkincisi kullanıcıdan IGMP üyelikten ayrılma mesajı alındıktan sonraki işlemi tanımlar. Üçüncüsü ise ev ağı içinde ilişkili daha fazla host olup olmadığını kontrol etmek içindir.

IPTV servisi üzerinde kanal değiştirilme zamanının azaltılması, IPTV servislerinin yayılması sorununa çözüm olabilir. Kanal değiştirme süresinin azaltılmasında çözüm yolu olan Komşu Grup Katılım yönteminde sadece seyredilen kanal için değil operatör tarafından tanımlanacak olan komşu kanallarının da DSL modeme kadar gelmesi sağlanır. Kullanıcı izlediği kanalı komşu kanal seti içinde bulunan başka bir kanala değiştirdiğinde DSL modem bu kanala karşılık gelen yayını kullanıcıya gönderir. Bu da IPTV servisinde kanal değiştirme zamanını azaltan bir yöntemdir. Komşu kanalların neye göre seçileceği de burada bir sorun yaratabilir. Ancak IPTV servisinde her türlü bilginin tutulabilmesi bu sorunu giderebilir. Bir IPTV kullanıcısının hangi kanalları çok seyrettiğinin bir istatistiği tutulması sayesinde komşu kanallar bu bilgiye göre seçilebilir.

4.2.2 Erişim Tarafında Bantgenişliği

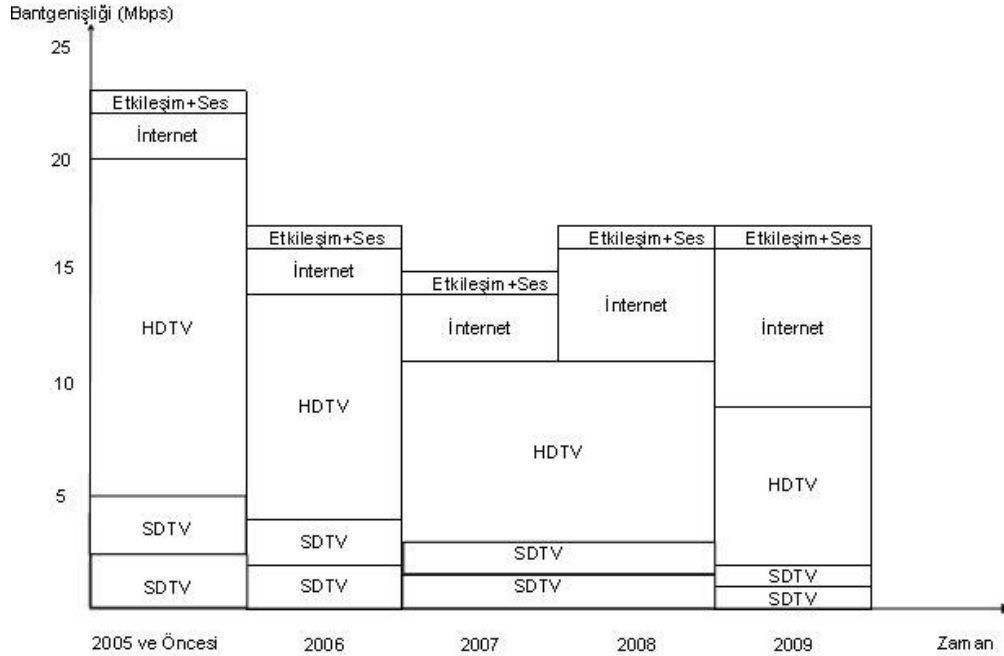
Erişim ağlarında bantgenişliği sınırlaması DSL sistemlerinin kullanılması durumunda IPTV servislerinde bazı sorunlar yaratabilmektedir. Şekil 4.3'de DSL sistemlerinde hızın mesafeye göre değişimi verilmiştir.



Şekil 4.3 DSL Sistemlerinde hız ve mesafenin ilişkisi

Şekil 4.3'de görüldüğü üzere mesafe arttıkça bantgenişliği problemleri ortaya çıkmaktadır. DSLAM'dan yaklaşık 1 km mesafeye kadar ADSL2+ ile 24 Mbps

hızlarına kadar bantgenişliği sağlanabilmektedir. Bu hız VDSL ile 52 Mbps hızlarına çıkmaktadır. Mesafe 2 km civarına gelindiğinde ise bu hız ADSL2+ ile 15 Mbps hızlarına kadar dűřmektedir. VDSL ile de yaklaşık aynı hızlar sağlanabilmektedir. 3 km'den sonra ise ADSL, ADSL2, ADSL2+ ve VDSL teknolojileri arasında hız yönünden bir fark kalmamakta ve 8 Mbps hızlarında bir erişim sağlanabilmektedir. 4 Km'de hız 2-3 Mbps değerlerine kadar dűřmektedir. Bu değerler ideal şartlarda verilen değerler olup bakır kablonun kalitesine ve çevre koşullarına göre bu hız değerleri daha da dűřebilmektedir. IPTV servisinin tam anlamıyla ve tüm servisleriyle birlikte verilebilmesi için önerilebilecek gerekli bant genişliği şekil 4.4'te verilmektedir.



şekil 4.4 Yıllara göre IPTV tahmini bant genişliği

Tablo 4.3'de ise şekil 4.4'de kullanılan yıllara ve kodlama tekniklerinin gelişimine göre IPTV verilmesinde servislerin kullanacakları tahmini bantgenişlikleri verilmiştir.

Tablo 4.3 Yıllara ve Kodlama Tekniğine Göre IPTV Servis Bantgenişlikleri

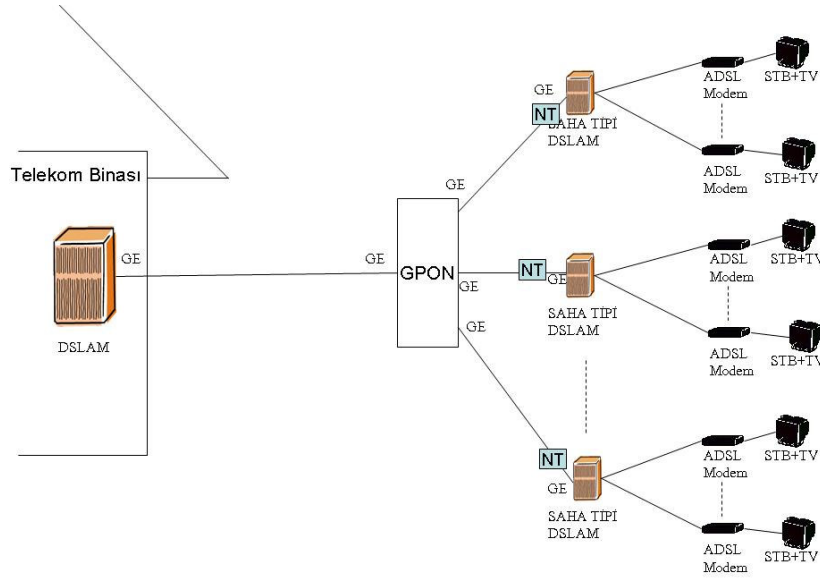
Yıl	Kodlama	SDTV	HDTV	Etkileşim Ses	İnternet	Toplam Hız
2005	MPEG-2	2,5 Mbps	15 Mbps	1 Mbps	2 Mbps	23 Mbps
2006	MPEG-4	2 Mbps	10 Mbps	1 Mbps	2 Mbps	17 Mbps
2007	MPEG-4 (Arttırılmış)	1,5 Mbps	8 Mbps	1 Mbps	3 Mbps	16 Mbps
2008	MPEG-4 (Arttırılmış)	1,5 Mbps	8 Mbps	1 Mbps	5 Mbps	17 Mbps
2009	MPEG-4 (Geliştirilmiş)	1 Mbps	7 Mbps	1 Mbps	7 Mbps	16 Mbps

Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Tablo 4.3'e göre erişim teknolojisi olarak DSL kullanılarak verilecek bir IPTV servisinde yıllara, kodlama çeşitlerine ve servis çeşitliliğine göre IPTV hizmetinin verilebilirliğinin bakır mesafesine bağımlı olduğu görülmektedir. Burada IPTV hizmetinde verilecek servislerin iki adet standart televizyon yayını (SDTV), bir adet yüksek tanımlı televizyon yayını (HDTV), etkileşimli servisler (oyun, reklam, v.b.), ses ve internet erişimi olduğu varsayılmaktadır.

DSL teknolojileri sürekli olarak yenilenmekte, erişim mesafesi ve hızını sürekli olarak arttırmaktadır. Önce ADSL teknolojisi çıkmış daha sonra ADSL2 ve ADSL2+ bunu takip etmiştir. Böylece erişim mesafesi çok artmasa bile erişim hızları devamlı artmıştır. Buna göre IPTV hizmetinin ADSL2+ veya VDSL teknolojileri kullanılarak telekom binasına 1,5-2 Km mesafeye kadar rahatlıkla verilebileceği söylenebilir. Ancak daha uzak mesafelerde mesafeden dolayı DSL devre istenen hızda çalışamayacağından IPTV hizmeti verilemeyecektir.

Bu durumun giderilerek bakır altyapısı olan tüm kullanıcılara IPTV hizmetinin verilebilmesi için çözüm yolu DSLAM cihazlarının apartman girişlerine veya sokaklara kadar getirilmesidir. Bu durumda bakır kablonun mesafesi 1-1.5 Km civarlarında kalabileceğinden ve hemen her evde bakır erişim bulunduğundan dolayı

bakır erişimde mesafe sorunu ortadan kalkacaktır. DSLAM cihazlarının ana telekom santraline bağlantıları fiber optik kablo ile yapılacaktır. Günümüzde bazı ülkelerde her eve fiber (FTTH) teknolojisinin yaygınlaştırılarak mesafe erişimde bantgenişliği sorunu çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak ülkemiz halen altyapı sorunlarının yüksek olduğu bir ülke olduğundan bu yatırımın yapılması neredeyse imkansızdır. Ancak fiber erişimin her eve değil de büyük apartmanlara, sitelere veya saha dolaplarına getirilmesi uygun çözümler olarak görülmektedir. Ayrıca yeni gelişen teknolojilerle bu türlü bir çözümde fiberin ucunun telekom binasına kadar gitmesi yerine Pasif Optik Ağlar (PON) teknolojisi kullanılarak birçok saha tipi DSLAM'ın telekom binasına ulaşımının aynı fiber kablo üzerinden yapılması sağlanabilmektedir. Böyle bir yapı Şekil 4.5'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5 GPON teknolojisi

GPON teknolojisi ile her apartman girişine veya saha dolabının yanına koyulacak DSLAM cihazı için telekom binasına kadar bir fiber kablo çekilmesi sorunu

giderilmektedir. Bir GPON cihazına bağlanan DSLAM sayısı GPON teknolojisi ile günümüzde 64 kadar olabilmekte ve bu sayı gün geçtikçe artmaktadır.

Bu yapıda DSLAM üzerinden bir GE portu ile çıkan bir fiber bağlantı sahada bulunan birçok DSLAM'a bağlantı sağlayabilmektedir. GPON cihazı buradaki trafiği birden çok DSLAM'a bölüştürmekte ve en azından GPON ve telekom binası arasında her DSLAM için bir fiber kablo kullanılmasını engellemektedir. Saha tipi DSLAM'lar abone yoğunluğuna göre apartman veya site girişlerine veya saha dolaplarının yanına konabilir. Bu sayede kullanıcı ile DSLAM arasındaki mesafe 1-1,5 km seviyelerinde tutulabilir. Mesafe problemi olmayan kullanıcıya evine gelen telefon hattı üzerinden ADSL modem ile 15-20 Mbps hızlarında bağlantı bu sayede sağlanabilir. Bu da IPTV yayınlarının sabit ev telefonu olan tüm kullanıcılar için verilebilmesi anlamına gelmektedir.

4.2.3 Omurga Bant Genişliği

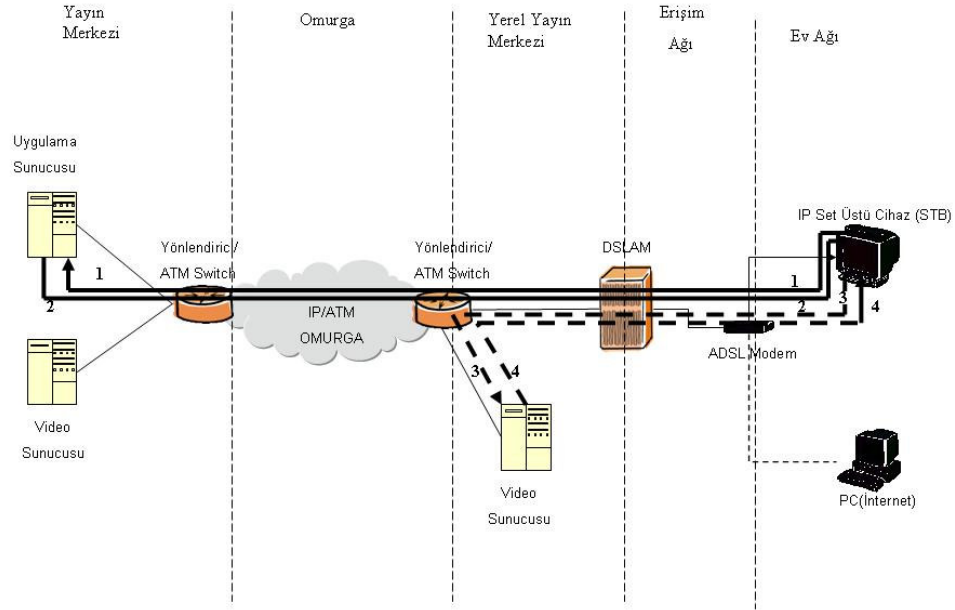
IPTV mimarisinde omurgada kullanılacak bant genişliği IPTV yayınlarının verilmesinde sorun olabilecek diğer bir konudur. Çünkü kanal sayısına göre oluşacak bant genişlikleri çok yüksektir. Ayrıca VoD hizmetinin verilmesi durumunda da her kullanıcı için video sunucularına kadar bir devre açılacağı için bant genişliği daha da artmaktadır.

Omurgaların genel anlamda IP ve ATM temelli olmak üzere ikiye ayrıldığı ve bunların üzerinde IPTV yayınlarının nasıl verilebileceği daha önce anlatılmıştı. Televizyon yayınlarının aktarımında genelde bantgenişliğinde bir sorun oluşmamaktadır. Ancak VoD trafiği omurga üzerine büyük ölçüde yük getirmektedir.

IPTV servisinin verilebilmesi için omurga üzerinde oluşacak yükü karşılamak amacıyla büyük çapta yatırım yapılarak kapasitenin artırılması bir çözüm yoludur. Ancak bu pahalı bir yöntem olarak görülmektedir.

IPTV için yeni bir IP temelli omurga oluşturulması ve bu omurganın sadece IPTV yayınları için kullanılması da bir diğer çözüm yöntemidir. Bu sayede diğer veri trafiği IPTV trafiğinden etkilenmeyecektir. Dünyada kabul gören bu yöntemi, daha çok alternatif operatörler kullanmaktadır. Yerleşik operatörler ise mevcut şebekelerinin kapasitesini artırarak IPTV hizmetini vermektedirler.

Yukarıda anlatılan iki yöntem kullanılsa bile VoD trafiği için omurgada büyük yatırımların yapılmasına ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle VoD trafiği için Dağıtık Video Sunucu yapısının uygulanması omurgadaki bantgenişliği sorununu çözebilecektir. Şekil 4.6'de Dağıtık Video Sunucu yapısında VoD servisinin verilmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Dağıtık video sunucu yapısı

Dağıtık Video Server yapısında Şekil 4.6'da görüldüğü üzere kullanıcı STB üzerinden izlemek istediği içerik için talebini 1 sinyali ile yaptığında bu talep ana yayın merkezindeki uygulama sunucusuna erişir. Burada içeriği izleme talebi değerlendirilir ve yetkilendirilir. Uygulama sunucusu 2 sinyali ile istenen içeriğin bulunduğu video sunucunun yerini bildirir. Burası artık yerel yayın merkezinde bulunan video sunucudur. Kullanıcı 3 sinyali ile talebini yerel yayın merkezindeki video sunucuya aktarır ve yerel video sunucusu talep edilen içeriği kullanıcıya doğru 4 sinyali yönünde gönderir.

Şekil 4.6'de verilen dağıtık video sunucu yapısında VoD servisinde bantgenişliği çok düşük olan talep ve yetkilendirme bilgilerini içeren 1 ve 2 sinyalleri omurgadan

akmasına rağmen video içeriğini içeren 4 sinyali omurga üzerinde akmamaktadır. Bu nedenle VoD trafiğinin oluşturacağı büyük yük omurgaya hiç girmez.

Yerel yayın merkezinde Video Sunucuların dışında küçük kanal kapasitesinde MPEG kodlayıcı cihazlar da bulunabilmektedir. Bunlar sayesinde IPTV servisinden yerel televizyon kanallarının izlenmesi sağlanabilmektedir. Yerel yayın merkezinden yayınlanan içeriğin korunması da yine yayın merkezine kurulacak olan DRM sistemleri ile sağlanabilecektir.

IPTV servisinde yerel yayın merkezlerinin kurulması durumunda omurgada oluşacak bant genişliği büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Omurga üzerine IPTV servisinin yapılması için gerekli yatırımın yanında yerel yayın merkezlerinin oluşturulması için gereken yatırım daha düşük olarak gözükmektedir. Ayrıca yerel yayın merkezlerinden yapılacak IPTV yayınlarında trafik omurgaya girmediğinden gecikme ve yayın kalitesi daha iyi olmakta, omurgada oluşabilecek sorunlar IPTV yayını etkilememektedir.

4.2.4 Hizmet Kalitesi (QoS) Problemi

IP teknolojisi veriyi verimli ve pahalı olmayan bir şekilde taşımak için tasarlanmıştır. Ancak IPTV uygulamalarında, gecikme ve zamana karşı hassas olan ses ve görüntünün taşınması için kullanılmaktadır.

Buna göre IP teknolojisinin sorunu görüntü ve sesin diğer veri çeşitleri gibi olmamasından kaynaklanır. IP ve ethernet gibi anahtarlamalı bir ağ kullanmak, eşsiz bir esnekliği beraberinde getirir. Ancak yine de video hizmetlerinin özel ihtiyaç ve gereksinimlerinden dolayı bazı özel sorunları da beraberinde getirmektedir. IP tüm verileri çeşidine bakmadan sadece veri olarak görür ve verinin sadece bitlerden oluştuğunu varsayar. Video bitlerinin diğer bitler gibi gönderilmesi MPEG kodlama yapılarının verinin aktarım yoluyla ilgili bazı özel varsayımlar yapıyor olması nedeniyle mümkün değildir. Bunlar bütün video bilgisinin hedefe eksiksiz, aynı sırada ve zamanında gittiğini varsayar. Bunlardan herhangi birinin olmaması durumunda, büyük oranda bozulmuş görüntü kalitesini beraberinde getirir. Örneğin bir video akışının belli bir kısmı beklenenden geç giderse, video çözücüsü tarafından yakalanamayacak ve görüntü kayıpları oluşacaktır. Video akışını taşıyan IP ağları, bu varsayımları yapısından dolayı bozabilir ve görüntü kalitesinde ciddi düşmelere

neden olabilir. Sıkıştırılmış ses veya görüntü IP ağında taşınırken tahmin edilemeyen olumsuz etkenlerden etkilenebilir. MPEG teknolojisi, sistem katmanlarını sıkıştırılmış ses ve görüntünün TV yayını gibi basıldığı bir ortama uygun bir şekilde tasarlamışlardır. Bu tip sistemlerde, uçtan uca iletim sırasında bütün paketlerin karşılaşıcağı gecikmelerin aynı olacağını varsayılmıştır.

Güvenilir bir video aktarımı için MPEG teknolojisi, iletim akış paketi ismi verilen belirli bir boyuta sahip paketlerden oluşan bir yapı tanımlamıştır. Belli bir programın birbirinden bağımsız temel ses, görüntü ve yardımcı veri akışları ilk olarak belli boyuttaki paketlere bölünür ve bunların en başına başlıklar eklenir. Paket başlıkları paket tanımlayıcısı (PID) ismi verilen ve bir program içerisindeki tek bir temel akışı tanımlayan bir başlık içerir. Bu paketler daha sonra aralarında belli bir zaman aralığı bırakılarak bir görüntü akışı oluşturacak şekilde gönderilir. Ek olarak MPEG taşıma yapısı, hassas bir senkronizasyon ve kod çözme için gerekli olan zaman etiketlerini ve program zamanlama bilgilerini (PCR) taşır. Bu zamanlama bilgisi, video çözücünün görüntüde atlamalar ve duraklamalar olmadan görüntüyü çözebilmesini sağlayan her bir erişim biriminin packetized elementary stream (PES) katmanında yer alır. Bu özellikler çözücünün kodlayıcıyla sıkı bir şekilde senkronize olmasını sağlar.

Ethernet gibi paket temelli ağlar, gerçek zamanlı videoyu hassas bir şekilde aktarmak için tasarlanmamıştır. Bunun yerine büyük miktardaki veriyi en hızlı ve basit şekilde aktarmak için tasarlanmıştır. Paket temelli ağlardaki gerçek zamanlı iletim tampon belleklerin dolması ve boşalması şeklinde, yani patlamalar biçiminde olmaktadır. Bu da aktarımdaki gecikme değerlerinde değişimlere neden olmakta ve jitter denilen etkiyi oluşturmaktadır.

IPTV mimarisinde bilindiği üzere televizyon yayınlarının kullanıcıya kadar taşınması sırasında sayısal sinyaller küçük paketler haline bölünerek IP paketleri haline dönüştürülür ve taşınırlar. Kullanıcı tarafında bu paketler tekrar birleştirilir ve yayın bu şekilde canlı olarak izlenir.

IP omurga üzerinde görüntü sinyallerini taşıyan IP paketleri oluşabilecek yönlendirme değişiklikleri ve ağ sıkışmaları gibi sebeplerden ötürü kullanıcının STB'sine aynı hızda ve aynı sırada gelmeyebilir. Bu sorun jitter adı ile bilinmektedir. IPTV yayınında kullanıcıya doğru gelen IP paketlerinin yoğunluğu normal bir veri

haberleşmesinden çok daha yoğun olacağından dolayı jitter problemi önem kazanmaktadır.

Sorunun çözümü için omurga ve erişim ağ yapılarında gecikmeye karşı hassas bir yapının kurulmasıdır. Bunun yanında jitter sorununun çözümü için uç cihazlarda jitter için ayrılmış tampon devrelerin kurulması önem kazanmaktadır. Bu sayede gelen ip paketleri yanlış sırada gelmiş ise tampon devrelerde bekletilen paketler doğru sıraya sokularak kod çözücüyü gönderilebilir.

Jitter sorunu, tampon bellek miktarını arttırarak çözülebilmektedir ancak bu da maliyetli olmasının yanında gecikme değerlerini de arttıran bir çözümdür. Basit bir alıcı aygıt kullanarak jitter değerlerinin büyük değişimini algılayabilmek olanaklı değildir.

Ağdaki tampon bellekler taşıdığına, paketler göz ardı edilir. Veri aktarım protokolleri, bu paketleri tekrar göndererek kayıpların önüne geçecek şekilde tasarlanmıştır. Bu yöntem gerçek zamanlı video aktarımı için iyi çalışmamaktadır. Çünkü aktarımda çok büyük gecikme ve fazla yüklenmeye neden olmaktadır. Ayrıca IP multicast'i de içeren görüntü yayın ağlarında iletim tek yönlüdür ve bu da bozuk veya kayıp paketlerin yeniden istenmesine olanak vermez. Ayrıca IP ağlarında sıkışmadan, elektriksel gürültü ve ağ kaynaklarının bozulmasından kaynaklanan paket kayıpları da yaşanmaktadır. Veri bağı katmanındaki FEC bu kayıpları en aza indirebilir ancak bu da veri için tasarlanmış bir mekanizma olduğundan video kalitesini yükseltmeye yetmemektedir.

Buna göre MPEG görüntü sıkıştırması, önemli miktardaki jitter ve paket kayıplarına duyarlıdır. Zamanlama konuları yanında, bazı paketler GOP ve sıra başlığı gibi kod çözme için de gerekli başlıkları içerir. Eğer bu bilgi kaybolursa veya karışık sırayla giderse, çözücü gelen video akımını düzgün bir şekilde çözemeyecek, saniyeler mertebesinde bir duraklama olacak ve bu da izleyici tarafından kolaylıkla fark edilecektir. Sonuçta elde edilen görüntü kalitesi kabul edilebilir olmayacak ve IPTV için büyük yatırımlar yapmış olan müşterilerinin beklentilerini boşa çıkaracaktır.

Yukarıda anlatılan problemlere çözüm olarak içerikten anlayarak ve aktardığı veriyi sınıflayıp buna göre işlem yapan IP temelli cihazların kullanılması önerilebilir. Düşük gecikme, jitter, paket kaybı ve düzgün bir zamanlama-senkronizasyon için, IP

ağında taşınan video içeriğine hizmet kalitesi parametrelerinin (QoS) eklenmesi kaçınılmazdır. Video programları görüntü, ses, grafik ve veriden oluşan temel akışları içerdiğinden, uçtaki kullanıcı cihazlarının düzgün bir şekilde çözme işlemi yapabilmesi için hassas bir zamanlama önemlidir. IP'nin kendi sağladığı QoS, kendi başına yeterli değildir.

QoS'a ek olarak, video merkezli ve içerikten haberdar işleme ile ağdaki büyük jitter değerleri ve paket kayıpları düzeltilerek görüntü akışlarının yeniden senkronizasyonu sağlanabilir. Bu sorunların üstesinden gelindikten sonra, aynı içerikten haberdar cihazlar aynı platform üzerinde özellikle reklam eklemede kullanılan DPI ve gerçek zamanlı yerel içerik sağlama için DMGO gibi uygulamaların da kullanılmasını sağlayabilir.

Yönlendirici ve anahtarlar gibi standart IP cihazları ağ katmanında çalışır ve daha üst katmanlardaki görüntü yükünü incelemek ve işlemek için tasarlanmamıştır. Bir içerikten haberdar cihaz ise, bir IP ağı üzerinde video içeriğini hataları düzeltmek ve özel uygulamaları sağlamak amacıyla incelemek ve işlemek üzere tasarlanmıştır.

Ayrıca içerikten anlayan cihazlar, bu platform üzerinde çalışacak olan aşağıdaki uygulamalara da ev sahipliği yapar.

- Yerel reklam ekleme işlevi için Sayısal Program Ekleme (DPI)
- İçerik yerelleştirme, promosyon ve yerel damgalama (DMGO)
- Görüntü akışları arasında hızlı geçiş
- İçerik güvenliği ve görüntü kalitesini yönetmek

4.3 Diğer Yayın Teknolojileri ile Karşılaştırma

Televizyon sinyallerinin analogdan sayısala çevrilerek yayınlanmasından yani sayısal yayıncılığa geçilmesinden sonra, sıkıştırılarak gönderilen televizyon sinyalleri daha az bantgenişliği ihtiva ettiğinden dolayı aynı bantgenişliğinden iletilen kanal sayılarında bir artış olmuş ve yayın kalitesi de artmıştır. Bilindiği üzere genel anlamda Dünya üzerinde karasal, kablo ve uydu üzerinden televizyon yayın tekniği yaygın olarak bulunmaktadır. Kablo ve uydu üzerinden sayısal yayıncılığa 1990'lı yıllarda geçilmesine rağmen karasal yayıncılıkta sayısala geçilmesi 2000'li yılları bulmuştur. Ülkemizde ise hali hazırda karasal ve kablo televizyon yayıncılığında halen analog yayın teknikleri kullanılmaktadır. Uydu üzerinden ise

sayısal yayıncılığa Avrupa’da 1995’li yıllarda geçilmiş ve bu yayınlar ülkemizde de izlenmiştir. Ancak kablo üzerinden sayısal yayıncılık denemeleri ancak geçtiğimiz senelerde deneme olarak yapılmıştır. Karasal sayısal yayıncılık Dünyada 2000’li yılların başından beri test edilmekte olup bazı ülkelerde kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde ise test çalışmaları geçtiğimiz aylarda başlamış ve halen devam etmektedir.

IPTV tüm Dünya’da son yıllarda kullanılmaya başlamış yeni bir teknolojidir. IPTV’nin yaygınlaşmaya başlaması ile birlikte bilgisayar ağları üzerinde karşılaşılan sorunlar artmaya başlamış ve sorunların giderilmesi amacıyla gerek IP tabanlı servislerde gerekse televizyon yayınlarının sıkıştırılarak bant genişliğinin azaltılmasını sağlayan kodlayıcılar üzerinde her geçen gün yeni gelişmeler olmaktadır.

Bu bilgiler ışığı altında televizyon ve televizyon yayıncılığındaki gelişmelere paralel olarak IPTV ve geleneksel yayın teknolojilerinin birbirlerine üstünlükleri aşağıda verilmiştir.

- Kablo altyapısı sadece televizyon servislerini karşılamak için geliştirilmiştir. Üzerinden internet erişimi de aynı yapı üzerinden sonradan yaratılan bir servis olmuştur. Ayrıca internet erişimi paylaşımlı bir ortamı kullanmakta ve uçtan uca garantili bir bantgenişliği tanımlanamamaktadır. Uydu ve karasal televizyon yayıncılığı da sadece televizyon yayıncılığı düşünülerek geliştirilen teknolojilerdir. IPTV teknolojisi ise ses, görüntü ve veriyi aynı anda ve aynı ortamı kullanarak verecek şekilde tasarlanmıştır. Bu hizmetleri vermek IP’nin doğasında bulunmaktadır.
- Kablo ve uydu üzerinden yapılan televizyon yayınları uzun süreden beri hizmette olduğundan dolayı zengin film, spor ve ücretli televizyon (Pay TV) seçenekleri vardır. IPTV yayınları ise genelde birkaç yıldan beri yapılmakta olduğundan dolayı bu zengin içeriği tam olarak yakalayamamış durumdadırlar. Ayrıca IPTVyayını yapan şirketler genelde telekom operatörleri olup televizyon yayıncılığı deneyimleri azdır.
- IPTV altyapısında, geri dönüş kanalı ismini verdiğimiz kullanıcı tarafındaki trafiğin yayın merkezlerine aktarılmasını sağlayan veri yolu

doğal olarak bulunmaktadır. Çünkü IP temelli trafik çift taraflı bir trafiktir. Kablo televizyon altyapısında geri dönüş kanalları kablo modem üzerinden yapılabilmektedir. Ancak genel anlamda kablo televizyon trafiği tek yönlü olup geri dönüş kanalı olarak kablo modemler kullanılabilmektedir. Bunlar da paylaşımlı bir yapı kullandıklarından dolayı garanti edilemeyen bantgenişliğinden dolayı geri dönüş kanalı sorun yaratabilmektedir. Uydu ve karasal yayıncılıkta ise televizyon trafiği tamamen tek yönlü bir iletim kanalı kullanırlar. Bunlar geri dönüş kanalı olarak çevirmeli ağ (dial-up) ve ADSL gibi ayrı bir altyapı kullanmak zorundadırlar.

- VoD servisi uydu ve karasal yayıncılık üzerinden tam anlamıyla verilememektedir. Çünkü burada yayın tek yönlüdür ve kullanıcının başla-durdur-bitir komutları aynı iletim yolu üzerinden yayın merkezine iletilmez. Ayrıca içeriğin her kullanıcıya ayrı ayrı bantgenişliğinden gönderilmesi yapılamamaktadır. Kablo üzerinde ise geri dönüş yolunun aynı iletim ortamından yayın merkezine kadar yapılması mümkündür. Bu yüzden video sunucuların yerel yayın merkezinde olması durumunda VoD hizmeti verilebilir. Ancak video sunucuların tüm yayın merkezlerinde talep edilebilecek bütün içeriği bulundurması gerekmektedir. Bu da maliyeti büyük oranda arttıracaktır. IPTV’de ise yayın merkezi mimariye göre bir tane olabilir. Bu durumda tüm IP omurga birbirine bağlı olduğundan istenen içerik IP omurga üzerinden iletilir. Buna göre VoD ve unicast hizmetlerin verilmesinde diğer yayın teknolojilerine göre IPTV altyapısının kullanımı uygun olmaktadır.
- PVR gibi gelişmiş video servisleri de tüm yayın tekniklerinden verilebilir. Ancak bu durumda tüm STB’ler üzerinde hard disk bulundurulması gerekir ve bu da STB maliyetini büyük oranda arttırabilir. IPTV’de ise nPVR hizmeti verilebildiğinden dolayı PVR servisinin kötü yanları giderilebilmektedir. Diğer yayın teknolojilerinde nPVR hizmetinin verilmesi sorunlu olmaktadır.
- Uydu üzerinden bant genişliği yüksek olan HDTV gibi yayınları yapmak pahalıya gelmektedir. Çünkü uydu kirası ve transponder ücretleri çok

yüksektir. Karasal yayıncılıkta da paylaşımlı bir ortam olan hava kullanıldığından dolayı kısıtlı bir bantgenişiği bulunmaktadır. IPTV de ise HDTV gibi yüksek kaliteli yayınların verilmesi, bantgenişiği açısından erişimdeki kısıtlamalar haricinde mümkün olmaktadır. Kablo televizyonda da HDTV yayınları yapılabilmektedir.

- IPv6, IP haberleşmesinde hizmetler için QoS getirecektir. Bu durumda video trafiği IP üzerinde iletilirken kalite problemleri daha az ortaya çıkacaktır.
- IP iletişim tekniğinde yeni gelişmelere uyum yapıyı değiştirmeden küçük çaplı değişiklik veya upgrade ile gerçekleştirilebilir. Ancak diğer yayın teknolojilerinde bu iş için yapıyı değiştirmek gerekebilir.
- Etkileşim, IPTV altyapısında kolaylıkla yapılabilmektedir. Kablo televizyon üzerin de ise bazı zorluklar olmasına rağmen etkileşim belli bir oranda yapılabilir. Karasal ve uydu yayınında ise STB'ye harici veri devreleri bağlanarak harici bir yoldan etkileşim sağlanır.
- IPTV'nin içerisinde yerel televizyon kanallarının ve haberlerinin iletilmesi yerel yayın merkezlerinin kullanımı ile çok kolay yapılabilmektedir. Aynı şekilde kablo ve karasal yayınlarda da yerel içerik iletimi yapılabilmektedir. Karasal yayında bantgenişliğinin paylaşımlı olmasından dolayı yerel içerikler verilebilmesine karşın bu sınırlı olmaktadır. Uydu yayıncılığında ise yerel içerik yayınlanması mümkün değildir.
- IPTV'nin diğer yayın teknolojilerine göre en önemli avantajlarından birisi her eve ulaşılabilir bir altyapı olan bakır kabloyu kullanmasıdır. Uydu iletişimi erişim yönünden en iyi yayın yöntemi olmasına rağmen etkileşiminin az olması, yerel içerik ve NPVR verilememesi gibi sebeplerden dolayı sayısal yayıncılığın gelişimine uyum sağlayamamaktadır. Kablo yayınlarında erişim sadece yerel alanlarda yapılabilmekte ve karasal yayıncılıkta ise erişim sınırlı olmaktadır.
- Kablo, karasal ve uydu sistemlerinde tüm televizyon yayınları STB'nin girişine kadar gelmektedir. Ancak IPTV'de bakır hattın sınırlamasından

dolayı bir veya birkaç tane yayın STB ucuna kadar gelir. Bu durum görünüşte kanal değiştirme durumunda sürenin biraz uzun olmasına yol açar. Geliştirilen teknolojiler ile bu sürelerin kabul edilebilir sürele indirilmesi mümkündür.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dünyada internetin yayılmaya başladığı 1980'li yıllardan sonra bilgisayarların birbiri ile haberleşmesi ve bu haberleşme sırasında yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyulması sonucunda bilgisayar ağlarının gelişimi artmıştır. Bunun paralelinde sayısal televizyon yayıncılığı ve etkileşimli televizyon servislerinin gelişimi de devam etmiştir. Bu gelişim sonucunda televizyon yayınlarının bilgisayar ağları üzerinden iletilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir.

Televizyon yayınlarının bilgisayar ağları üzerinden iletilmesi sonucunda bilgisayar ağları üzerinde taşınan trafiğin büyük ölçüde artması beklenmektedir. Bu artışı karşılamak üzere yeni yatırımların yapılması bir zorunluluk olarak görülmektedir. Burada pahalı olan ATM altyapılarının kullanılması yerine ucuz olan ethernet ve IP çözümlerine doğru bir tercih söz konusu olmaktadır. IP, tüm dünya üzerinde geleceğin ağları için bir çözüm yolu olarak görülmektedir. Ancak IP internet trafiğinin taşınması ve tüm dünyadaki bilgisayarları birbirine bağlamasında bazı zorluklar ortaya çıkmıştır. Bunlardan en önemlileri her bilgisayarın internet numarasını belirten IP numaralarının giderek azalması ve IP'nin kaliteli bir servis sağlanmasındaki yetersizliğidir. Ancak Ipv6 ile tüm bu sorunların aşılması planlanmaktadır. Ipv6 ile hem neredeyse sınırsız IP numarası sağlanması hem de kalite sağlanacaktır. Kalitenin sağlanmasında bir diğer yol da MPLS ve VPLS servislerinin yaygınlaştırılmasıdır.

Tüm dünyada günümüzde servislerin birleştirilmesi ve tüm hizmetlerin bir arada aynı operatör tarafından verilmesi yani ses, görüntü ve verinin birarada aktarılması en güncel konulardan biridir. Bunun gereğince kablo televizyon operatörleri televizyon yayını ile beraber internet erişimi ve ses operatörlüğü yapmaya başlamışlardır. Buna karşılık ise telekom operatörleri de televizyon hizmetlerini vermeye başlamışlardır. Uydu yayıncıları ise üçlü servise geçmek amacıyla özel STB'ler geliştirmişler ve uydu alıcılarına ADSL gibi veri bağlantıları sağlayarak hem ses hem de veri servisleri vermeye başlamışlardır.

Ülkemizde ise kablo operatörleri sadece analog televizyon yayını ve kablo modemler vasıtası ile paylaşımlı bir internet servisi sunmaktadırlar. Telekom operatörleri ise halen en büyük gelirleri olan ses gelirlerini korumaya çalışmaktadır.

Uydu üzerinden yapılan sayısal televizyon yayınlarında ise kanal sayısının çok olmasına rağmen geri dönüş yolunun halen telefon üzerinden çevirmeli bağlantılarla sağlanması, etkileşimli televizyon yayınlarının tam anlamıyla verilmesini pek mümkün kılmamaktadır. Ülkemizdeki bu ortamda IPTV servisinin verilmesi durumunda hem sayısal televizyon yayınları hem de etkileşimli televizyon servisi verilebilecektir.

Ülkemizde IPTV servisinin verilebilmesi için son yıllarda gerekli altyapılar sağlanmaya başlamıştır. Öncelikle bakır erişimde kullanılan DSL altyapısı gelişmiş ve ADSL abone sayısı 2 milyonu geçmiştir. Ancak IPTV servisinin verilmesinde halen ülkemizde kurulu bulunan ATM tabanlı DSLAM'ların kurulu bulunması bir zorluk yaratmaktadır. Halen ülkemizde kullanılmakta olan ve 155 Mbps uplinke sahip ve bunun ortalama 50 Mbps hızını internet erişimine ayıran DSLAM'ların IPTV servisinde kullanılabilmesi pek mümkün gözükmemektedir. Kullanılsa bile ATM tabanlı bir iletişimde tüm yayınların DSLAM üzerine getirilmesi zorunluluğu vardır. Buna göre 50 kanallı bir IPTV yayınında MPEG4 ile kodlanmış ve 2 Mbps hızındaki yayın 100 Mbps hızında bir bantgenişliğine sahip olacaktır. Bu da tüm bantgenişliğinin kullanılması demektir. Bu durumda etkileşim ve VoD için harcanacak bant genişliği kalmamaktadır. Böyle bir IPTV servisinin de başarılı olma ihtimali gözükmemektedir. IPTV servisinin verilmesi için ATM temelli DSLAM'lar yerine IP temelli ve gigabit ethernet uplinke sahip DSLAM'ların kullanılması gerekmektedir. Bunun için de yeni DSLAM yatırımlarının IPDSLAM olarak yapılması planlanmalıdır.

IPDSLAM'ların kurulması için IP omurganın DSLAMların bulunduğu yere kadar gelmesi gerekmektedir. Bunun da ülkemizde de hali hazırda kurulu bulunan ancak yeterli olmayan Metro Ethernet şebekesinin genişletilmesi ile sağlanması mümkündür. Metro ethernet kutusu üzerinde bulunan GE arayüzü ile IPDSLAM'ın GE arayüzü birbirine bağlanarak IP omurgadaki IPTV yayınlarının IPDSLAM'ın üzerine iletilmesi sağlanabilecektir.

Ülkemizde halen ATM temelli omurgalar kullanılmaktadır. IP omurga kurulum çalışmaları devam etmektedir. IPTV servisinin verilmesi için IP omurganın

kurulması ve IPDSLAM'ların bu omurgaya bağlanarak tamamen IP temelli bilgisayar ağlarının kullanılması en iyi yöntem olarak görülmektedir.

IP temelli sistemlerde, taşıma ortamının Ethernet olmasının da katkısıyla, maliyetler daha düşük olmakta ve daha yüksek bantgenişliği sağlanabilmektedir. Devamlı artan bantgenişliği ihtiyaçlarını ATM temelli ağlarla karşılamak hem daha masraflı olmakta hem de daha az bant genişliği sağlamaktadır. IPTV servislerinin verilmesinde bantgenişliği sorununun olmaması gerekmektedir. IP'nin bu iyi yanlarının yanında IPTV için en kötü özelliği hizmet kalitesinin sağlanamaması olduğundan bu konuda ilave önlemler alınması gerekmektedir. IPTV servisi ile ileride HDTV yayınları da verilebileceğinden kaliteden ödün verilmemelidir.

Yayın merkezinde ise MPEG-4/AVC türü yeni kodlama çeşitlerinin kullanılarak en düşük bantgenişliğinde yayın akışı sağlanması omurgada ve erişimde bantgenişliği sorununu azaltabilecektir. Ayrıca etkileşimli servislerin verilmesi ve özellikle VoD, NPVR gibi özelliklerin aktif edilmesi IPTV yayınının başarılı olması için gerekli görülmektedir.

IPTV yayıncılığı sorunları olan yeni bir teknoloji olmasına rağmen çözümlerinin mevcut olması ve bu konudaki teknolojinin çok hızlı gelişmesinden dolayı geleceğin yayın tekniği olabilecektir. Ülkemizde de bu teknolojiye geçilerek, kaliteli ve etkileşimli televizyon yayıncılığına başlanabilecektir.

KAYNAKLAR

(1) KİTAP

Cisco Systems, 2001. *IP Multicast Training Materials*, 1065p

Çölkesen, R.,2003. Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri, Papatya Yayıncılık, 448s.

Reimers, U.,2001.*Digital Video Broadcasting*,Verlag Berlin Heidelberg.
Background Book 2002, Nera Broadband Satellite AS (NBS)

Schwalb, M.E.,2004. *ITV Handbook Technologies and Standards*, Pearson Exlactice İnc.

Wegner,J.D., 2000. *IP Adressing and Subnetting*, Syngress Media, İnc., United States of America, 487p.

(2) MAKALE

Altgeld, J, 2005. Whitepaper IPTV/VoD, IBM paper for the İnternational Engineering Consortium (IEC).

Broadband Services Forum,2004. IPTV Explained.

Cherry, S. 2005. The Battle for Broadband. IEEE Spectrum, s 24-29

Cho, C.,2003. Improvement of Channel Zapping Time in IPTV Services Using the Adjacent Groups Join-Leave Method. Network Technology Laboratory, ETRI.

CSG Systems, 2005. Leveraging BSS Systems for Successful Launch and Differantiation of IPTV Services. CSG Systems, Inc.

Fahmy, S., Jain, R. 1997. Protocols and Open Issues in ATM Multipoint Communications. The Ohio State University.

Gibson, J.F., Bakkers, J.H. 2005. Weste rn European I PTV Forecast, 2004-2009. IDC.

Haris, A.,2005. Enabling IPTV. What carries Need to Know to Succeed. White Paper, IDC.

HP-Intel Solution Center, 2003. End to end IPTV to the Digital Home.

IDS, 2005. The new Medium of Television

Intellon, 2005. IPTV- Distribution in Home Networks.

Kasenna Inc, 2005. Deploying Network Based PVR Services

Kingsford-Smith, I., 2003. İnteractive TV Advertising. Sydney, Australia.

Klein, J.A., 2003. Digital Television For All. The Generics Group.

Lonigro, P. 2002. The Deployment of Video over DSL: When, Where & Why. Pace Micro Technology.

Menon, S.,2004. Clustering Architecture for Scalability and Availability of MediaBase Video Servers and Network DVR Servers. Kasenna Inc.

Morgül, A., 2004 *Dijital Televizyon Yayınlarının Bugünkü Durumu*.

- Myrio, 2003. The Value of Middlaware-taking IPTV from Headend to Home.
- Open tv, 2005. Interactive Advertising Whitepaper. Open TV, Inc.
- Open tv, 2005. IPTV Solutions. Open TV, Inc.
- Pannaway, 2004. Understanding how IP TV can be included in the LEC services offering.
- Paradyne, 2005. The Video over IP DSL Solution.
- Park, W., 2005. IPTV-aware Multi-Service Home Gateway based on FTTH Access Network. IEEE.
- Philips, 2005. *Digital Set-Top Boxes*. Royal Philips Electronics.
- Project P911-PF, 2000. IP Multicast.
- Ruckus White Paper, 2005. I want my IPTV: IPTV and Its Implications on Home Networks. Ruckus Wireless.
- Schiller, J., 2004. Network PVR: Everything on Demand. NCUBE, Inc.
- Shim, S., Lee, Y. 2002. Interactive TV: VoD Meets the Internet. *Web Technologies*, s108-109
- Skystream Networks, 2004. The New Compression Technologies. SkyStream, Inc.
- Straub, R. 2005. Securing IPTV content. Article published by InterComms.
- Sue, M., Dixon, D, Atkin, J. 2005. Finding the Right Investments in IPTV. RBC Capital Markets.
- SupportSoft, 2005. IPTV-The Clear Picture. SupportSoft, Inc.

ÖZGEÇMİŞ

Murat ERASLAN, 01.01.1971 yılında Yozgat'ta doğmuştur. İlkokulu Ankara İsmail Erez ve Lüleburgaz General Ferhat Akat İlkokullarında okumuştur. Ortaokulu Lüleburgaz Ortaokulunda ve Liseyi ise Bursa Çelebi Mehmet Lisesinde bitirmiştir.

1987 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Bölümüne başlamış ve 1991 yılında Üniversiteden Elektronik Mühendisi olarak mezun olmuştur. 1994 yılında Muğla Türk Telekom'da göreve başlamıştır. 1994 yılı sonunda Asteğmen olarak askere gitmiş ve 1996 yılında askerliğini tamamlamıştır. 2000 yılında evlenmiştir. 2003 yılından itibaren Ankara Türk Telekom Genel Müdürlüğünde Şef Mühendis olarak görev yapmakta olan Murat ERASLAN'ın bildiği yabancı dil İngilizcedir.