



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**IPTV AĞ DAĞITIM TEKNOLOJİLERİ, İÇERİK TAŞIMA
MİMARİSİ VE ÇOK NOKTAYA YAYIN**

Elektronik Müh. Murat PINARBAŞI
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

Danışman
Prof.Dr. Sıddık YARMAN

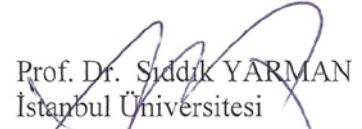
Temmuz, 2009


İSTANBUL

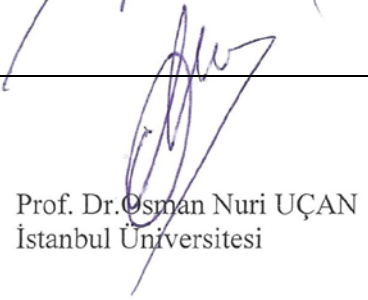
Bu çalışma 15/06/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Elektronik Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Prof. Dr. Aydın AKAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Sıddık YARMAN
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Hakan Ali ÇIRPAN
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Osman Nuri UÇAN
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Ahmet SERTBAŞ
İstanbul Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her kademesinde mükemmel yol göstericiliği, eşsiz öneri ve destekleri ile katkıda bulunan saygı değer ve çok değerli Prof. Dr. Sıddık Yarman Hocama çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmamı hazırlarken desteklerini esirgemeyen Türk Telekom ailesine ve bu çalışma süresince karşılaştığım zorluklar karşısında bana cesaret veren, destekleri ile çalışmamı tamamlamamda büyük pay sahibi olan sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Temmuz, 2009

Murat PINARBAŞI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. IPTV	2
1.2. IPTV FONKSİYONEL MİMARİSİ	2
1.2.1 NGN Etkileri	2
1.2.2 NGN Üzerinden IPTV ve IPTV Referans Modeli	3
1.3. IPTV ALTYAPISINA GENEL BAKIŞ	5
1.3.1. IPTV Data Merkezi	5
1.3.2. Genişband Erişim Ağı	5
1.3.3. IPTVCD	6
1.3.4. Ev Ağı	6
1.4. ANAHTAR IPTV UYGULAMALARI VE SERVİSLERİ	6
1.4.1. Dijital Televizyon Yayını	6
1.4.2. İstek Üzerine Video Servisi (VoD)	7
1.5. IPTV PAZARLAMA VERİLERİ	8
2. GENEL KISIMLAR.....	9
2.1. IPTV AĞ DAĞITIM TEKNOLOJİLERİ	9
2.2. FIBER ERİŞİM AĞLARI ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI	9
2.2.1. PON	11
2.2.2. AON	15
2.3. ADSL AĞLARI ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI	15

2.3.1.	Adsl	15
2.3.2.	Adsl 2	18
2.3.3.	Vdsl	19
2.4.	KABLO TV VE UYDU AĞI ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI ...	20
2.4.1.	HFC Teknolojisi	20
2.4.2.	Kablo TV Ağı Üzerinden IPTV Dağıtımı	21
2.4.3.	Uydu Ağı Üzerinden IPTV Dağıtımı	23
2.5.	KABLOSUZ AĞLAR ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI	24
2.5.1.	WIMAX Üzerinden IPTV Dağıtımı	24
2.6.	INTERNET ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI	26
2.7.	IPTV OMURGA TEKNOLOJİLERİ	27
2.7.1.	ATM ve SONET/SDH	28
2.7.2.	IP ve MPLS	28
2.7.3.	Metro Ethernet	30
2.8.	IPTV İÇERİK SIKIŞTIRMA YÖNTEMLERİ	32
2.8.1.	MPEG Sıkıştırması	34
2.8.2.	VC-1	42
2.8.3.	MPEG Audio Sıkıştırma Yöntemleri	43
3.	MALZEME VE YÖNTEM	46
3.1.	İÇERİĞİN PAKETLENMESİ VE KAPSÜLLENMESİ	46
3.1.1.	IPTV Haberleşme Modeli (IPTVCM)	46
3.1.2.	IPTV ve MPEG İçeriği Taşınması	47
3.2.	IPTV ÇOK NOKTAYA YAYIN MİMARİSİ	66
3.2.1.	IGMP Cihazları	66
3.2.2.	Çok Noktaya Yayın Grupları ve Adresleme	68
3.2.3.	Çok Noktaya Yayın Protokolleri	68
3.2.4.	Çok Noktaya Yayın Taşıma Mimarisi	87
3.2.5.	IGMP Trafik Gözetleme İşlevselliği	94
3.2.6.	IGMP Proxy İşlevselliği	96
4.	BULGULAR	98
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	102

KAYNAKLAR	103
EK-A	105
ÖZGEÇMİŞ	107

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	IPTV Referans Modeli	3
Şekil 1.2	NGN Üzerinden IPTV	4
Şekil 1.3	Basitleştirilmiş Noktadan Noktaya IPTV Sistemi	5
Şekil 1.4	Dünya Çapında IPTV Kullanıcı Sayısı	8
Şekil 2.1	FTTH ile PON Teknolojisi Üzerinden IPTV Hizmeti	12
Şekil 2.2	ADSL Frekans Paylaşımı	16
Şekil 2.3	ADSL Ağı Üzerinden IPTV Hizmeti	17
Şekil 2.4	VDSL-2 Artan Mesafe İle Hız Değişim Eğrisi	19
Şekil 2.5	Uçtan-Uca HFC Ağı	21
Şekil 2.6	Kablo TV Altyapısı Üzerinden IPTV Dağıtım Mimarisi	22
Şekil 2.7	Uçtan Uca Uydu Merkezli IPTV Dağıtım Sistemi	23
Şekil 2.8	IPTV Trafik Taşıyan Basitleştirilmiş WiMAX Sistemi	24
Şekil 2.9	WiMAX Haberleşme Modeli	25
Şekil 2.10	İnternet TV (Kanal) Ağ Mimarisi	26
Şekil 2.11	IPTV Ağı ve Omurga Altyapısı	27
Şekil 2.12	MPLS Çekirdek Ağ Topolojisi	29
Şekil 2.13	IPTV Ağ Altyapısında EVC Kullanımı İle Dağıtım	31
Şekil 2.14	MPEG Video Akışının Hiyerarşik Yapısı	37
Şekil 2.15	H.264/AVC'nin Desteklediği Blok Boyutları	41
Şekil 2.16	H.264/AVC Çerçeve Referanslama Sistemi	41
Şekil 3.1	IPTVCM Referans Modeli	47
Şekil 3.2	IPTVCM Kapsülleme Katmanları	48
Şekil 3.3	Bir NAL Ünitesinin Yapısı	49
Şekil 3.4	MPEG PES Paket Formatı	50
Şekil 3.5	MPEG PES Paketlerine Zaman Mührü Uygulanması	51
Şekil 3.6	AVC Ünitelerinin MPEG-2 PES Paketleri İçerisine Adreslenmesi ...	51
Şekil 3.7	MPEG TS Paket Formatı	52
Şekil 3.8	PAT ile PMT Arasındaki İlişki	54
Şekil 3.9	RTP Başlığının Tipik Formatı	55
Şekil 3.10	TCP Akış Kontrol Karar Şeması	57
Şekil 3.11	IP Ağı Üzerinden Ara-Süreç Haberleşmesi	59
Şekil 3.12	UDP Tabanlı IPTV Datagramı	60
Şekil 3.13	IPv4 Video Paketi Formatı	61
Şekil 3.14	IP Adres Sınıfları	63
Şekil 3.15	D-Sınıfı Çoklu Noktaya Yayın Adresi Yapısı	68
Şekil 3.16	IGMPv1 Mesaj Formatı	70
Şekil 3.17	IGMPv2 Mesaj Formatı	72
Şekil 3.18	Protokol akışı – IGMPv2 bırakma süreci	75
Şekil 3.19	IGMPv2 katılma süreci	77

Şekil 3.20	Sorgu Mesajlarını İdare etmek İçin bir Yönlendirici Belirleme için Seçim Mekanizması	79
Şekil 3.21	IGMPv3 üyelik rapor mesaj biçimi ..	81
Şekil 3.22	IGMPv3 Katılma süreci	83
Şekil 3.23	IGMPv3 Sorgu Süreci Örneği	85
Şekil 3.24	IGMPv3 Ayrılma Süreci Örneği	86
Şekil 3.25	IPTV Çok Nok. Yayın Dağ. Kay. Ağacının Basitleştirilmiş Örn. ...	88
Şekil 3.26	IPTV Çok Nok. Yayın Dağ. Kay. Ağacının Basitleştirilmiş Örn.	89
Şekil 3.27	Ağ Artıklığının Desteklenmesi İçin PPM-SSM Kullanımı	91
Şekil 3.28	RPF Doğrulama Testi Örneği	93
Şekil 3.29	Bir IGMPv2 Katılımının Gözetlenmesi	95
Şekil 3.30	IGMP Proxy İşlevselliğini Desteklemek İçin İki Ayrı IGMP İşaret Yolunun Oluşturulması	96
Şekil 4.1	Dünya Çapında IPTV Kullanıcı Sayısı	98
Şekil 4.2	Vdsl Hız Mesafe Eğrisi	99

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1	Global IPTV Tahmini Kullanıcı Sayısı	8
Tablo 2.1	PON Teknolojileri Kıyaslaması : BPON, GPON, EPON	14
Tablo 2.2	SONET Optik Taşıma Standartları	28
Tablo 2.3	MPLS Başlık Formatı	30
Tablo 3.1	MPEG Audio Standartları Karşılaştırması	44
Tablo 3.2	IPv4 Video Paketi Yapısı	62
Tablo 3.3	Ethernet Başlık Yapısı	65
Tablo 3.4	IP Çok noktaya yayın Adres Aralıkları ve İlgili Uygulamalar	69
Tablo 3.5	Bir IGMPv1 Mesaj Yapısı	71
Tablo 3.6	IGMPv2 Mesaj Tipleri	73
Tablo 3.7	IGMPv2 Mesaj İçeriği	74
Tablo 3.8	Bir grup kaydı'nın İç Formatı	82
Tablo 4.1	IPTV Tahmini Kullanıcı Sayısı	98

SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ

AON	Active Optical Networks
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATSC	Advanced Television Systems Commity
BPON	Broadband Passive Optical Networks
CoD	Content on Demand
CBR	Constant Bit-Rate
CAP	Carrierless Amplitude Phase (Modulation)
DMT	Discrete Multi Tone (Modulation)
DSLAM	Digital Suscription Line Access Multiplexer
DVB	Digital Video Broadcasting
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EPON	Ethernet Passive Optical Networks
FTTA	Fiber To The Apartment
FTTC	Fiber To The Cabinet
FTTH	Fiber To The Home
FTTN	Fiber To The Neighborhood
FTTRO	Fiber To The Regional Office
GPON	Gigabit Passive Optical Networks
HFC	Hybrid Fiber Coax
IGMP	Internet Group Management Protocol
IPTV	Internet Protokol Television
IPTVCD	Internet Protocol Television Consumer Devices
IPTVCM	Internet Protocol Television Communication Model
ITU	International Telecommunication Union
LSR	Label Switching Router
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPLS	Multi Protokol Label Switch
NGN	Next Generation Networks
ONT	Optical Network Terminal
OLT	Optical Line Termination
PON	Passive Optical Network
SONET	Synchronous Optical Networking
VoD	Video on Demand
VDSL	Very High-bit-rate Digital Subscriber Line
WDM	Wavelength Division Multiplexing

ÖZET

IPTV AĞ DAĞITIM TEKNOLOJİLERİ , İÇERİK TAŞIMA MİMARİSİ VE ÇOK NOKTAYA YAYIN

Bu tezde, Türkiyede çok yakında son kullanıcının hizmetine sunulacak olan IPTV hakkında bilgi verilmiş, çoğunlukla fiber optik ağ elemanları ve terminasyon cihazlarının kullanılmasıyla oluşturulan IPTV omurga sistemleri tanıtılmıştır.

Oluşturulan bu omurga'nın hali hazırda DSL ve telefon hizmeti için kullanılmakta olan bakır ağlara bağlanması için yapılan adaptasyon ve optimizasyona yönelik çalışmalara deneysel bir yaklaşım ile değinilirken, son kullanıcıya ulaştırılacak ses ve video işaretinin kaynağından alınarak, hazırlanan bu omurga üzerinden taşınabilir hale getirilmesi için gerekli veri işleme ve sıkıştırma yöntemleri anlatılmıştır.

Ayrıca, oluşturulan veri içeriğinin IPTV Haberleşme Modeli (IPTVCM) kullanılarak IPTV omurgası üzerinden taşıma mimarisine sistemsel bir yaklaşım ile değinilmiş, IPTV hizmeti ile birlikte son kullanıcıya sağlanacak olan; izlenen içerikte zaman öteleme, geri sarma, istek üzerine içerik (CoD) gibi yeni deneyimler ve CoD gerçekleşmesi için oluşturulan içerik dağıtım mimarisini ve çok noktaya yayın grupları tanıtılmıştır.

SUMMARY

IPTV NETWORK DISTRIBUTION TECHNOLOGIES, CONTENT TRANSPORT ARCHITECTURE AND MULTICAST

In this thesis, the IPTV services which will be introduced firstly in Turkey very soon is explained and the IPTV backbone infrastructure which is mostly constituted using fiber optic network elements and termination devices is explained.

The adaptation and optimization studies of this fiber network to connect existing copper network which has been already used for DSL and Telephone services are explained in an experimental manner and forming IPTV content using encoding and compression technologies on raw signal which is obtained from several kind of sources is progressively explicated.

Also the IPTV Communication Model (IPTVCM) is introduced and the content transport architecture with constituting multicast groups which will grant new services such as Content on Demand (CoD) and time shifting to end-user are introduced and explained over this model.

1. GİRİŞ

Dijital Televizyon, analog yayın sisteminin altmış sene boyunca kullanılmasının ardından en büyük gelişme olarak televizyon teknolojisinde yerini almıştır. Altmış yıllık bu periyotta renkli yayının hayata geçirilmesi sebebiyle yayıncılar yeni cihazlar kullanmak durumunda kalmışlar, televizyon kullanıcıları ise renkli yayın için eski televizyonlarını renkli televizyonlar ile değiştirmek zorunda kalmışlardır.

Günümüzde ise birçok televizyon yayıncısı yayın ağlarını geliştirmiş, özel dijital platformlar oluşturmuş, ücreti karşılığında özel içerikli televizyon kanallarını hizmete vererek televizyon kullanıcılarını geleneksel televizyon yayınından uzaklaştırmış ve bu platform üzerinden farklı servisleri kullanıma açarak tercih edilir hale gelmiştir. Bununla birlikte teknolojinin ilerlemesi ve yeni teknolojinin kullanılması ile İnternet Protokol Televizyonu (IPTV) projesi geliştirilmiş, bir çok büyük telekomunikasyon kurumunca hayata geçirilmek üzere ileriye dönük projeleri içerisine alınmış, yeni ve heyecan verici bir televizyon servisinin verilebilmesi için altyapı çalışmalarına hızla başlanmıştır. [1]

Altyapı çalışmaları telekom operatörleri tarafında ilerlerken, kullanılmakta olan geleneksel IP sınırlı sayıdaki yetenekleri dolayısıyla son kullanıcının talep ettiği gerçek zamanlı video ve benzeri servisleri vermekte yetersiz kalmış, bu ihtiyaç dolayısıyla NGN'in (Yeni Nesil Ağ) geliştirilmesi ile birlikte IP'ye QoS (Servis Kalitesi) ve güvenlik destekleri gibi yönetilebilir özellikler eklenmiştir.

ITU-T, NGN Sürüm-1 için gerekli QoS, Kaynak kontrol ve güvenlik gereksinimlerini içeren fonksiyonel mimari geliştirme çalışmalarını Temmuz 2006 da tamamlamış, bu sürüm ile NGN üzerinden IPTV mantığı tanımlanarak IPTV standartları ve IPTV gelecek planlaması özetlenmiştir.

1.1 IPTV

IPTV'yi tanımlamak, bu sistem üzerinde birçok farklı bakış açısı olması sebebiyle çok kolay olmamaktadır. Adından anlaşılacağı üzere IPTV, sürekli video verisinin IP haberleşmesi kullanılan ağlar üzerinden taşınmasını gerçekleştiren bir mekanizmanın adıdır. Bu mekanizma interaktivite için artırılmış destek, hızlı kanal geçişleri ve var olan ev ağları ile uyumlu çalışabilecek bir servis anlamına gelmektedir. Buradan hareketle IPTV için Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) şu tanımı yapmıştır :

IPTV; televizyon, video, ses, metin, grafik, data gibi multimedya (çoklu ortam) servislerinin IP tabanlı ağlar üzerinden taşınarak güvenilir, güvenli, kaliteli ve interaktif deneyim sunan servistir. (ITU-T FG IPTV) [2]

ITU'nun tanımlaması ile IPTV geleneksel televizyon servislerinin çok ötesinde olan multimedya servisleri anlamına gelmekteyken bu tanımını daha netleştirmek için yoğun tartışmalar sonucunda iki baskın görüş ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki IPTV'nin elektronik markette mevcut geleneksel TV olduğunu savunuyorken iken diğer görüş ise TV programlarını PC, PDA ve Mobil Telefon gibi cihazlardan izlenebilmesini mümkün kılan sistem olduğunu savunmaktadır. Bir servis sağlayıcı gözünden ise IPTV, IP tabanlı ağların kullanılarak video içeriğini güvenli bir şekilde son kullanıcıya ulaştırması yoluyla kazanç elde edebileceği bir yoldur. Son kullanıcı açısından ise IPTV, interaktif, zaman öteleyerek farklı saatlerde istediği içeriği izleyebileceği, izleyeceği içeriği gruplaştırarak kişiselleştirebileceği ve bu hizmetin yüksek bandgenişliği gerektirmemesi sebebiyle düşük fiyatlarla çoklu erişim yapabileceği bir servis olarak görülmektedir.

1.2 IPTV FONKSİYONEL MIMARISI

1.2.1 NGN Etkileri

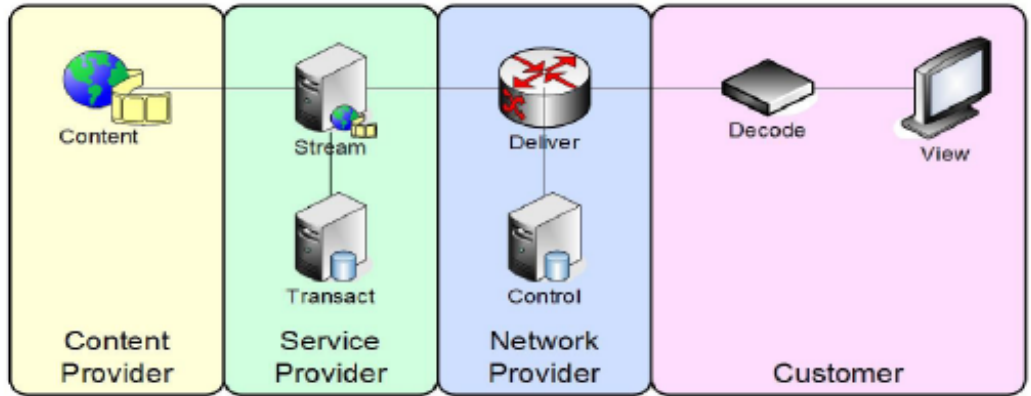
IPTV tarafından desteklenen en önemli gereksinim video akışları ve diğer veri servislerini içeren multimedya içeriğinin IP ortamından garantili teslimidir. Garantili teslim için birçok önemli ağ yapılandırılması ve var olan IP tabanlı ağlar üzerinden

eşzamanlı çoklu kanal yayınına olanaklı kılacak bandgenişliği sağlanması ile servis desteği kapasitesinin geliştirilmesi gereklidir.

Yüksek bandgenişliğinin sağlanması adına birçok teknoloji popüler olan xDSL üzerinden geliştirilmiştir. Fiber teknolojisinin geliştirilmesi ve bazı ülkelerde bu teknolojinin yeterince iyi kullanılması sayesinde gerçek FTTH ile dağıtım yapılmaya başlanmıştır. Diğer genişbantlı teknolojiler ise HSDPA, 3G Mobil, WIMAX ve DMB gibi TV dağıtımını destekleyen mobil ve kablosuz alanlarda geliştirilmektedir.

1.2.2 NGN Üzerinden IPTV ve IPTV Referans Modeli

ITU-T FG IPTV de mimariye yönelik çalışmalar IPTV servisinin hazırlıkları ile ilgili amaca uygun rollerin analizi ile başlar. Aşağıdaki şekil 1.1 ana rolleri göstermektedir.

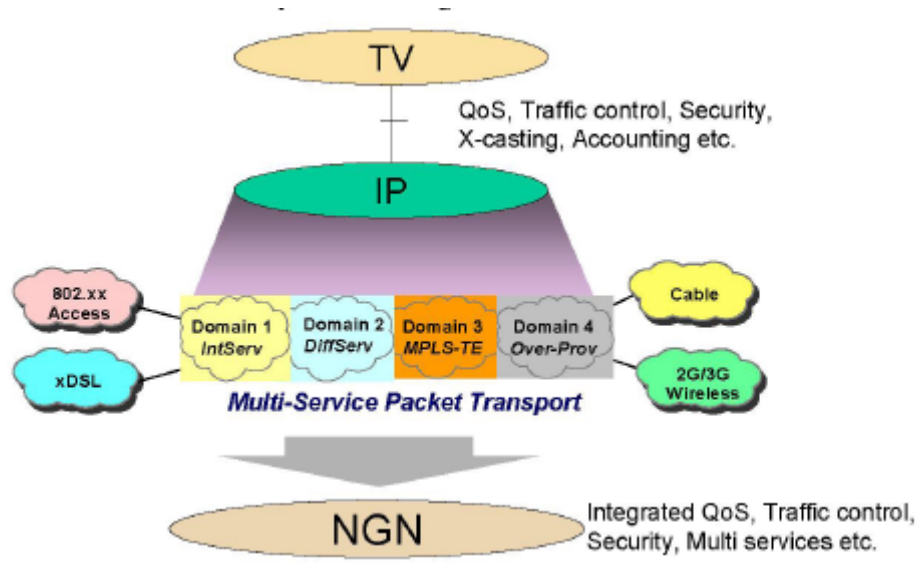


şekil 1.1 IPTV Referans Modeli

İlgili dört rol aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır :

- İçerik Sağlayıcı : Belirli içeriklerin lisanslarını satın almış veya içeriğin sahibi olan varlık.
- Servis Sağlayıcı : Kullanıcıya IPTV servisini sunan varlık.
- Ağ Sağlayıcısı : Servis sağlayıcı ile Müşteriyi birbirine bağlayan varlık.
- Müşteri : IPTV servisi için ödeme yapan varlık.

IP global bağlantılılık açısından iyi yeteneklere sahipken, garantili içerik tesliminin çeşitli servisler ve kullanıcı talepleri ile bulunduğu noktada destek verme açısından bazı zorluklar ile karşılaşmaktadır. Bu zorluklara bir örnek verilecek olursa, IP kullanan farklı teknolojilerin QoS'u desteklemesi mümkün iken, sistem üzerinde farklı mekanizmaların bulunması ve hedef amaçların da farklı olması sebebiyle oldukça zor desteklenebilen uçtan-uca QoS'un IPTV için gerekli olması söylenebilir.

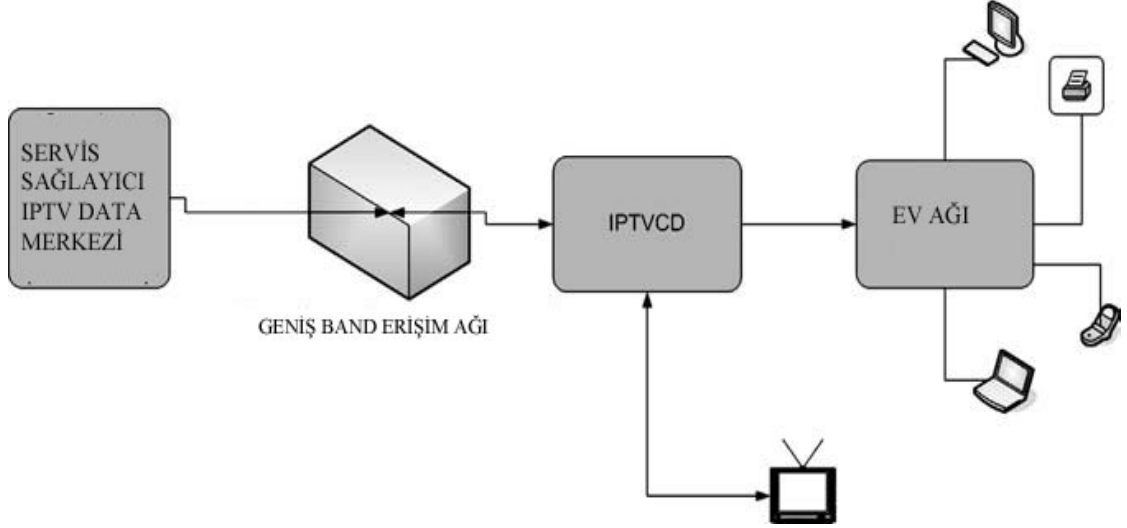


Şekil 1.2 NGN Üzerinden IPTV

NGN, güvenlik kaygısını da gözeterek uçtan-uca QoS'u destekleyecek kesin mekanizmaları sağlamaktadır. Bunun için NACF (Ağ Birleştirme Kontrol Fonksiyonu) ve RACF (Kaynak Kabul ve Kontrol Fonksiyonu) geliştirilmektedir. Bu iki fonksiyon IP tabanlı ağlarda yönetilebilir yetenekleri desteklemek adına gerekli mekanizmaları sunarken, NGN fonksiyonel mimari içerisinde bulunan ve servis kontrolünde kullanılan CSCF ve 'Medya Kaynak Kontrol Fonksiyonu' gibi diğer fonksiyonlarla kendi aralarında olduğu kadar iyi bir şekilde iş birliği yapar. Sonuç olarak uçtan-uca QoS ve güvenliği destekleyen mekanizmalar sağlanmış olur. Bu mekanizma, pratikte uçtan-uca bağlantı ve uçtan-uca QoS teslimini sağlayan taşıma fonksiyonu üzerine uygulanmalıdır. NGN'nin bu özelliği IPTV dağıtımında gereksinimlere uygun bir altyapı oluşturacak şekilde destek sağlar. [2]

1.3 IPTV ALTYAPISINA GENEL BAKIŞ

IPTV hizmetinin son kullanıcıya verilmesi için yüksek düzey fonksiyonelliğe sahip noktadan noktaya bir sistem gerekmektedir ve Şekil 1.3. de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Basitleştirilmiş Noktadan-Noktaya IPTV Sistemi

1.3.1 IPTV Data Merkezi

IPTV Data Merkezi ; yerel video, içerik toplayıcılar , içerik üreticiler, kablo-uydu kanalları gibi birçok farklı yolla gereken içeriği alan, bu içeriklerin kodlayıcılar, video sunucuları, IP routerlar ve özel güvenlik ekipmanları gibi birçok farklı donanım kullanarak IP tabanlı ağ üzerinden içeriğin taşınır hale getirildiği yerlerdir. Ayrıca bir müşterilerin ödemelerinin ve profillerinin de saklandığı abonelik yönetim sistemleride IPTV Data Merkezlerinde bulunmaktadır.

1.3.2 Genişband Erişim Ağı

IPTV servislerinin verilebilmesi için noktadan-noktaya bağlantı gerekmektedir. Büyük ölçekte verilecek IPTV yayınları düşünüldüğünde ise sağlanan noktadan-noktaya bağlantı sayısı önemli ölçüde artmakta ve bunun sonucunda haberleşme altyapısında önemli ölçüde bandgenişliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Haberleşme teknolojisinde son bir kaç yıl içerisindeki gelişmeler ve fiber tabanlı telekomunikasyon ağlarını

kullanılması iletişim hizmeti sağlayıcılarını bu bandgenişliğine ulaşmasını ve IPTV hizmetini verebilmesini olanaklı kılmıştır.

1.3.3 IPTVCD

IPTVCD (IPTV Consumer Devices), IPTV kullanıcılarının sahip olacağı, IPTV servislerine erişmek üzere kullanacakları, genişband ağa bağlanan ve IP tabanlı video verisinin çözülmesini ve işlenmesini gerçekleştirecek olan kullanıcı cihazlarıdır. Bununla birlikte gelen verinin ilk olarak ulaştığı cihazlar oldukları için haberleşme ağında olabilecek herhangi bir problemi elimine edebilecek veya minimum seviyeye indirebilecek gelişmiş teknolojiye sahip olmalıdırlar. Türkiyede kullanılacak olan IPTVCD ler en popüler olan IP Set-top Box cihazları olacaktır.

1.3.4 Ev Ağı

Ev ağı birçok dijital servisi ufak bir coğrafik alan içerisinde birbirine bağlar ve bir ailenin IPTV ve diğer dijital servisleri kullanmasına paylaşımlı çalıştığı için maddi gereksinimleri düşürür.

1.4 ANAHTAR IPTV UYGULAMALARI VE SERVISLERİ

Türkiyedeki Servis sağlayıcılar tarafından başlatılması planlanan, Dijital Televizyon yayını ve İstek üzerine İçerik (CoD) olmak üzere iki anahtar IPTV uygulaması olacaktır.

1.4.1 Dijital Televizyon Yayını

Dijital işaret işleme teknolojisine sahip ilk renkli televizyonun 1983 yılında satışa sunulmasıyla bir ilk gerçekleştirilmiştir. 1993 yılında ise bir toplantıda Hareketli Resim Uzmanları Grubu (Moving Picture Experts Group: MPEG) MPEG-2 Video , MPEG-2 Ses ve MPEG-2 Sistemi için bir tanım sunmuşlar ve yine 1993 yılında Avrupa Dijital Video Yayınlama (DVB) projesi de hayata geçirilmiştir. 1996 yılında ise FCC

tarafından dijital televizyon yayın standartları oluşturulmuş ve Gelişmiş Televizyon Sistemleri Komitesi (ATSC) dijital standartlarına uyumlu hale getirilmiştir.

1.4.1.1. DTV Biçimlendirme Standartları

Kuzey Amerika'nın büyük bölümünde kullanılan analog televizyon yayın standardı NTSC iken dünyanın geri kalan kısmında kullanılan diğer standartlar ise PAL ve SECAM dır. Önümüzdeki on yıl içerisinde ise bu standartlar yerini dijital televizyonlara uygun diğer standartlara bırakacaktır ve bu yerdeğişiminde yeni standartların belirlenmesine katkıda bulunacak, gelişimde önemli yer sahibi olacak iyi bilinen uluslararası organizasyonlar ise ATSC, DVB ve ARIB olacaktır.

1.4.1.2 Dijital Televizyon Yayınının Faydaları

Analog yayın teknolojisiyle kıyaslandığında dijital yayın teknolojisinin bir çok avantajları bulunmaktadır. IPTV nin hayata geçirilmesiyle izleyiciler sinema kalitesinde resimler alacak, CD kalitesinde ses deneyimi yaşayacak, yüzlerce kanala sahip olacak ve farklı kamera açılarından izleme imkanına kavuşacaklar. Bununla birlikte mesafenin artması sebebiyle yayında meydana gelecek bozulmaların önüne geçilecek yayın kalitesi uzak mesafeler boyunca korunacaktır.

IPTV ile gelecek bir diğer yenilik ise televizyon yayını dışında, e-mail ve internet sevişi, interaktif eğitim imkanları, istek doğrultusunda izenebilecek video servisi (Video on Demand: VoD) ile interaktif TV ve yalnızca televizyon ile değil cep telefonu, avuçiçi bilgisayar gibi farklı erişim cihazları ile de izleme imkanı tanınması olacaktır.

1.4.2 İstek Üzerine Video Servisi (VoD)

İstek üzerine içerik (CoD) servisinin en büyük payına istek üzerine video servisi (VoD) sahip olacaktır. Sıradan televizyon yayınları kullanıcı etkileşimsiz olması sebebiyle yayıncı tarafından seçilen ve tüm kullanıcıların aynı programları izlediği bir sistem günümüzde kullanılmaktayken, IPTV kullanıcıları indirilebilir büyük bir VoD içerik sistemine sahip olacaklar ve bu sistem ile istedikleri içeriğe erişme imkanı kendilerine sunulacaktır. Ayrıca VoD servisinin kullanıcı açısından büyük bir yenilik olacağı ne

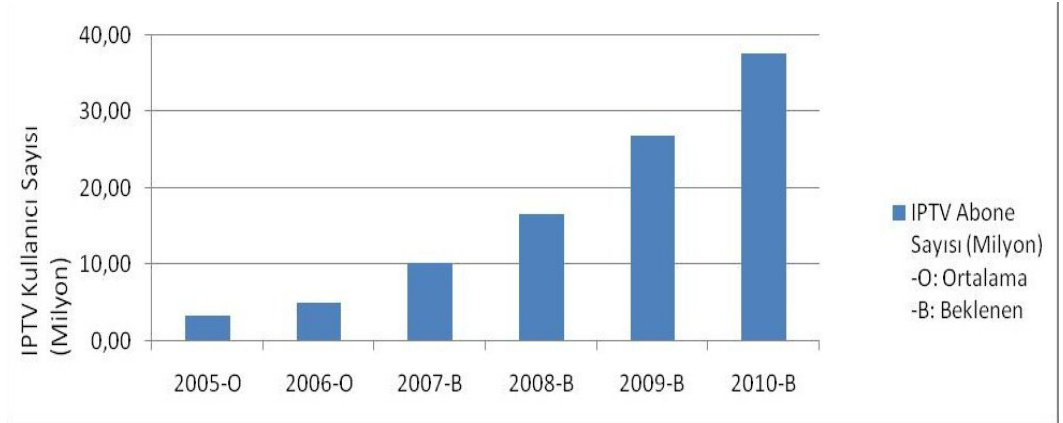
kadar kesin ise, bu servisin hayata geçirilmesiyle kullanıcıların rastgele VoD taleplerinin büyük bandgenişliği gerektireceği ve servisin devamlılığını sağlamak için servis sağlayıcılarının da aynı ölçüde problemler ile karşılaşacağı da kesindir. [1][3]

1.5 IPTV PAZARLAMA VERİLERİ

IPTV projesinin hayata geçirilme projesinin en bařından itibaren bu proje 5-10 yıl içerisinde çok büyük ilerleme kaydedecek bir sektör olarak dūřünmūř ve yapılan detaylı pazarlama arařtırmaları sonucunda elde edilen verilerden Tablo1.1. ve Őekil 1.2. oluřturulmuřtur.

Tablo 1.1. Global IPTV Tahmini Kullanıcı Sayısı

Zaman Dilimi	2005-O	2006-O	2007-E	2008-E	2009-E	2010-E
Kullanıcı Sayısı (Milyon)	3.22	4.84	10.12	16.4	26.8	37.4



Şekil 1.4. Dünya apında 2005-2010 IPTV Kullanıcı Sayısı (Tahmini)

2006 yılının sonunda televizyon danışmanları dünya çapında yaklaşık 4.8 milyon IPTV servisi kullanan mūřteri olacağını tahmin etmişlerdi ve IPTV kullanıcı sayısı bu tahminin biraz üzerinde çıkmıştı. 2007 yılından itibaren 2010 yılına kadar yapılan tahminlerde IPTV kullanıcı artışı göz önüne alınmış ve 2010 yılında kullanıcı rakamının 37.4 milyon olacağı öngörölmūřtür. [6]

2. GENEL KISIMLAR

2.1 IPTV AĞ DAĞITIM TEKNOLOJİLERİ

IPTV servis sağlayıcılarının sağlıklı hizmet verme adına karşılaşacakları en önemli problem, IPTV çekirdek omurgası ile son kullanıcıda bulunacak sonlandırma cihazları arasında kullanılacak ağ üzerinde yeterli bandgenişliğini sağlamak olacaktır. Bu bağlamda IPTV için gerekli bandgenişliğini sağlayabilecek yeteneğe sahip ağ yapılarını altı grupta toplayabiliriz ;

- Fiber ağı üzerinden IPTV
- DSL ağı üzerinden IPTV
- Kablolulu TV ağı üzerinden IPTV
- Uydu tabanlı ağlar üzerinden IPTV
- Genişband kablosuz ağlar üzerinden IPTV
- İnternet üzerinden IPTV

2.2 FİBER ERİŞİM AĞLARI ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI

Düşük maliyetli yüksek bandgenişliği gereksinimini karşılaması ve elektromagnetik girişim gibi çevresel etkenlerden etkilememesi optik fiber temelli erişim ağların kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Bununla birlikte fiber bağlantısı son kullanıcıya, IPTV içeriğini kesintisiz alabileceği ve sadece kendi sahip olacağı bir hat sunmuştur.

Fiber teknolojisi ile yüksek bandgenişliğinin son kullanıcıya ulaştırılmasında çeşitli ağ mimarileri kullanılmaktadır. Bunlardan ilki FTTRoE şeklinde kısaltılmış ‘Bölgesel Ofise Kadar Fiber’ mimarisidir ki bu mimaride IPTV Data Merkezinden çıkan fiber, servis sağlayıcı tarafından daha önceden edinilmiş, son kullanıcı grubuna yakın bir bölgede

kurulan ofislerde sonlandırılmaktadır. Sonlandırma ekipmanından sonra ise müşterilere bakır kablo ile servis dağıtımı yapılması planlanmıştır.

Bir diğer mimari ise FTTN yani ‘Yakın Çevreye Kadar Fiber’ olup, bu mimaride fiber sonlandırma ekipmanları büyük bir ofis içerisinde değil, belirli bir coğrafik alanda toplanmış müşterilere en yakın ve en uygun küçük bir ofiste veya özel bir yerde kurularak yine bakır kablolar ile müşterilere dağıtımın yapıldığı sistemdir. Bu noktada kurulacak fiber sonlandırma cihazının müşterilere olan uzaklığı en fazla 1500 metre olarak seçilmelidir. FTTR ile karşılaştırıldığında müşteriye daha fazla yaklaşma sebebiyle daha iyi hizmet verilmesi ve servis kalitesinin artması söz konusudur.

Üçüncü mimari FTTC yani ‘Saha Dolabına Kadar Fiber’ mimarisidir. Bu mimari gereği fiber sonlandırma ekipmanı çok daha özel ve az müşteriye besleyecek şekilde müşteriye en yakın yere, örneğin kaldırım kenarlarında kurulmuş dış etkenlere dayanıklı kabinetler içerisine yerleştirilir. Bu kabinetler ile müşteri arasına bakır kablo ağları kurularak hizmet verilir. FTTN mimarisi ile kıyaslandığında daha az müşteriye hitap edeceği için kabinet sayıları artırılarak son kullanıcılara daha fazla yaklaşmış olunur ve bu durum daha iyi hizmet ve kaliteli servis anlamına gelmektedir.

Dördüncü mimari FTTH yani ‘Eve Kadar Fiber’ mimarisidir. Bu mimari gereği IPTV Data Merkezinden çıkan fiber müşterinin evine kurulacak olan fiber sonlandırma cihazına kadar gelir. En sağlıklı ve en kaliteli hizmet verilen mimari FTTH mimarisidir. Bu sebeple yeni yapılan yerleşim merkezlerinde veya sitelerde ve henüz inşaat halindeki binalarda bakır kablolar yerine fiber kablolar kullanılarak, ikamet edecek ailelerin veya işyerlerinin dijital hizmetlerden en iyi düzeyde yararlanması sağlanmak istenmektedir.

Son mimari yapı ise FTTA yani ‘Apartmana Kadar Fiber’ dir. FTTH a göre daha ekonomik bir sistemdir. Hali hazırda kullanılmakta olan apartman içi bakır kablo tesisatının eğer problemi yoksa değiştirilmesi gerekmemektedir. Fiber kablo, apartman içerisinde uygun bir yere kurulacak fiber sonlandırma cihazına gelir ve buradan bakır kablolarla her daire içerisine hizmet verilmiş olur. [6]

2.2.1 PON

PON (Passive Optical Networks), yani pasif optik ağı, tek noktadan çoklu noktaya ağ üzerinden haberleşme topolojisidir ve fiber optik kablolanmanın ve optik cihazların kullanılması ile oluşturulmuştur. Bu topolojide kullanılan cihazlar ile fiber ağ üzerinden data taşınırken farklı renklerin dalga boyları kullanılmakta ve IPTV Data Merkezi ile datanın taşınacağı nokta arasında herhangi bir elektriksel cihaz kullanılması gereksinimi yoktur.

PON temelli bir FTTx ağı kurulurken uluslararası standartlara uyulur ve ITU'nun G.983 özelliği bu uygunluk için günümüzde kullanılabilecek en iyi seçenektir.

G.983 uyumlu PON ağı IPTV data merkezinde kurulu bir optik hat sonlandırma (OLT) ve son kullanıcı tarafında kurulan optik ağ terminal (ONT) sistemlerinden oluşmaktadır. Bu durumda IPTV işaretlerini son kullanıcıya taşımak için DSL gibi bakır kablo üzerinden yüksek hızlı data transfer teknolojileri kullanılmaktadır.

Bir optik hat sonlandırıcı (OLT) ağ trafiniği farklı yerlerde bulunan ONT lere taşırken her ONT ile OLT arasına fiber kablo bağlantısı yapılır ve böylece yüksek bandgenişliği, düşük elektromanyetik girişim etkileşimi ve çok düşük kayıplarla veri iletişimi sağlanmaktadır. Bu noktada kullanılan fiber kabloların çapları oldukça küçük tutulmuş ve böylece fiziksel rotalama yapılırken bağlantıyı yapacak kişinin kabloyu kolayca istediği yere taşınması ve gerektiğinde küçük büküm ve eğimler verebilmesi mümkün kılınmıştır.

PON ağlarında bu şekilde fiber kablo ile taşınan IPTV işaretleri G.983 standartları gereğince en fazla 20km boyunca herhangi bir tekrarlayıcıya veya yükselticiye gerek duymadan taşınabilmektedir.

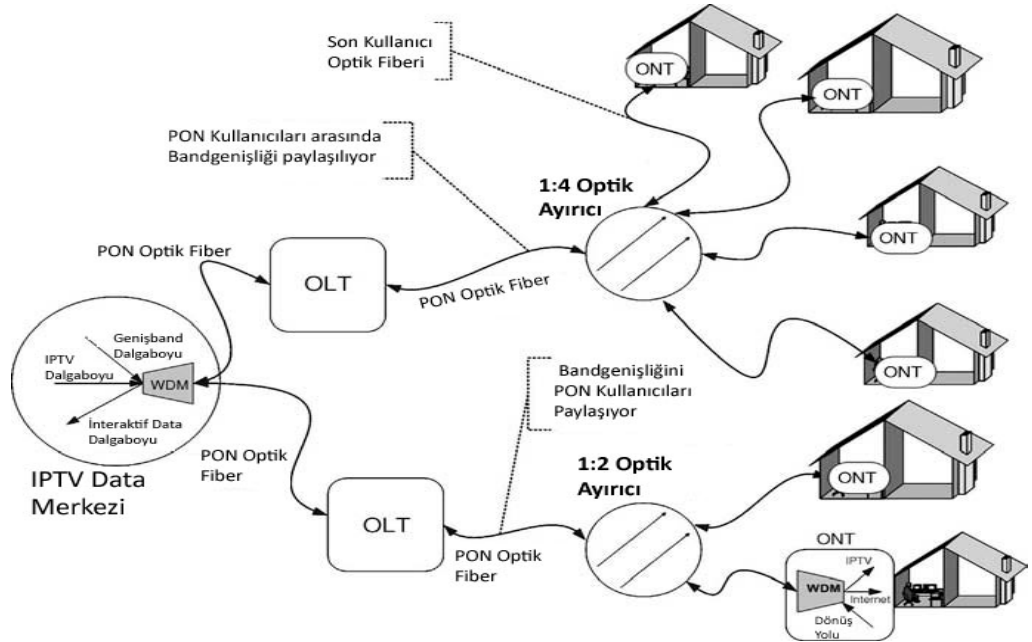
PON ağlarının oluşturulmasında kullanılan bir diğer eleman ise optik ayırıcılardır. Kullanılma amaçları tek bir optik işaretin bir çok optik işarete parçalanması veya parçalanmış optik işaretlerin yeniden birleştirilerek tek işaret haline getirilmesidir. Bu işlemi yaparken optik işareti hiç bir şekilde değiştirmez yani elektriksel işarete dönüşüm

yoktur ve 32 kullanıcının FTTx ağı bandgenişliğini paylaşmasını sağlarken genellikle bu kullanıcıların bulunduğu apartman veya sitelerde kapalı ve güvenli bir kutu içerisine yerleştirilirler.

ONT lerin genel amacı IPTV kullanıcılarını PON a bir arayüz sağlayarak bağlamaktır. Ağ trafiğini optik formatta alır , ağ paketleri içerisindeki adres bilgilerini kontrol eder ve elektriksel işaretlere çevirir. Aktif ağ elemanları oldukları için elektrik ihtiyaçları bulunmaktadır ve bu ihtiyaçlarını yerleştirildikleri konutlardan yerel olarak alırlar ve içlerinde elektrik kesildiğinde telefon cihazının çalışabilmesi için yerleştirilmiş baypas devreleri mevcuttur.

ONT ler veri trafiğinin sağlanması için üzerlerinde ethernet arayüzü bulunan , RJ-11 bağlantı şekli ile ev telefon sistemlerine bağlanabilen ve bir koaksiyal arayüz ile televizyona bağlanabilen cihazlardır. Ayrıca ONT ler elektriksel dataların PON ağlarına taşınırken optik işaretlere dönüştürülmesi işlevini de yerine getirirler.

Aşağıdaki Şekil 2.1 de IPTV servisi ile birlikte yüksek hızlı internet servisinin altı farklı kullanıcıya PON altyapısı üzerinden nasıl verildiğini basitçe göstermektedir.



Şekil 2.1 FTTH ile PON Teknolojisi Üzerinden IPTV Hizmeti

Şekil 2.1 den görüleceği gibi IPTV data merkezinden çıkan fiber, kullanıcılara yakın bir yerde kurulan optik ayıraca gelir. Burada kullanılan fiber minimum 622 Mbps bandgenişliğine sahiptir ve saniye birkaç gigabyte taşıma kapasitesine kadar çıkabilmektedir. Ayrıca IPTV data merkezinde ve OLT ler içerisinde dalgaboyu bölmeli çoğullayıcılar yani WDM ler kullanılarak her abone için internet trafiği, IPTV dataları ve kullanıcının isteklerini servis sağlayıcıya ulaştıran interaktif trafiğin taşınacağı üç adet farklı kanal oluşturulmuş ve tek parça fiber kablo ile taşınması mümkün hale getirilmiştir. Bunun sonucunda ise bir fiber kablo içerisinde çoklu kanallar oluşturularak PON ağlarının taşıyabileceği abone kapasiteleri de artırılmış olmaktadır.

2.2.1.1 BPON (Broadband PON)

Bu tip FTTx haberleşme topolojileri aşağı yönde 622 Mbps ve yukarı yönde 155Mbps veri transfer hızını destekler. Asimetrik iletimin sağlandığı BPON lar simetrik data transferi yapılabilecek şekilde de oluşturulabilirler ve ITU-T G.983 standartlarına göre düzenlenmişlerdir.

BPON lar bariyer protokol olarak genellikle yüksek hızlı data, ses ve video uygulamalarının taşınmasında kullanılan Asenkron Transfer Metodunu (ATM) kullanırlar. ATM ise hücre anahtarlama teknolojisi kullanır ve veriyi 5 byte başlık ve 48 byte data taşıyabilen sabit kapasiteli hücreler içerisine yerleştirerek varış noktasına ulaştırır. IPTV verisi ise hücre içerisinde 48 byte lık veriye ayrılan bölümde taşınırken başlık bölümünde ise ATM protokolünün çalışmasını sürdürebilmesi için gerekli veri taşınmaktadır.

ATM de bir verici ve alıcı arasındaki bağlantı IP video verisini göndermeden daha önce kurulur ve IPTV verisinin transferi için hazır hale gelir. Zaman duyarlı uygulamalar karşısında bandgenişliğini koruması ise ATM in bir diğer özelliğidir.

2.2.1.2 EPON (Ethernet PON)

EPON sistemi IEEE'nin bir alt grubu (EFM) tarafından geliştirilmiş ve 2004 yılında bir standart olarak kabul edilmiştir. Adından da anlaşılacağı üzere bu tip PON lar taşıma mekanizması olarak Ethernet kullanmaktadır. Veri taşıma hızı OLT ler ile ONT ler

arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişmektedir ve sadece ethernet ağı trafiği taşımada kullanılırlar.

2.2.1.3 GPON (Gigabit PON)

GPON sistemi BPON dan sonra oluşturulmuş (ITU-T G984) olup daha gelişmiş bir yapıya sahiptir ve aşağı taşıma hızı 622 Mbps den 2.5Gbps ye, yukarı taşıma hızı ise 155Mbps den 1.5Gbps ye 20km lik mesafede ulaşabilecek şekilde artırılmıştır. Ayrıca ethernet protokolü, ATM protokolü ve SONET protokolü desteği bulunmaktadır ve geliştirilmiş güvenlik özellikleriyle donatılmıştır.

GPON'un çoklu protokol desteği sayesinde ağ operatörlerini abonelerine geleneksel haberleşme servislerinin yanısıra IPTV gibi yeni servisleride aynı haberleşme altyapısı üzerinden vermeye başlamışlardır.

Tablo 2.1 IPTV işaretlerinin taşınacağı çeşitli PON teknolojilerinin karakteristiklerini özetlemektedir.

Tablo 2.1 PON Teknolojileri Kıyaslaması : BPON, GPON, EPON

	ITU-T Standardı	Veri Hızı	Taşıma Protokolü
BPON	G.983	622Mbps aşağı ve 155Mbps yukarı yönde.	ATM ve IPoETH
GPON	G.984	2.5Gbps aşağı ve 1.5Gbps yukarı yönde	ATM, SONET ve Ethernet
EPON	P802.3ah	1.25Gbps aşağı ve 1.25Gbps yukarı yönde	Gigabit Ethernet

2.2.2 AON

Aktif Optik Ağları (AON) IPTV Data Merkezi ile son kullanıcı arasında elektriksel elemanlar kullanılması gerekliliği getirir. Genellikle AON haberleşme altyapısı kurulurken data merkezi ile fiber ağının sonlandığı yer arasında ethernet anahtarları (switch) kullanılır. [4, 8]

2.3 ADSL AĞLARI ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI

Geçtiğimiz bir kaç yılda dünyanın farklı yerlerinde telefon servisi sunan şirketler ellerinde hali hazırda bulunan DSL tabanlı haberleşme altyapılarının getirdiği avantaj ile gelecek nesil televizyon servislerini kullanıcılarına sunmak istemişler ve IPTV hizmeti vermek için gerekli çalışmalara başlamışlardır. Fakat var olan bir çok DSL tabanlı genişband haberleşme ağ teknolojileri, sürekli büyümekte olan yüksek hızlı veri servisi taleplerini karşılayamamıştır. Bu durumun aksine, IPTV servislerinin verilebilmesi için ise bandgenişliği büyük önem taşımaktadır ve DSL ağlarının yetersiz bandgenişliği sunması sonucunda IP video dataları gönderiminde bazı kısıtlamalar sözkonusu olmuştur. Tüm bu kısıtlamalar sonucunda DSL teknolojisinde geliştirmeler yapılmış ve ADSL, ADSL2+ ve VDSL teknolojileri boy göstermiştir.

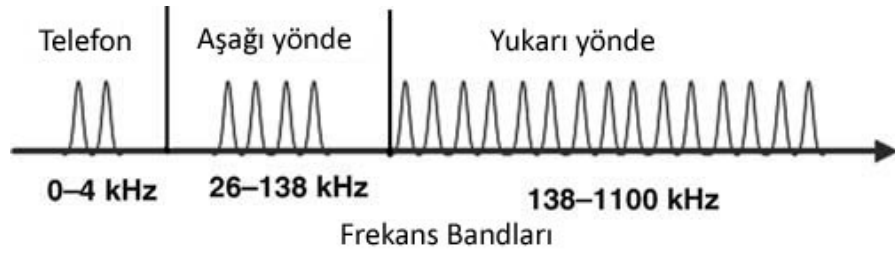
2.3.1 Adsl

ADSL (Asimetrik Dijital Abone Hattı) bir çeşit noktadan-noktaya bağlantı teknolojisidir ve dünya çapında çok yaygın kullanılmaktadır. Noktadan-noktaya olması sebebiyle servis sağlayıcıların IPTV gibi yüksek bandgenişliği gerektiren uygulamaları hizmete verebilmesi için geleneksel telefon altyapısının kullanmasını olanaklı kılar.

ADSL tipik olarak 8Mbps aşağı yönde ve 1.5Mbps yukarı yönde veri hızına ulaşabilmektedir ve bu hızlar eş zamanlı çalışabilen iki (MPEG-2) standart çözünürlüklü televizyon servisinin verilebilmesi açısından yeterli hızlardır. Bu durumun tersine ADSL in olumsuz yönü ise hizmetin taşındığı bakır kablonun boyu uzadıkça IPTV sinyalinin zayıflaması ve elektromagnetik girişimler sebebiyle taşınan işaretle bozulmalar meydana gelmesidir. Buradan hareketle son kullanıcıya ADSL servisinin

sağlıklı verilebilmesi için servisin verileceği noktanın servisin çıkış noktası olan santrallere 5400m. den daha yakın olması gerekmektedir. Bu mesafe IPTV için geçerli olmayıp, 2Mbps hız limitinden düşük hızda data taşımak için kullanılabilir, yüksek kaliteli bakır kablolardan oluşan tek parça ağlar için belirlenmiş maksimum değerdir. Türkiye için düşünüldüğünde ise bakır ağların tek parçadan oluşmaması sebebiyle 5400m. içerisinde en fazla 1 Mbps hıza ulaşılmaktadır.

Şekil 2.2 de gösterildiği gibi, bir ADSL deversinin frekans paylaşımı göz önüne alındığında 0-4 kHz lik en düşük frekans bandının geleneksel telefon servisleri için ayrıldığı , 26-138 kHz lik bandın yukarı yönde veri transferi için ve 138-1100kHz lik bandın ise aşağı yönde veri taşınması için ayrıldığını görürüz.



Şekil 2.2 ADSL Frekans Paylaşımı

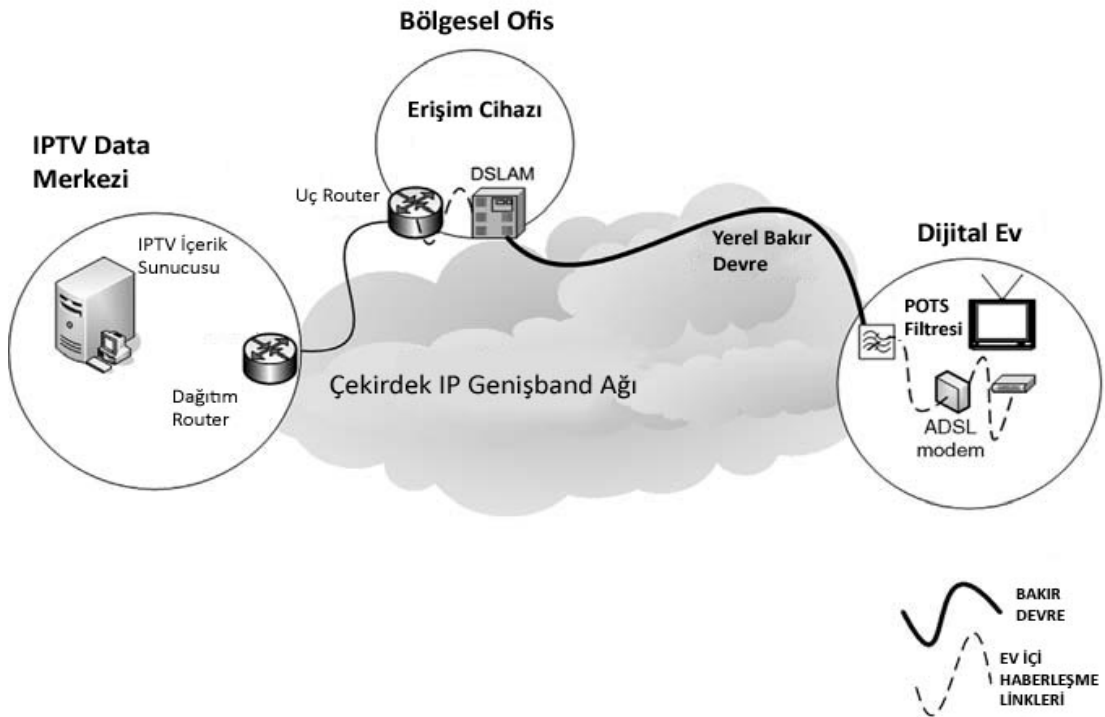
Her ne kadar ADSL servislerinin verilmesinde kullanılan cihazlar geleneksel telefon hizmeti için kullanılan ağlar üzerinden dijital bağlantı kurulmasını sağlıyorsa da, ağ üzerinden taşınan işaretler analog işaretler olacak şekilde modüle edilmişlerdir. Analog modülasyon uygulanmasını zorunlu kılan, ADSL devrelerinin yerel döngülerinin dijital formatta kodlanmış işaretleri taşıyamamasıdır. Bu sebeple kullanılan modemler dijital-analog dönüşümleri yapmaları için hem IPTV Servis Sağlayıcısında hemde kullanıcılarda mevcuttur.

IPTV verilerinin analog işaretlere dönüştürülmesinde birincil olarak kullanılan modülasyon teknikleri CAP ve DMT dir. Bunlardan CAP dijital verinin analog işaretlere modüle edilmesinde tercih edilen orjinal yaklaşımdır ve bu modülasyon

çeşidinde telefon ağı üzerinden datanın taşınması için yalnızca bir taşıyıcı kullanılmaktadır.

DMT ise CAP modülasyonunun yerine tercih edilen alternatif bir modülasyon tekniğidir ve modern DSL teknolojisinde kullanılmaktadır. DSL sinyali frekans bandını çok sayıda küçük altkanallara ayırarak data transferi esnasında toplam datayı oluşturan küçük parçalarını bu kanallarda taşır ve farklı karakterlerdeki telefon altyapılarına uyum kabiliyeti fazla olması sebebiyle veri akış hızını maksimum seviyeye çıkarır.

ADLS ağları üzerinden bir IPTV hizmeti verilebilmesi için gerekli cihazlar ve IPTV mimarisi içerisinde nerede oldukları Şekil 2.3 de görülmektedir.



Şekil 2.3 ADSL Ağı Üzerinden IPTV Hizmeti

Son kullanıcıdan itibaren mimaride yer alan ekipmanlar bakacak olursak ilk basamakta kullanıcı modemini görebiliriz. Modemin görevini tekrarlırsak, digital veriyi analog modülasyon tekniklerini kullanarak bakır kablo üzerinden taşınabilmesini sağlar ve yine

aynı bakır şebeke üzerinden gelen analog sinyali demodüle ederek dijital veriye çevirme işlevini yapar. Günümüzdeki birçok modem aynı zamanda router işlevini de gerçekleştirebilir.

İkinci basamakta ise POT ayırıcıları bulunur. Bu ayırıcılar aslında birer alçak geçirgen filtredir. Data işaretlerini telefon işaretlerinden ayırır ve yüksek frekanslı işaretleri modeme, düşük frekanslı işaretleri ise telefon cihazına yönlendirir.

Üçüncü aşamada bulunan DSLAM (Dijital Abone Hattı Erişim Çoklayıcısı) ise son kullanıcılar dan gelen veriyi bakır şebeke üzerinden alır, kümeler oluşturur ve fiber kablo üzerinden IPTV Data Merkezindeki bir diğer DSLAM a yönlendirir. Kullanılan bu DSLAM cihazları iki çeşittir. Bunlardan ilki Katman-2 DSLAM cihazıdır. OSI referans modelinin ikinci katmanında yer alırlar ve ATM trafiği ile Ethernet trafikleri arasında anahtarlama görevi yerine getirirler. İkinci tip DSLAM ise IP-DSLAM dır ve üçüncü düzey IP haberleşmesini sınırlı oranda desteklemektedir. Ayrıca bu tip DSLAM ların en önemli fonksiyonları IPTV servisi altında çalışıyor olma durumunda kullanıcı tarafından yapılacak kanal değiştirme işlemini yerine getirecek olmasıdır.

2.3.2 Adsl 2

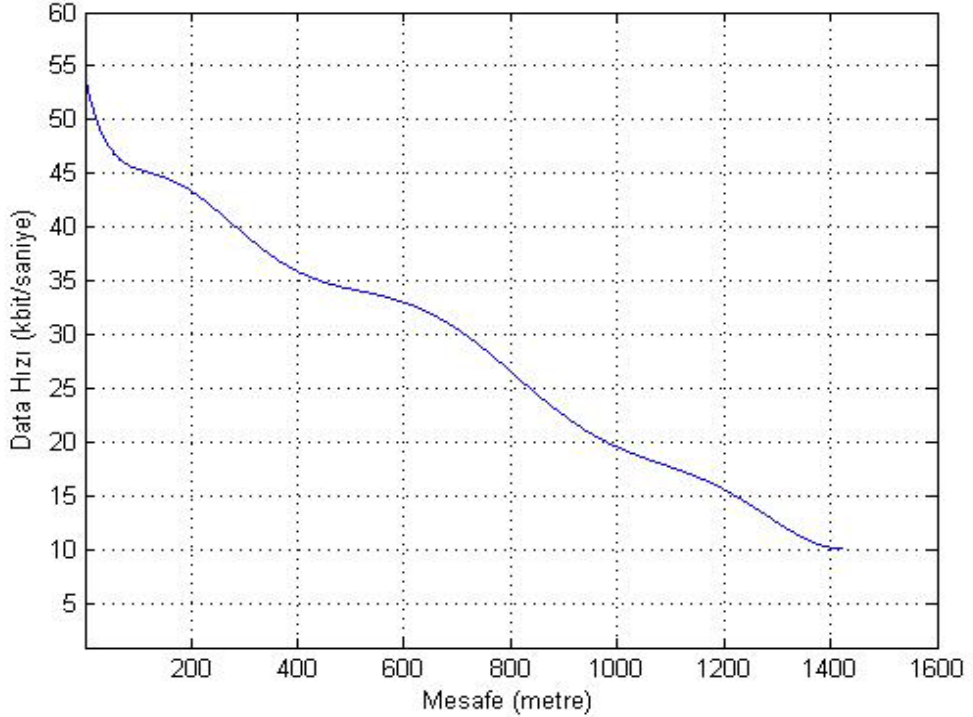
ADSL teknolojisinin bir süre kullanılmasının ardından, artan trafik ve sürekli artış gösteren hızlı veri iletimi gereksinimleri sonucunda ADSL 2 bu ailede yerini almıştır. ADSL 2 ilk geliştirilen teknoloji olmuş ve hemen ardından yenilenerek ADSL 2+ standartları oluşturulmuştur. Bu yeni standart ile servis sağlayıcılar, hizmeti başlattıkları santral ve çevresindeki 1.5km lik alan içerisinde 20 Mbps hızını kaliteli bakır kablolardan oluşturulmuş altyapılarından hizmete sunmayı başarmışlardır. ADSL 2+ veri haberleşmesinde 138 kHz – 2.208 MHz frekans bandını kullanmaktadır.

ADSL 2+ ardından 1.5 Km lik alan dışarısında yaşayan ve santraller çok daha uzak bölgelerde internet gibi veri hizmeti almak isteyen kullanıcılar için Geniş Alan ADSL geliştirilmiş ve hizmet vermeye başlanmıştır. Bu sayede santrale uzaklığı maksimum 6 km olan kullanıcılarda internet servisinden faydalanmışlardır. [5, 7]

2.3.3 Vdsl

En yeni ve en karmaşık DSL teknolojisini olması ile birlikte sağladığı bantgenişliği sayesinde yüksek çözünürlüklü kanallar içeren IPTV hizmetinin yerel bakır ağlar üzerinden kullanıcılara açılmasında kullanılmaktadır. VDSL servisi ADSL2+ temelli bir teknoloji olmakla birlikte VDSL-1 ve VDSL-2 olmak üzere iki sınıfa ayrılır. VDSL1 ile 55Mbps-15Mbps hız sınırlarını kısa mesafeli bir alan içerisinde kullanabilmekteyken, VDSL-2 sayesinde 1.2km-1.5km lik mesafelerde 30Mbps lik veri hızlarına ulaşılabilir.

Türkiyede 27.01.2009 tarihinden itibaren Türk Telekom tarafından gerçek anlamda hizmete açılan VDSL2 servisi, telefon haberleşmesi ve ADSL hizmeti için kullanılan bakır kabloların fazla miktarda ek yapılarak birleştirilmesi , nadiren de olsa farklı kesitlerdeki kabloların birbirlerine eklenmesi ve kullanılan bakır kabloların fiziksel yapısının uyumsuzluğu gibi sebepler dolayısıyla gelen kısıtlamaların etkisiyle 700 metre içerisinde yaklaşık 33 Mbit lik hıza ulaşılmaktayken, 1200m. lik mesafelerde yaklaşık 17 Mbps lik hıza ulaşılmaktadır. Türk Telekom ise bu mesafeler içerisinde 32Mbit, 16Mbit lik servislerini hizmete sunmuştur.



Şekil 2.4 VDSL-2 Artan Mesafe İle Hız Değişim Eğrisi

2008 yılı içersinde Türk Telekom İstanbul-Pendik ilçesinde gezici ekipler oluşturularak 80m.-1500m. mesafe aralığında 21 farklı noktada **HST-3000-VDSL-CUVDSL** (Acterna) ölçüm cihazı kullanılarak VDSL-2 hız testi yaptırmıştır. Her bir noktadan 3 hız verisi toplanarak aritmetik ortalamaları alınmış ve o mesafedeki hız değeri tespit edilmiştir. Bu ölçümlerde 21 noktadan elde edilen veriler ışığında Matlab programı kullanılarak uydurulan hız-mesafe eğrisi Şekil 2.4 te gösterilmiştir ve bu eğrinin oluşturulmasında kullanılan algoritma ile hız ölçüm değerleri Ek-A da verilmiştir. [4]

2.4 KABLO TV VE UYDU AĞI ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI

IPTV içeriğinin bir kablo TV ağı üzerinden taşınmasını anlayabilmek için öncelikle hibrit fiber ağlarına ve geleneksel dijital TV transmisyon teknolojilerine göz atmak yararlı olacaktır.

2.4.1 HFC (Hibrit Fiber/Koaksiyal) Teknolojisi

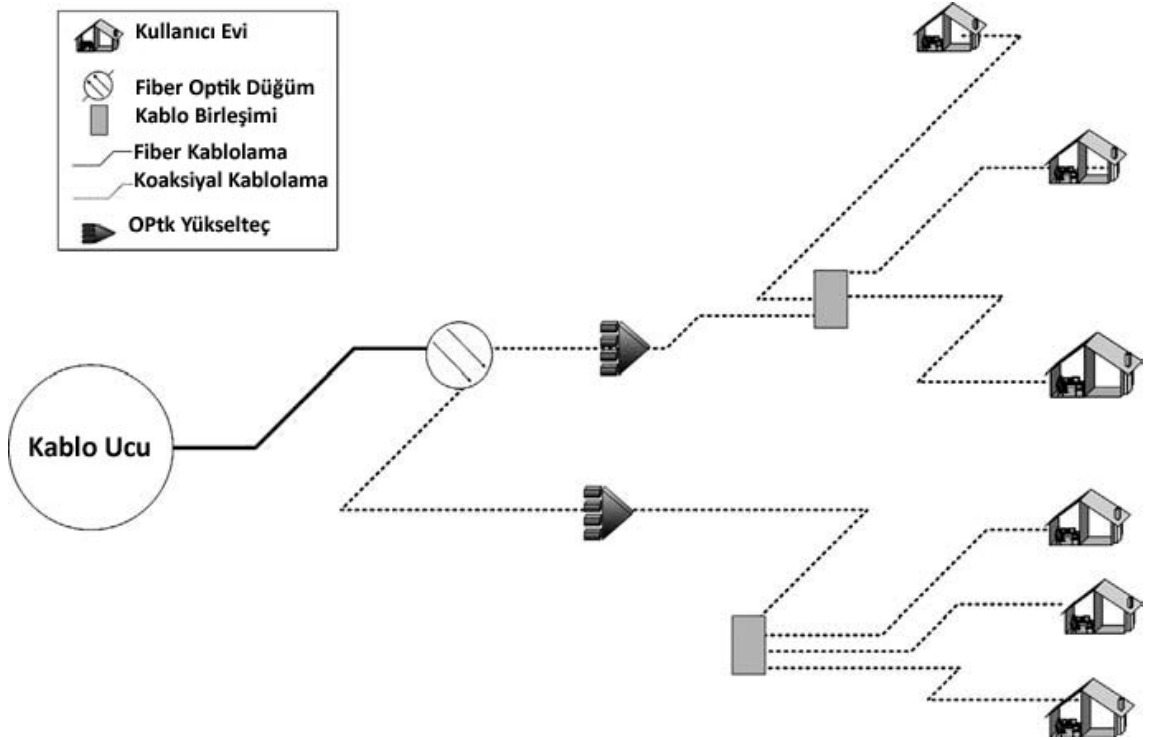
HFC bir çok dijital TV servisinin dağıtılmasında kullanılan, fiber-optik ve koaksiyal kabloların beraberce kullanıldığı ‘hibrit’ bir teknolojidir ve bir çok kablo TV hizmet sağlayıcısı tarafından kullanılmaktadır. HFC sistemlerinin ana transmisyon sistemi optik iletim teknolojisi kullanmaktadır. Böylece IPTV hizmetinin bu tür ağlar üzerinden sağlıklı verilebilmesinde bandgenişliği problemleri ile karşılaşılmamaktadır.

HFC teknolojisi kullanılarak oluşturulan haberleşme ağlarının yeni nesil haberleşme servislerini destelemek adına avantaj sağlayan bir çok özelliği vardır. Bunlar ;

- HFC ağları eşzamanlı olarak analog ve dijital servislerin son kullanıcıya ulaştırılmasında yeterlidir.
- HFC ağları IPTV için gereken genişletilebilir kapasite ve güvenilirlik sağlarken alt yapıda büyük değişikliklere gerek duyulmadan yeni servislerin verilebilmesini mümkün kılar.
- HFC ile ‘kullandığın kadar öde’ pazarlama stratejisi hayata geçirilebilir.

- Koaksiyel kablonun fiziksel karakteristiğinin uygun olması ve fiber kablo kullanılması sebebiyle saniyede birkaç gigabit lik veri akış hızlarına sahip olunmaktadır.

Aşağıdaki Şekil 2.5 te bir Uçtan-Uca HFC Ağı ve son kullanıcıya bu ağ üzerinden veri taşımada kullanılan ağ elemanları gösterilmiştir.



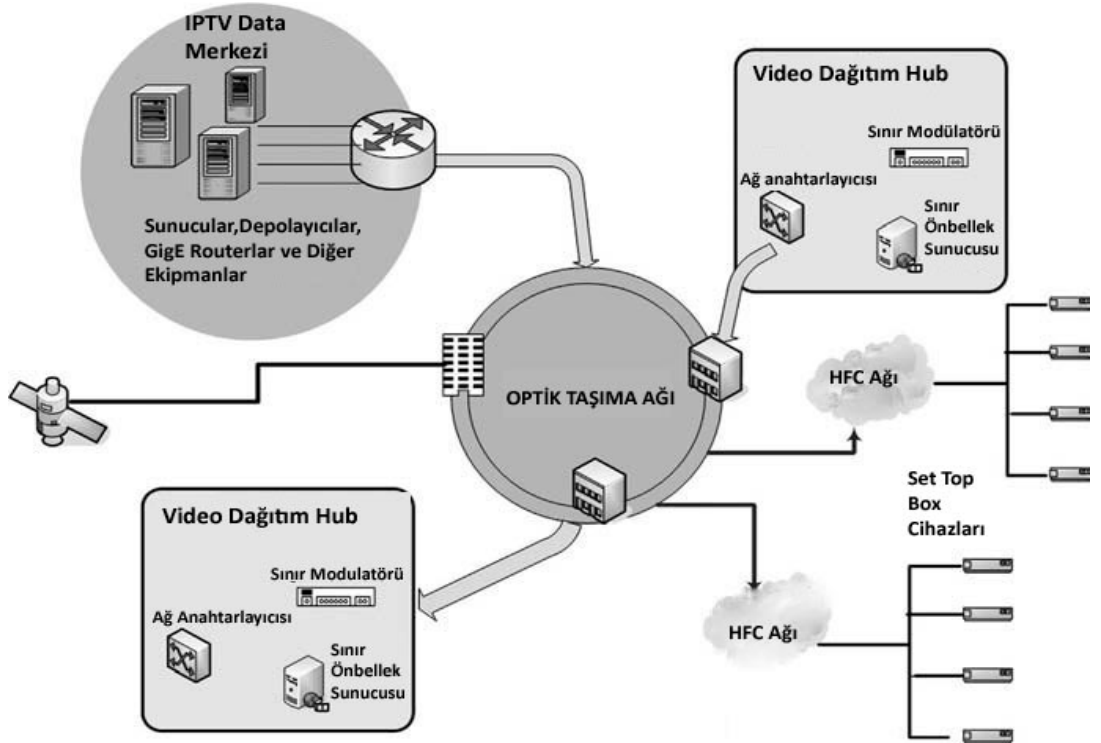
Şekil 2.5 Uçtan-Uca HFC Ağı

2.4.2 Kablo TV Ağı Üzerinden IPTV Dağıtımı

Telekomünikasyon operatörlerinin ellerinde bulunan altyapının müsait olması ve sağlayabileceği bandgenişliğini değerlendirmek istemeleri sonucunda, IP üzerinden veri taşıma hizmetlerini son kullanıcıya ulaştırma çalışmalarına başlamışlardır. Bu çalışmaları kendileri için tehlike olarak gören kablo TV operatörleri de IP temelli, 'Anahtarlamalı Dijital Video' (SDV) hizmetini ellerinde bulunan altyapıyı kullanarak vermek istemişlerdir. Bu sebeple radyo frekans (RF) temelli ağ yapısından IP temelli

farklı bir ağ yapısına geçmek amacıyla gerekli olan IP Router, Yüksek Hızlı Haberleşme Switchleri ve Set Top Box gibi yeni cihazları altyapılarına eklemiştir.

Tipik bir Kablolulu IPTV sistemi video verisini haberleşme altyapısı üzerinden taşımak amacıyla IP ve RF donanım elemanlarından oluşmaktadır. Şekil 2.6 da bu tür bir mimari gösterilmiştir. Burada kullanılan Gigabit Ethernet (GigE), yüksek kapasite isteyen VoD gibi servislerin kullanılmasına olanak sağlayan bir IP haberleşme aygıtıdır ve IPTV trafiğini çekirdek erişim ağına bağlar. Optik Taşıma Ağı , Data Merkezi içerisinde bulunan Video Sunucuları ile ağ bitimlerinde kurulan Sınır Modulatörleri arasında fiziksel bağlantı kurulmasını sağlar ve SONET, ATM ve DWDM gibi teknolojiler çekirdek ağda kullanılmaktadır.



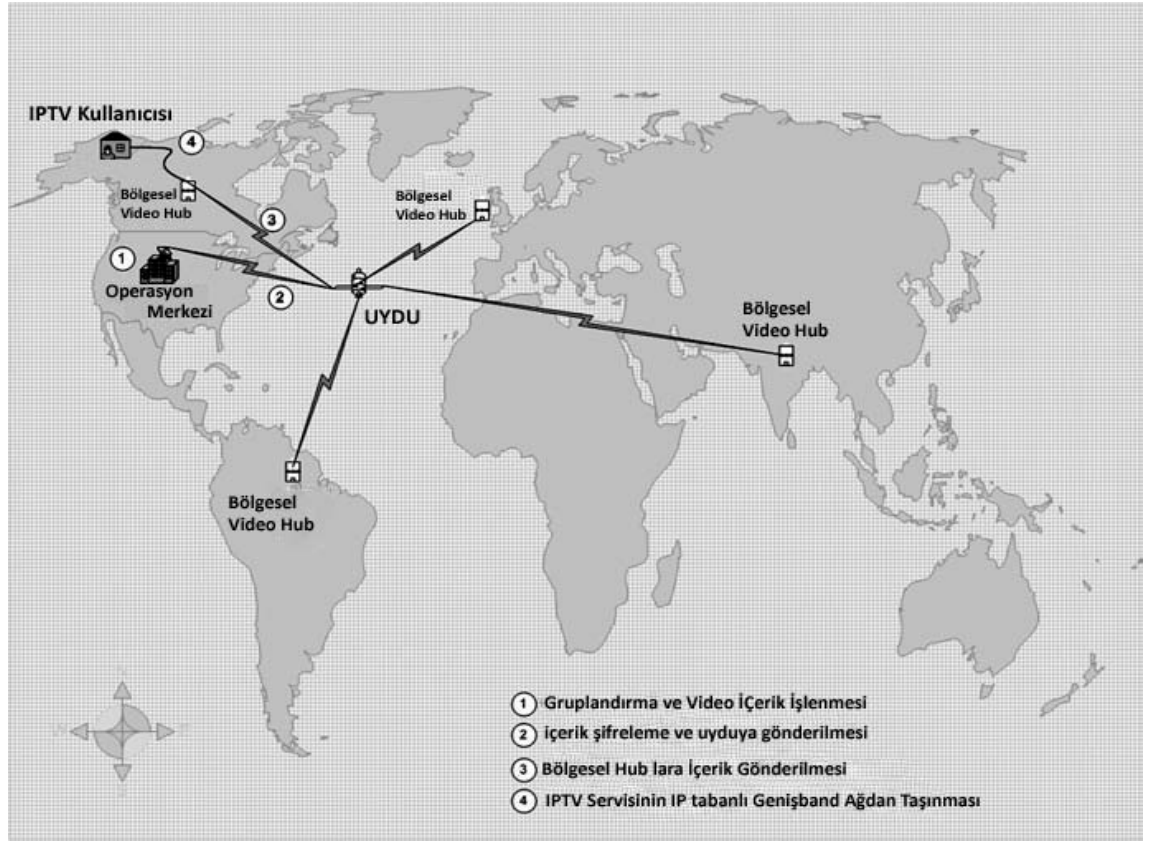
Şekil 2.6 Kablo TV Altyapısı Üzerinden IPTV Dağıtım Mimarisi

Sınır Modulatörleri ise Bölgesel Ofislerde kurulan IPTV içeriğini alan, veriyi IP paketlerinden çıkararak RF sinyaline module eden ve HFC ağı üzerinden Set Top Box cihazlarına ulaşmasını sağlayan cihazlardır.

2.4.3 Uydu Ağı Üzerinden IPTV Dağıtım

Uydu linkleri karasal transmisyon ağlarından çok daha fazla bandgenişliği sunmaktadır. Bu sebeple uydu ağları üzerinden IP temelli dijital video içeriğini kapsayan üçlü-oyun (triple-play) servisi, VoIP (IP üzerinden ses taşınması) ve yüksek hızlı internet erişim servisleri verilmesi mümkündür.

Bir çok uydu ağı servis sağlayıcısı ellerindeki altyapıyı kullanarak IPTV video içeriğini kablo ve telekomunikasyon servis sağlayıcılarının IPTV Data Merkezlerine ulaştırmak için kullanmaktadır. IPTV içerik dağıtımını için kullanılan bu mekanizmayı destekleyen haberleşme altyapısı Şekil 2.7 de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Uçtan-Uca Uydu Merkezli IPTV Dağıtım Sistemi

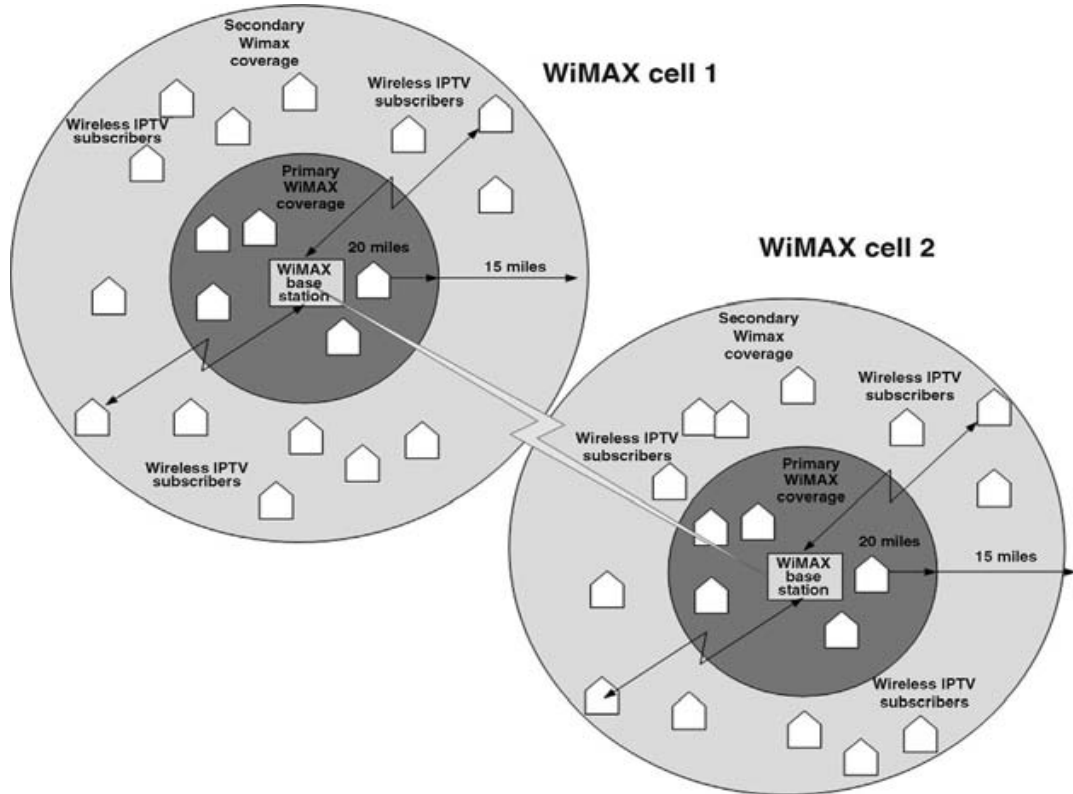
Görüldüğü üzere uydu operatörüne ait Operasyon Merkezince alınan orjinal içerik burada gruplandırılmasının hemen ardından MPEG-2 / MPEG-4 veya Windows Medya Formatı olarak yeniden kodlanır ve şifrelenir. Şifreli içerik sonra uyduya gönderilir ve

buradan da IPTV servisini son kullanıcıya ulaştırın telekomunikasyon veya kablo TV şirketlerinin farklı yerlerde konumlandığı Video Hub cihazlarına anahtarlanır. Anahtarlanan veri son olarak genişband haberleşme ağları üzerinden son kullanıcıya ait IPTV Set Top Box cihazlarına ulaştırılır ve hizmet verilmiş olur. [1, 10]

2.5 KABLOSUZ AĞLAR ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI

2.5.1 WiMAX Üzerinden IPTV Dağıtımı

Telekomunikasyon operatörleri için kablosuz haberleşme ağları üzerinden IPTV içeriğinin evlere dağıtılması bir diğer alternatif olmaktadır, tüm dünyada son kullanıcıların WiMAX ağları üzerinden bu hizmeti kullanma istekleri de her geçen gün büyümektedir.

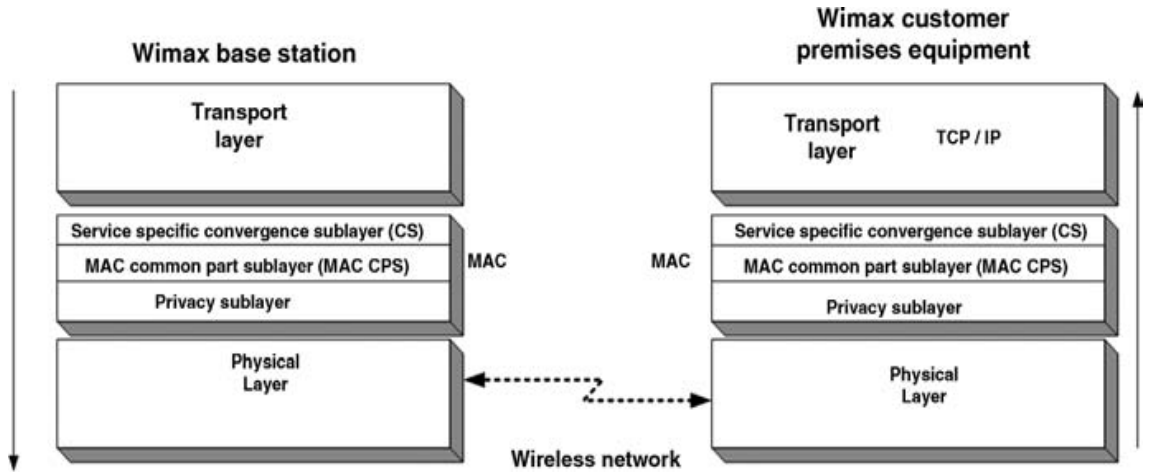


Şekil 2.8 IPTV Trafığı Taşıyan Basitleştirilmiş WiMAX Sistemi

WiMAX günümüzde Türkiyede ve tüm dünyada oldukça yaygın kullanılan Wi-Fi teknolojisine benzer şekilde çalışmakta olan ve yüksek kapasite sunan IEEE 802.16 teknik standartlarına uygun bir (kablosuz) IP genişband teknolojisidir. Şekil 2.8 de IPTV trafiği taşıyan WiMAX sistemi görülmektedir.

WiMAX hem lisanslı hemde lisanssız frekans bandlarında çalışabilmekteyken, IPTV gibi gerçek zamanlı uygulamalar için lisanslı frekans bandı kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise lisanslı bandın dağıtımını sonucunda her operatörün kendine ait bir bandının olması dolayısıyla daha az girişim meydana geleceği gerçeğidir.

Şekil 2.9 da görüleceği üzere WiMAX te iki hücre arasındaki haberleşmede 802.16 standardınca tanımlanmış, Fiziksel Katman, MAC Katmanı, Taşıma Katmanı olmak üzere üç katman vardır.



Şekil 2.9 WiMAX Haberleşme Modeli

Fiziksel katmanda verinin altyapı üzerinden taşınmasında kullanılan ekipmanlar bulunmaktadır. Genellikle OFDM yapabilen cihazlar kullanılır ve bu cihazların tercih edilmesinin sebebi çoklu-yol (multipath) dağıtım kabiliyetlerinin olmasıdır.

MAC Katmanı ise kendi içerisinde 3 altkatmana ayrılmıştır. Bunlardan en üstte bulunan CS (Service Specific Convergence Sublayer) katmanının en büyük görevi MAC katmanı

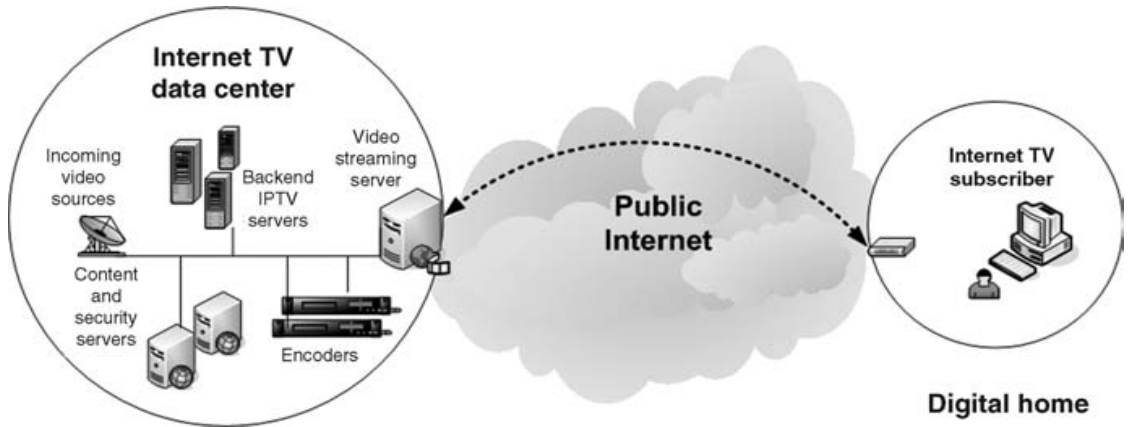
ile bir üst katman arasında ara yüz oluşturmaktır. MAC CPS katmanının görevi ise MAC nin güvenlik, bağlantı yönetimi ve fiziksel ağa erişim gibi fonksiyonlarını yerine getirmektir. Mahremiyet altkatmanı (privacy sublayer) ise adından da anlaşılacağı üzere IPTV kullanıcılarının kimlik doğrulaması ve video içeriği şifrelenmesi gibi işlevleri yerine getirir.

Üçüncü ve en üstteki katman ise Taşıma Katmanıdır. Bu katmanda standart TCP/IP özellikleri kullanılarak IPTV içeriğinin taşınması söz konusudur.

IPTV dağıtımında WiMAX kullanımı ile baz istasyonlarından son kullanıcıya ulaştırılan içeriğin iletim ortamının hava olması sebebiyle coğrafik açıdan WiMAX ile IPTV servisinin ulaştırılabileceği menzil hava şartlarına göre değişiklik gösterir. Teorik olarak WiMAX kullanılarak 6-10km lik bir kapsama alanında 60Mbps lik hıza ulaşılabilmektedir. Bu hız IPTV servislerinin son kullanıcıya ulaştırılmasında yeterlidir. [11]

2.6 İNTERNET ÜZERİNDEN IPTV DAĞITIMI

Genişband iletişimde artırılmış hız ile data sıkıştırma teknolojilerindeki ilerlemenin bileştirilmesiyle geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde video iletiminde internetin kullanımı oldukça büyük bir ivme yakalamıştır. Bu ivmenin etkisiyle IPTV'nin internet üzerinden son kullanıcıya ulaştırılması belirli video formatları kulanılarak sınırlı bir biçimde mümkün olmuştur.



Şekil 2.10 İnternet TV (Kanal) Ağ Mimarisi

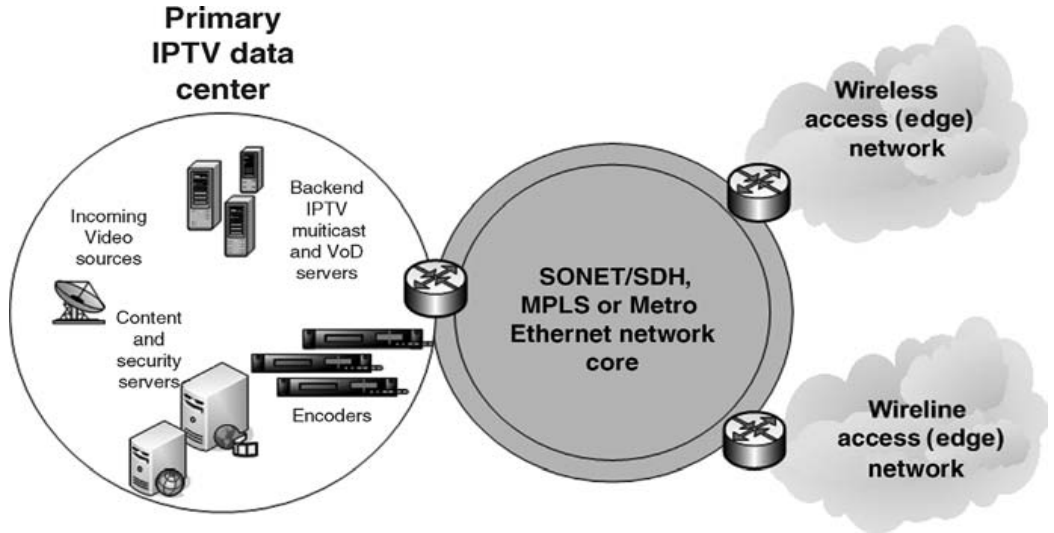
İnternet üzerinden IPTV servisinin ilk adımı IPTV Data Merkezinde bulunan veri sunucularından (streaming servers) başlar. Sunucularda video içeriği çoklu IP paketlerine dönüştürülür, sıkıştırılır ve kullanıcılarda bulunan ve veriyi işleyip görüntüye çevirecek cihazlara ulaşır. Bu cihazlar genellikle bir kişisel bilgisayar (PC) , mobil telefon veya IP Set-top Box cihazları olmaktadır. Aşağıdaki Şekil 2.10 da oldukça basite indirgenmiş bir İnternet TV Ağ (Kanal) Altyapısı gösterilmektedir. [4]

2.7 IPTV OMURGA TEKNOLOJİLERİ

IPTV omurga altyapısı data merkezi ile dağıtımın yapıldığı diğer çok sayıda lokal ağlar arasında büyük hacimlerde ve yüksek hızlarda video içeriği taşımakla yükümlüdür. Bu amaçla kurulan bir kaç adet transmisyon standardı bulunmaktadır ve çoklu-yol (multipath) ve hat koruması gibi özelliklere sahiptirler.

IPTV ağlarının oluşturulmasında en çok kullanılan omurga transmisyon teknolojileri SONET/SDH üzerinden ATM , MPLS üzerinden IP ve Metro Ethernet (ME) tir.

Aşağıdaki Şekil 2.11 de bir IPTV mimarisi ve omurga altyapısının mimarideki yeri gösterilmiştir.



Şekil 2.11 IPTV Ağı ve Omurga Altyapısı

2.7.1 ATM ve SONET/SDH

ATM, IPTV gibi kullanıcı isteklerine açık veri taşıma teknolojilerinde kullanılan yüksek bandgenişliğine ve düşük transmisyon gecikmelerine sahip, koaksiyal, bükümlü bakır kablo çiftleri ile oluşturulmuş ağlarda çalıştırılabilen ve fiber kablolardan oluşmuş altyapılarda en iyi performansını yakalayarak kullanılabilinen bir teknolojidir. ATM de veriler hücreler içerisinde yerleştirilerek taşınmaktadırlar. Her hücre bir başlık (5byte) ve veri (48byte) bölümlerinden oluşmaktadır.

SONET, fiber optik medyaları kullanan, çok sayıda ve farklı kanaldan aldığı parça verileri birleştirerek oluşturduğu çoklu veriyi TDM ile eşzamanlı olarak karşıya ulaştırın ve yüksek hızlarda veri taşınmasına olanak sağlayan bir protokoldür. SDH ise SONET benzeri bir optik veri taşıma sistemi olup USA dışında kullanılmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 2.2 de SONET'in optik taşıma standartları (OC) ile ulaşabileceği taşıma hızları gösterilmiştir.

Tablo 2.2 SONET Optik Taşıma Standartları

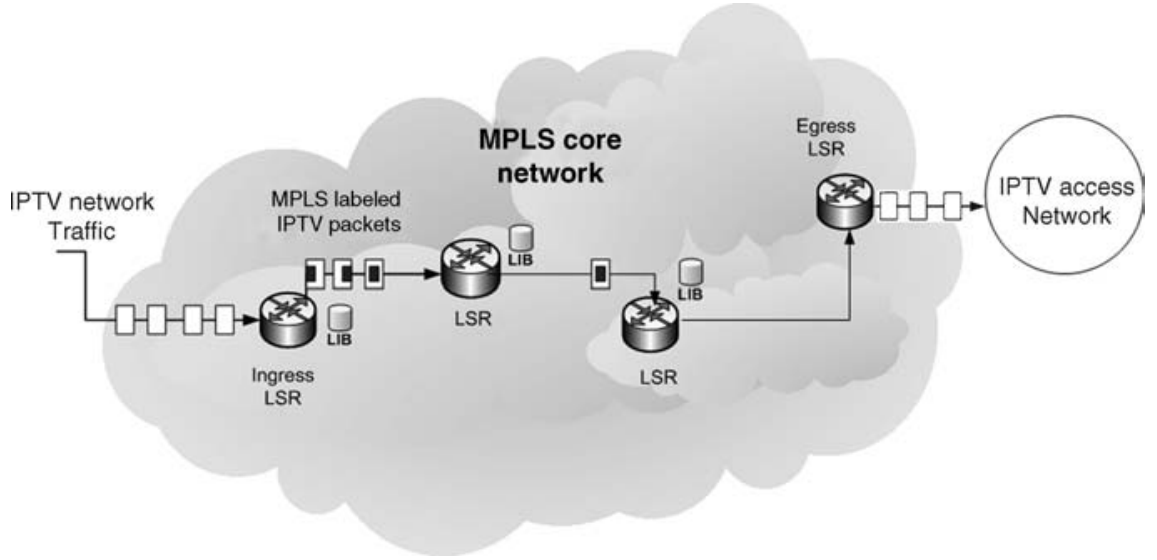
OC KADEMESİ	İşaret İletim Hızı
OC-1	51.84 Mbps
OC-3	155.52 Mbps
OC-12	622.08 Mbps
OC-24	1.244 Gbps
OC-49	2.488 Gbps
OC-192	10 Gbps
OC-256	13.271 Gbps
OC-768	40 Gbps

2.7.2 IP ve MPLS

Büyük telekomunikasyon şirketleri çekirdek ağlarında IP haberleşmesini hayata geçirmişlerdir. IP aslında QoS ve trafik ayırma(seçme) gibi özellikleri desteklemesi için tasarlanmamışken, bu tip özellikler MPLS teknolojisi ile kombine edilmiş IP temelli

ağlarda kullanılabilir hale gelmiş ve bir çok video trafik tipi bu çeşit ağlarda taşınmaktadır.

Bir MPLS platformu gelişmiş Etiket Anahtarlama Router (LSR) cihazları ile kurulmakta ve LSR lar IPTV ağına belirli varış noktalarına bağlantılı yollar kurmaktadır. Bu sanal yollara Etiket Anartarlanmış Yollar (LSP) denmektedir ve MPLS ağı üzerinden kolaylıkla IPTV içeriği taşıyacak şekilde configure edilirler. LSP kullanımı ile veri paketlerinin ağ içerisinde rotalanması hızlandırılmış olur. Bunun sebebi derin paket denetiminin yalnızca ağ girişlerde olması ve her router hop ta tekrarlanmamasıdır.



Şekil 2.12 MPLS Çekirdek Ağ Topolojisi

LSR lerin diğer ana fonksiyonu ise trafik tipini tanımlamaktır. Tanımlama işlemi her IP paketinin önüne MPLS başlığının getirilmesiyle gerçekleştirilir. MPLS ağına giren IP paketlerinin önüne giriş LSR lerinde eklenen başlık çıkış LSR lerinde ise MPLS çıkışında kaldırılmaktadır. Ayrıca LSR lerden sonra paketlerin MPLS ağı üzerinde hangi Routerlere gideceğinin belirlendiği Etiket Bilgisi Bazı (LIB) bulunmaktadır.

Tablo 2.3 te MPLS başlığının içeriği özetlenmiştir. Şekil 2.12 de ise bir MPLS çekirdek ağ topolojisi gösterilmiştir.

Tablo 2.3 MPLS Başlık Formatı

Alan İsmi	Alan Boyu (Bit)	Fonksiyon tanımı
Etiket	20	Her IP paketi için bir sonraki hop bilgisini içerir
Deneyimsel Bitler	3	Diğer uygulamalar için rezerve edilmiştir.
Istifleme Bitleri	1	Her başlık bir veya birden fazla başlık içerebilir, istif biti 1 ise LSR en son başlığı kullanır.
Ayrılma Zamanı (TTL)	8	Bu bölge IP deki TTL kısmından aynen kopyalanır.

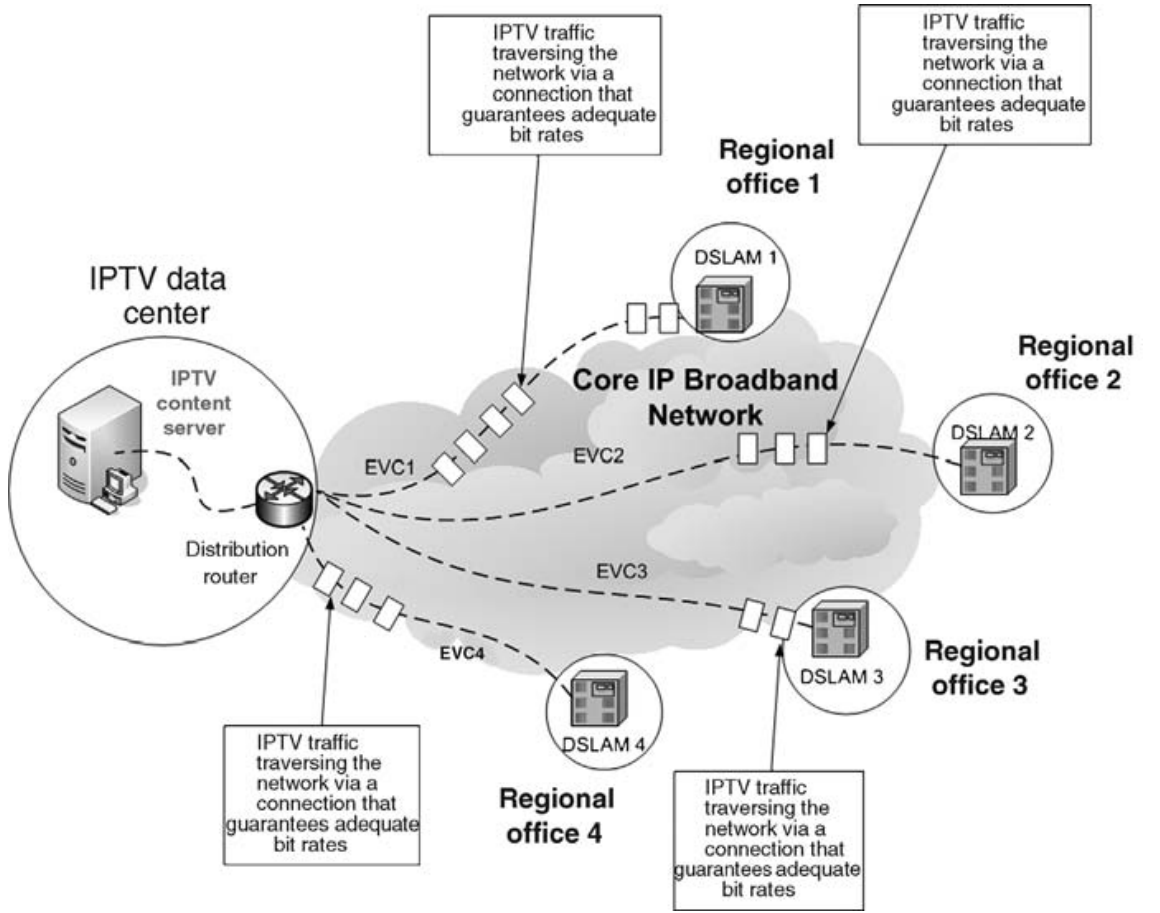
2.7.3 Metro Ethernet

Çekirdek ağ içerisinde kullanılabilecek bir diğer teknoloji ise Metro Ethernet tir. Metro Ethernet kullanılan çekirdek ağların teknik ve operasyonel özellikleri şunlardır :

- Tipik bir çekirdek ağ teknolojisinde olması gereken esneklik, yüksek performans ve ölçeklenebilirlik mevcuttur.
- Modern Metro Ethernet ekipmanları ile 100 Gbps hızı ile uzakta ve dağınık halde bulunana bölgesel ofislere veri taşıyabilir ve IPTV hizmeti rahatlıkla dağıtılır.

- Herhangi bir veri hatasında IPTV nin bundan etkilenmeden çalışırılığını sürdürmesi için gerekli kurtarma ve geri kazanma işlevleri vardır.
- Her IPTV kullanıcı bölgesi için data merkezi ile bölgesel ofisler arasında kullanılacak adanmış (dedicated) sanal yollar (EVC) kurulmasına olanak sağlar.

Aşağıdaki Şekil 2.13 te Metro Ethernet Kullanılmış IPTV Ağ Altyapısı görülmektedir.



Şekil 2.13 IPTV Ağ Altyapısında EVC Kullanımı İle Dağıtım

Tüm bu özelliklerin yanında çok düşük veri gecikimi ve düşük paket kayıpları ile Metro Ethernet ağ haberleşmesi için kullanılabilir ideal bir teknolojidir. [5,12]

2.8 VIDEO SIKIŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE YENİDEN KODLAMA

Televizyon, telefon ve internet erişimi'nin yaygınlaşması ile birlikte çeşitli sıkıştırma teknolojileri yeni servislerin verilmesinde ve yeni ürünlerin ortaya çıkarılmasında pivot rol oynamıştır.

IPTV yayınında kullanılan en güçlü sıkıştırma teknolojileri MPEG-2, H.264/AVC ve VC-1 iken veri taşınması işlemi IPTVCM (IPTV Haberleşme Modeli) üzerinden yapılmaktadır.

Kodlamaya değinmeden önce, kodlama aşamasından hemen önce yapılan iki işleme değinmek faydalı olacaktır. Bunlardan ilki kamera kullanımı ile video yakalanması işlemidir. İkincisi ise kamera ile elde edilen görüntüye ait analog işaretin dijital işarete çevrilmesi (dijitizasyon) aşamasıdır.

İlk aşamada kamera ile alınan görüntü analog sürekli bir işarettir ve bu işaret analo/dijital (A/D) çeviriciler vasıtasıyla dijital işaretlere çevrilir. Bu işlemin ilk etabı örneklemedir. Analog işaret üzerinden örnekler alınarak işaretin geriye kalan kısmı atılır. Daha sonra ise ikinci etap olan kuantalama işlemine başlanır ve bu işlem ile alınan örnekler belirli voltaj düzeylerine çekilerek analog işaretin dijitalizasyonu tamamlanmış olur ve kodlamaya hazır hale gelir.

Dijital veriyi kodlama işlemi için özel tasarlanmış kodlayıcılar kullanılır ve IPTV Data Merkezinde yapılan bu işlem üç aşamada gerçekleşir ;

- (1) Belirli bir kaynaktan alınan video işareti alınır. Alınan işaret çok yüksek kalitede bir dijital işaret olabildiği gibi düşük kalitede bir analog işarete olabilmektedir.
- (2) Sonra kodlayıcı cihaz video işareti üzerine belirli bir sıkıştırma planı uygular.
- (3) Sıkıştırılmış video işareti data paketleri içerisine yerleştirilir ve kapsüllenecek IPTV ağı üzerinden taşınmak üzere hazırlanır.

IPTV haberleşme ağları üzerinden taşınması için video içeriğinin kodlanması işlemi'nin bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Önemli avantajları

- Video dosyalarının saklanması için gereken sabit disk alanı düşürülmüş olur.
- Sıkıştırılmamış video'nun işlenmesi yüksek bilgisayar gücü gerekmektedir ve sıkıştırma sonucunda gereken bu güç azalmış olur.
- Sıkıştırma sonucunda boyutu küçülen bir dosya ile orijinal video içeriği kıyaslandığında, sıkıştırılmış video'nun haberleşme ağı boyunca taşınması daha kısa sürmektedir.
- Düşük kapasiteli genişband ağlarının kullanılması söz konusu ise bir anda fazla kullanıcıya video taşınabilmesi için içeriğin sıkıştırılmış olması gerekmektedir. Örneğin standart çözünürlüklü bir televizyon içeriği (SDTV) 1.5Mbps hızında bir kanala ihtiyaç duyarken , yüksek çözünürlüklü (HDTV) bir televizyon içeriğinin iletilmesi için 8Mbps lik bir kanala ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer modern sıkıştırma teknolojileri kullanılmadan eski tekniklerle sıkıştırılmış bir veriyi göndermek istersek bu hızlar SDTV için 3.5 Mbps ve HDTV için 25Mbps olması gerekiyordu.

Diğer taraftan sıkıştırmanın getirdiği dezavantajlar ise şunlardır ;

- Sıkıştırma ve sıkıştırılmış paketlerin kullanıcı tarafında açılması işlemi zaman aldığı için gecikmeler meydana gelmektedir.
- Sıkıştırılan işaretin belirli bir bölümü alınarak geri kalan kısmı gözardı edildiği için resim kalitesinde düşüş meydana gelmektedir.
- Bununla birlikte gelen işaretin bir sıkıştırma formatından diğer bir sıkıştırma formatına çevrilme işlemi gerekli olacağı için işaretin kalitesinde azalma meydana gelecektir.

Görüldüğü üzere video işaretinin IPTV ağı üzerinden taşınması adına yapılan sıkıştırma sonucunda sağlanan avantajlar sebebiyle bazı fedakarlıklar yapılmış ve bunlar işlemin gerçekleştirilmesini engelleyemeyecek düzeyde kalmışlardır. [1]

İkinci aşamada yapılmakta olan sıkıştırma işlemi, IPTV servis sağlayıcılarının yüksek kaliteli birçok video ve ses içeriğini bir IPTV genişband ağı üzerinden beraberce taşımalarına olanak vermiştir. Sıkıştırma işlemi yapılırken insanoğlunun duyularındaki

bazı kusurlar hedef alınmış ve yapılan veri kayıplarının insanlarca fark edilmemesi durumu kullanılmaktadır. Örneğin insan gözü tüm resim örneklerini algılayamaz. Yapılan sıkıştırma işlemi ile algılanamayan bu kısımlar işaret içerisinden kırılırsa insanlar için değişen bir şey olmayacaktır.

Sıkıştırma yöntemleri genel olarak kayıpsız sıkıştırma ve kayıplı sıkıştırma olmak üzere ikiye ayrılırlar. Kayıpsız sıkıştırma yöntemi ile adındanda anlaşılacağı üzere bir IPTVCD cihazı aldığı verilerden orjinal videoyu mükemmel bir şekilde yeniden oluşturabilirken, kayıplı sıkıştırma yöntemleri kullanılmışsa ağ üzerinden aldığı veriyi kullanarak IPTV Data Merkezinde dijitize edilen orjinal video'nun kalitesine ulaşamayacak şekilde kırılmış bir video oluşturabilir. Günümüzde ise sıkıştırma teknikleri üzerinde yapılan optimizasyon çalışmalarının amacı kayıplı sıkıştırma işlemi sonucunda kalitenin en az bozulur hale getirilmesidir.

2.8.1 MPEG Sıkıştırması

MPEG teknolojisi uydu, kablo ve karasal televizyon sistemlerinde kullanılan bir sıkıştırma standardıdır. MPEG (Moving Pictures Experts Group) Hareketli Resimler Uzmanları Grubu'nun kısaltması olup, orijin olarak ISO ile IEC tarafından yaratılmışlardır. Kurulmalarından bu yana video transmisyonunun sağlanabilmesi için sıkıştırma teknikleri geliştirmede yardımcı olmaktadır ve önemli sıkıştırma standartları geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerden IPTV yayını için en uygun olanlar MPEG-2 ve MPEG-4 (H.264) sıkıştırmalarıdır.

2.8.1.1 MPEG-2

Video en basit formunda sıra ile gösterilen imajlar serisidir. Bu imajların her biri için kullanılan teknik terim 'çerçeve'dir. Her çerçeve başında bulunan bir başlık bölümü ile ayırt edilirken insan gözü genellikle televizyon yayınlarını 25 çerçeve/saniye hız ile rahat bir şekilde izleyebildiği için daha fazlasına gerek duyulmamaktadır.

MPEG-2 sıkıştırma yöntemi dijital TV içeriğinin farklı ağlar üzerinden taşınmasında çok yaygın olarak kullanılan, baskın ve başarılı bir video sıkıştırma teknolojisidir. Sıkıştırma işleminin ilk ayağı olan ‘alt örnekleme’ ile her çerçeve içerisindeki bit sayısı azaltılarak sinyali taşımak için gerekli bandgenişliği gereksinimi azaltılmaktadır.

İkinci basamakta ise her resim çerçevesi MPEG algoritmasının en küçük kodlama ünitesi olan 8 x 8 lik piksel bloklarına ayrılır. Bu bloklar üç farklı tipte olmaktadır. Bunlardan Gri-ton Parlaklığı (Y) resmin siyah-beyaz bölümün bilgisini taşıırken, Kırmızı Renklilik (C_r) ve Mavi Renklilik (C_b) ise resmin renkli bölümlerinin bilgisini taşır.

Piksel bloklarına ayrılma işlemi bittikten sonra MPEG her bloğa ‘Ayrık Kosinüs Dönüşümü’ (DCT) uygulayarak bu blokların önem sıralarının belirlenmesini sağlar. Bu işlem sonunda önem sırası düşük olan bloklar elimine edilirken, önem sırası yüksek bloklar ise işlenmeye devam eder. Bu kırpma işlemi insan gözü tarafından algılanamayacak seviyede yapılmaktadır.

MPEG sıkıştırmasındaki bir sonraki adım kuantalamadır. Dijital video verilerinin kuantalanması bir resim çerçevesi içerisinde bulunan ve çeşitli blokların temsil edilmesi için gerekli olan bit sayılarının azaltılması işlemidir. Bu noktada kuantalama seviyesi önem taşımaktadır. Sebebi ise kuantalama seviyesinin yüksek olması yüksek sıkıştırma oranı anlamına gelmektedir ve IPTV kullanıcılarının şahit olacağı düşük resim kalitesi ile izleme deneyimi ile sonlanır.

Resim çerçevesi içerisindeki her blok sıkıştırıldıktan sonra MPEG her resim çerçevesini 16 x 16 lık parlaklık ve renklilik piksel dizilerinden oluşmuş ‘makroblok’ lara ayırır. Eğer en son resim çerçevesi ile mevcut çerçeve arasında farklılık varsa MPEG sıkıştırma ekipmanı bu yeni video bloklarını mevcut çerçeve içerisine taşır. Böylece video içeriğinin taşınabilmesi için gerekli bandgenişliğinde oldukça azalma sağlanmış olmaktadır. Video içeriğinin bu şekilde azaltılması iki yöntemle yapılabilir. Bunlardan ilki boşluk sıkıştırmasıdır (Spatial Compression) ve tek bir çerçeve içerisindeki bit sayılarının azaltılması esasına dayanır. Bir resim çerçevesi içerisinde pikseller bir kenardan diğerine uzanmaktadır ve aynı değerlere sahip olabilir. Bu

noktada her pikseli tek tek kodlamaktansa pikseller arasındaki farklılıklar kodlanır ve böylece bir miktar veri, toplam içerisinden kırpılmış olur.

İkinci yöntemde ise çerçeveler arasında bit azaltımı işlemidir (Temporal Compression). Video oluşturulurken ardışık çerçeveler arasında enformasyon tekrarı olabilmektedir. Örneğin bir duvar gösteriliyorsa bu duvarı oluşturan 30 imaj içerisindenki enformasyon 1 saniye içerisinde değişim göstermez ve duvar için değişim sıfır olur. Eğer aynı videoda 1 saniye içerisinde insan veya hayvan gibi hareketli farklı nesnelere olursa sadece hareket farklılıkları kodlanırken hareketsiz duvar sürekli kodlanmaya devam edilmeyerek sıkıştırma yapılmış olur.

Video hareket içerdiği için video içeriğinin doğası yüksek değişkenlik gösterir ve kodlama işlemi gerçekleştirilirken kullanılan bit oranı da önemli ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. Bit oranındaki önemli değişiklikler IPTV ağı için kolay uyum sağlanabilecek bir durumlar değildirler. Bu sebeple bir çok kodlayıcıda tampon fonksiyonu bulunmaktadır ve böylece bu değişikliklere ayak uydurmak olası hale getirilmiştir.

MPEG sıkıştırmasının bir sonraki adımı, oluşturulan makroblokları dilimlere ayırma işlemidir. Kodlama yapılırken ise her bir dilim diğerlerinden bağımsız olarak kodlanır ve böylece hataların tamamı dilimlerin kendilerine özgü olur. Bir dilimin hatası bir diğerini etkilemez böylece dilimlere özgü hata sınırlaması getirilmiştir.

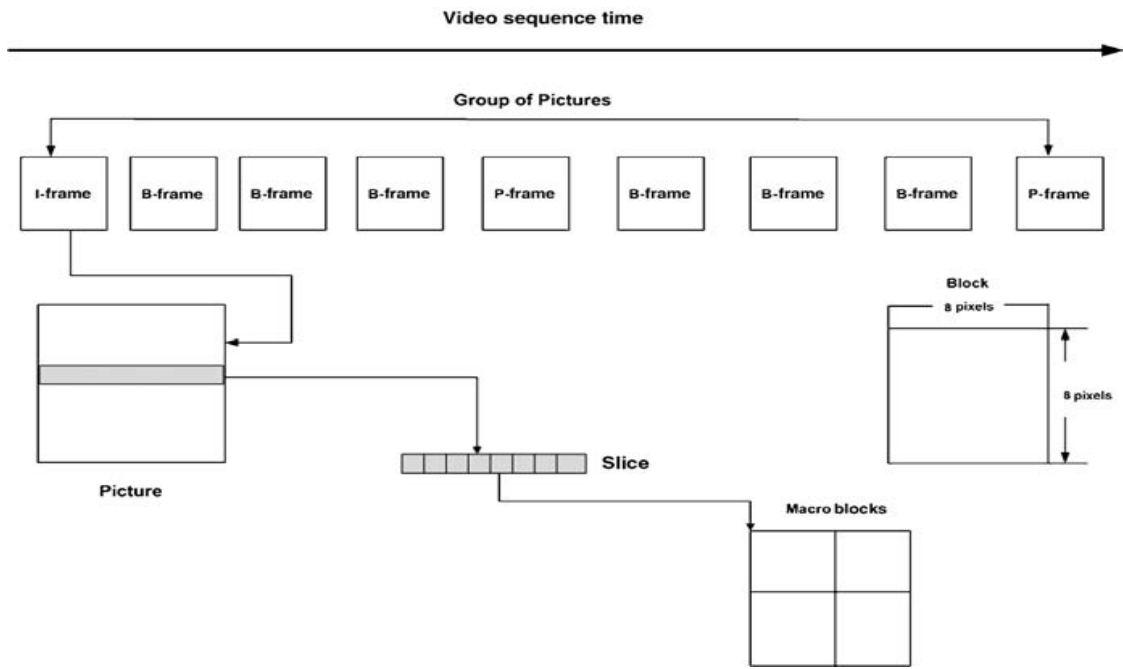
MPEG standardı üç tipte resim tanımlanmaktadır.

İlk tip resim bir **I-çerçevesi (Intra-frame)** dir. Kendinden önceki ve sonraki çerçevelerden bağımsız olarak kodlanır ve diğer tip çerçevelerin oluşturulmasında kullanılırlar.

İkinci tip resim **P-çerçevesi (Forward Predicted frame)** dir ve geçmişte oluşturulmuş *I-çerçeve* kullanılarak oluşturulurlar. Aslında kodlanmış yeni resimler olmayıp IPTVCD nin resim oluşturabilmesi için gerekli hareket verilerini taşırlar.

Üçüncü ve son tip ise *B-çerçevesi* (*Bi-directional frames*) dir. Hem *I-çerçevesi* hemde *P-çerçevesi* kullanılarak oluşturulurlar ve her ikisinden de daha az yer kaplarlar. Gerekli bandgenişliğinin düşmesinde etkindirler.

Bu üç tip çerçeve bir araya gelirler ve bir GOP (Group Of Pictures) oluştururlar. Her GOP bir *I-çerçevesi* ile başlar ve diğer tip çerçeveler ile devam ederken bir MPEG GOP [I B B B P B B B P B B B P B B B P] çerçeve dizilişine sahiptir.



Şekil 2.14 MPEG Video Akışının Hiyerarşik Yapısı

IPTV için GOP içerisinde bulunan çerçeve sayısı 12-15 çerçeve olmaktadır ve GOP lar daha sonra bir araya gelerek video dizilerini oluştururlar. Her video dizini bir başlangıç kodu ile başlarken bunu bir başlık dizisi takip eder ve benzersiz bir kod ile biter.

MPEG-2 sıkıştırması yapılırken bit oranı sabit tutularak videonun karmaşık olup olmaması göz ardı edilebilirken, değişken bit oranı ile yapılan kodlamada detaylar daha az sıkıştırılarak görünür halde bırakılır. Bu durumda IPTV ağları üzerinden video taşımak için en uygun seçecek sabit bit oranı ile yapılan sıkıştırma değildir. Nedeni ise yetersiz bandgenişliği ve değişik hızlara altyapının cevap verememesidir. Günümüzde de sabit bit oranı ile sıkıştırma işlemi baskın ve yaygındır.

MPEG-2 teknolojisi uydu ve kablo TV servis sağlayıcıları tarafından kullanılmaya devam edilen bir teknoloji iken, telefon servis sağlayıcılarının IPTV hizmeti vermek için gösterdikleri çaba ve bu amaç doğrultusunda yaptıkları çalışmalar sonucunda ellerinde bulunan altyapının MPEG-2 taşıması için yeterli bandgenişliği sunmadığı ortaya çıkmıştır. Telefon hizmeti standartlarına göre kurdukları bakır altyapısı üzerinden telefon ve DSL hizmeti veriyor oldukları için DSL teknolojisi ile taşınabilir bir sıkıştırma formatına ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda MPEG-4 (Part-10) ve VC-1 sıkıştırılmaları geliştirilmiş günümüzde popüler olarak kullanılmaktadırlar.

2.8.1.2 MPEG-4

MPEG-4 standardı MPEG-2 den sonra geliştirilmiş ve tüm çoklu medya formatlarını destekleyen bir ekosistem tanımlamaktadır. IPTV tarafında bakıldığında video olarak MPEG-4 taşınmak istenirse, IPTV data merkezine kurulacak yeni ekipmanlar ve IPTVCD ler içerisinde de yeni kod çözücü teknolojisi yerleştirilmesi zorunluluğu görülmektedir. Geçtiğimiz senelerde ise IPTV data merkezinde bulunan cihazlarda MPEG-4 kodlaması için ve kullanıcı tarafında yapılacak kod çözümü için IPTVCD ler içerisinde bulunması gereken işlem gücü ve bellek miktarı yeterli değilken, gelişen yarı iletken teknolojisi sayesinde MPEG-4 formatı ile yayının izleyiciyle buluşması mümkün kılınmıştır.

Yeni nesil ağların gelişmesi ve çabucak yayılmasının ardından HDTV gibi gelişmiş video servislerine ve istek üzerine video (VoD) servisi gibi ek servislere olan ilgi ve istek artış göstermiştir. Bu gibi servislerin verilebilmesi için ise gerekli bandgenişli çok büyük ölçüde olmuştur. Örneğin tek bir yüksek çözünürlüklü televizyon kanalı için gerekli bandgenişliği ile standart çözünürlüklü 6 kanal yayına verilebilmektedir. Bu sebeple şu anki ve gelecek bandgenişliği gereksinimleri düşünülerek sıkıştırma teknolojileri üzerinde yoğunlaşmış ve 2002 yılında MPEG-4 Part10 AVC yada diğer isim ile H.264 teknolojisi tanıtılmıştır. Tanıtılan bu yeni teknolojinin avantajları şunlardır ;

İyi performans : Daha önceki ses ve video sıkıştırma teknikleri ile kıyaslandığında göreceli olarak daha iyi (fazla) sıkıştırma ile düşük bandgenişliği sunan ağlar üzerinden video servisi verilebilmesi mümkün kılınmıştır.

Düşük bandgenişliği gereksinimi : MPEG-2 ye kıyasla aynı kalitedeki bir videonun taşınması için gereken bandgenişliğinden daha az bandgenişliğine sahip ağlardan taşınabilmektedir.

Birlikte çalışabilirlik : MPEG-2 taşınan günümüzdeki ağlar üzerinden taşınabilmesi ile altyapı değiştirme gereksinimi sunmaz.

HDTV desteği: Uygun ve optimum sıkıştırma yapılması halinde telekom operatörlerinin ellerindenki ağ üzerinden DVD kalitesinde yüksek çözünürlüklü kanalları servise vermelerine imkan sağlar.

Tercih edilir olması : Açık bir standart olması sebebiyle bir çok endüstriyel organizasyon tarafından tercih ve tavsiye edilmiştir.

Depolama kapasitesi düşümü : Video içeriğinin saklandığı sunucular içerisinde daha az depolama alanı kaplayarak gereken kapasiteyi düşürmektedir.

Çoklu uygulama desteği : MPEG-4 sıkıştırma teknolojisi ile çok geniş çoklumedya uygulaması desteği sunarken, farklı cihazlar ile bu içeriklerin izlenmesini mümkün kılar. Örneğin IPTV bir televizyonda izlenirken, bir telefon ile izlenebilecek içerikleri de sunar.

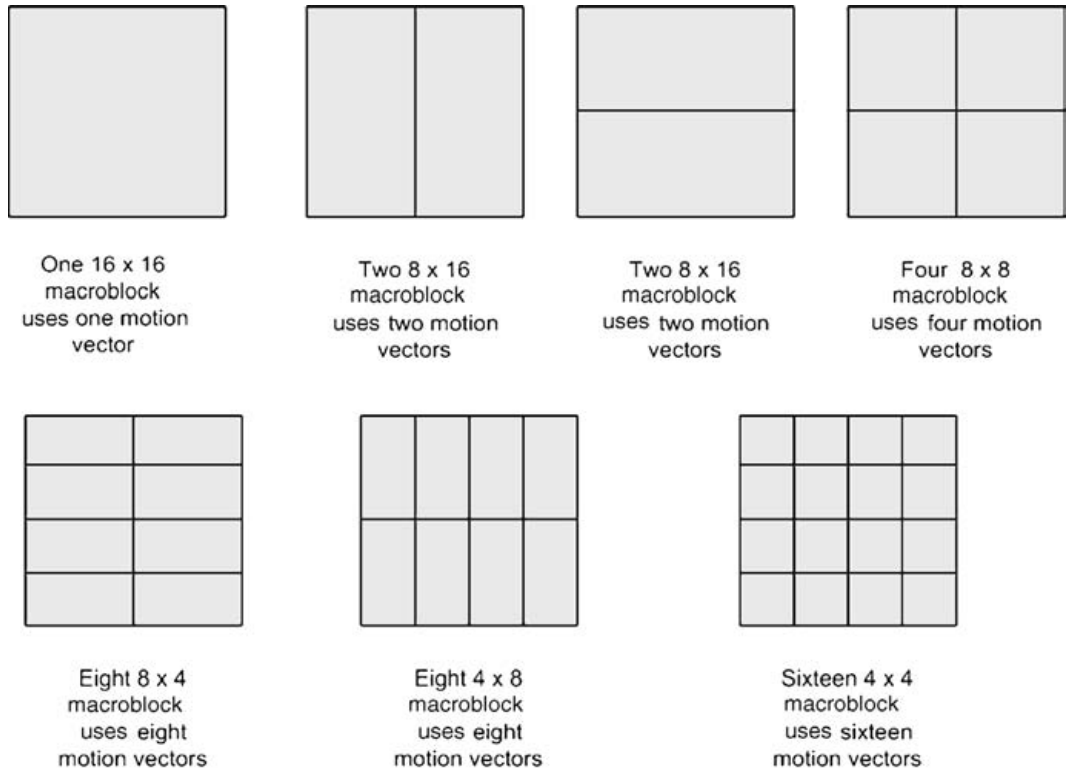
Bağımsız taşınabilirlik : H.264 ile sıkıştırılmış bir içerik ATM, RTP, UDP, TCP ve MPEG-2 taşıma sistemi gibi bir çok protokol üzerinden taşınabilmektedir.

Düşük kaliteli ağlara adaptasyon : İçerisine yerleştirilmiş hata tutma ve onarma mekanizması ile düşük kaliteli ağlar üzerinden taşınabilmektedir.

H.264/AVC ile yapılan sıkıştırma işleminde boşluksal fazlalıktan (spatial redundancy) iç-tahmin (intraprediction) ve kodlama mekanizması ile kurtulunur. Bu işlem MPEG-2 sıkıştırması duyarlılığında yapılırken bu noktadan sonra H.264/AVC sıkıştırması kendine özgü mekanizmaları kullanmaya başlar. MPEG-2 de DCT resim çerçevesi içerisindeki her makroblok için kullanılmaktayken, H.264/AVC de DCT yalnızca komşu makrobloklara uygulanır. Bu yaklaşım komşu makrobloklar arasındaki farkı minimum seviyeye indirmeye yöneliktir. Daha sonra ara-tahmin (interprediction) yöntemi ile hareket kestirimi yapılarak video çerçeveleri arasındaki fazlalıklar (temporal redundancies) kırılır. Bu işlemin amacı MPEG-2 sıkıştırmasına benzer olarak video dizilerini kodlarken verimliliği artırmaktır.

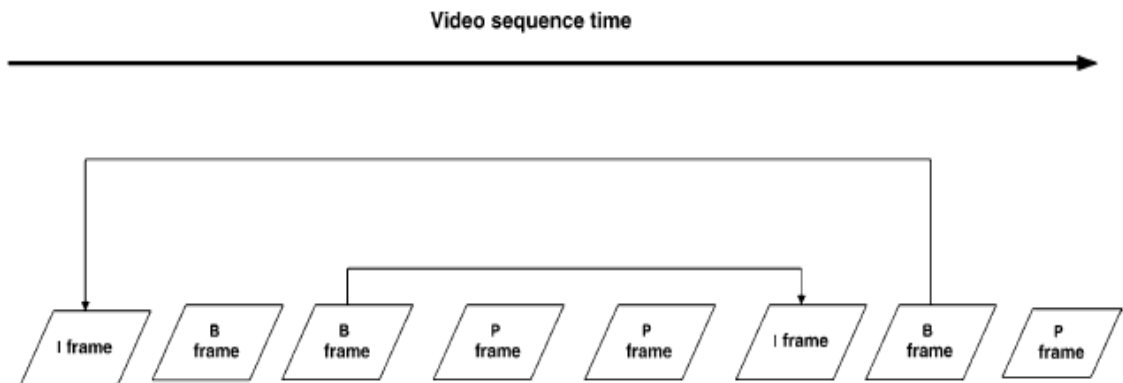
MPEG-2 sıkıştırma süreci içerisinde hareket kompanzasyonu 16 x 16 piksel dizileri ile limitlenmişken, H.264/AVC ile makrobloklar bölmelere ayrılırlar. Böylece hareket tahmini geliştirilmiş olup bir makroblok için 4 x 4 boyutunda hareket vektörü gönderilmesi ile kodlayıcının video içerisindeki hareketlerin detaylarını kodlaması mümkün hale gelmiştir. Şekil 2.15 de yedi farklı blok boyutu gösterilmiştir.

H.264/AVC kodlaması yapılırken *I-çerçeve* , *B-çerçeve* ve *P-çerçeve* lerine ek olarak iki çerçeve tipi daha kullanılır. Bunlar *Anahtarlayıcı-I* (SI) ve *Anahtarlayıcı-P* (SP) çerçeveleridir. MPEG-2 kodlaması yapılırken bir B-çerçevesinin oluşturulması için referans bir I-çerçevesi gerektiğini biliyoruz. Fakat SI ve SP çerçevelerinin kullanılmasıyla IPTVCD içerisinde kod çözümü yapılırken canlı gelen verilerin birinden diğerine geçişte MPEG-2 de kullanılan referans resim gereksinimi ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 2.15 H.264/AVC'nin Desteklediği Blok Boyutları

Geçiş için referans resme ihtiyaç bulunmamasına rağmen H.264 içerisinde kendine özgü bir referans sistemi bulunmaktadır ve bir B-çerçevesi video akışı içerisinde herhangi bir zaman da herhangi bir çerçeve içerisine girebilmektedir. Böylece hareket kompanzasyonu için yapılmakta olan kestrim başarısı oldukça artırılmıştır. Bu özellik sayesinde sıkıştırma verimliliği artar ve bandgenişliği kullanımı daha ekonomik hale gelir. Bu referans sisteminin oldukça sadeleştirilmiş hali Şekil 2.16 da gösterilmektedir.



Şekil 2.16 H.264/AVC Çerçeve Referanslama Sistemi

H.264/AVC yi MPEG-2 den ayıran bir diğ er özellik ise kuantalama iş lemi esnasında kullanılan DCT'nin daha geliş miş bir versiyonunu kullanarak büyük ölçekli video verilerini sıkıştırmasıdır. Ayrıca televizyon ekranında izleme esnasında görülebilecek bozulmaları da ortadan kaldıran bir filtre kullanmaktadır. Tüm bu özellikleri ile H.264/AVC sıkıştırma teknolojisi IPTV dağıtım ı için kullanılabilir en iyi yöntemdir.

2.8.2 VC-1

VC-1 (Video Codec) yeni nesil sıkıştırma teknolojisi Hareketli Resim ve Televizyon Mühendisleri Topluluğ u (SMPTE) tarafından standartlaştırılmış tır ve özellikleri 2006 yılında basılan SMPTE 421 M içerisnde bulunmaktadır.

VC-1 bir çok IPTVCD, DVD Oynatıcı ve Set-top Box tarafından desteklenirken bu kapsam içerisine taşınabilir telefonlarda dahildir.

VC-1, kullanıcıda bulunan bir IPTCD içerisine entegre edilirse *basit, genel, geliş miş* olmak üzere üç farklı profili destekler. Bunların her biri farklı uygulamalar için uygunluk taşırlar. Örneğ in basit profil düşük internet hızına sahip ağ lar üzerinden çeş itli uygulamalar için kullanılırken , geliş miş profil ise HDTV yayınının verilmesinde kullanılabilir.

Yukarıda bahsedilen üç profilden DSL ağ ları üzerinden IPTV servisinin dağıtılması için kullanılacak en uygunu genel profildir. IPTV verilerinin oluşturulmasında geliş miş sistem formatı (ASF) kullanılır. 8 x 8 piksel bloklarının kodlanmsını desteklemesinin yanı sıra VC-1 ile 4 x 4 piksel blokları kodlaması ve benzeri varyasyonları da eklenmiştir. I,P,B çerçevelerinin yanısıra VC-1 ile I-çerçevesinin varyantı olan ve diğ er çerçeveler ile bir bağı olmayan yeni bir çerçeve tipi (BI) daha tanımlanmıştır. Fakat BI çerçeveleri diğ er çerçevelerin öngörüsü yapılması için kullanılmamaktadır. Bununla birlikte VC-1 sıkıştırma teknolojisi günümüzde kullanılan ağ taşıma protokollerinin hiçbirisi ile çalışamazken , bu şekilde çalışan bir IPTV ağ ına da bağlanamamaktadır. [1,5,13]

2.8.3 MPEG Audio Sıkıştırma Yöntemleri

Video sıkıştırmada olduğu gibi MPEG'in audio sıkıştırma opsiyonlarında çeşitlilik gösterir. MPEG audio'nun Katman I, II ve III olmak üzere üç katmanı bulunur. Ayrıca AAC (Gelişmiş Audio Sıkıştırma) ismi verilen ve iki farklı versiyonu geliştirilen yeni bir sıkıştırma standardı da oluşturulmuştur.

MPEG audio sıkıştırma yöntemlerinin farklılıklarından önce taşıdıkları benzerlikle incelenirse tüm yöntemlerde kullanılan kodlayıcıların kayıplı olduğu ve insan kullanımının ayırt edemeyeceği detayları işaret içerisinden çıkarmayı hedeflediği görülür. Ayrıca bu kodlayıcılar 32-kHz, 44.1-kHz ve 48-kHz'lik audio örnekleme hızlarını kullanırken AAC haricinde her bir kod çözücünün ise kendi katmanından daha düşük katmanlarda kodlanmış verileri çözümlendiği görülmektedir. Örneğin, bir Katman III kod çözücü Katman II ve Katman I de kodlanmış veriyi çözebilirken, bir Katman II kod çözücü ise sadece Katman I de kodlanmış veriyi çözümler.

MPEG audio Katman I en basit sıkıştırma sistemidir ve her bir sıkıştırma da 384 giriş örneği kullanır. Bu 48-kHz örnekleme kullanılarak 8 milisaniyelik audio materyali anlamına gelmektedir.

Katman I, 4:1'lik sabit bit-oranı (CBR) kullanarak 1.4Mbps CD kalitesindeki bir audio işaretini kalitesinde fark edilebilir bir düşüş yaşatmadan 384kbps'lik akışlar içerisine sığdıracak biçimde sıkıştırabilir. 4:1'in üzerine çıkarak gerçekleştirilen sıkıştırma işlemleri 192kbps veya 128kbps'lik akışlar ile sonlanır, kalitede fark edilmez düşüşler meydana gelir.

MPEG audio Katman II, sıkıştırmanın her çalışmasında 1152 örnek kullanır. Bu ise 48kHz ile örneklenmiş 24 milisaniyelik audio materyaline eşittir. Örnek sayısının artması kod çözücünde frekansların daha doğru çözümlenmesini mümkün kılarken, Katman II ile Katman I deki fazlalıklardan kurtulularak 8:1 veya daha üstü bir sıkıştırma oranı ile 192kbps lik akış içerisine CD kalitesinde audio sığdırılabilir.

MPEG Katman III ise Katman II de olduğu gibi 1152 örnek kullanır fakat örnekleri birbirine çok daha iyi bağlar. Ayrıca değişken-uzunlukta kodlama kullanarak sıkıştırılmış audio katsayılarını çıkış işareti içerisine daha iyi paketler. Sonuç olarak 128kbps akış içerisine CD kalitesinde audio'yu 12:1 gibi bir sıkıştırma oranı ile sığdırır.

Katman III ile oluşturulmuş audio dosyaları sıklıkla .mp3 uzantısı taşırlar ve günümüzde popüler olmakla beraber bir çok amaç ile kullanılmaktadırlar.

MPEG Geliştirilmiş Audio Sıkıştırma (AAC) yalnızca MPEG-2 veya MPEG-4 video akışları için uygundur. 48 kanal sayısının üzerinde ve 5.1 audio'yu da içine alacak şekilde audio kanal sayısı destekler.

AAC için bir çok opsiyon bulunmaktadır. Bunlardan en ilgi çekici olanı 'kayıpsız sıkıştırma modu' dur. Bu yöntem çok fazla sıkıştırma gerektirmeyen ve yüksek-doğruluğun (high-fidelity) önemli olduğu uygulamalarda kullanılırlar. Günümüzde taşınabilir cihazlardan Apple IPOD tarafından desteklenmektedirler.

2004 yılında AAC'nin yeni bir formu oluşturularak kullanıma sunulmuştur. Bu sürüme aacPlus veya HE AAC denilmektedir ve getirdiği en önemli gelişme yüksek frekanslarda daha iyi ses kalitesidir. Daha sonra ikinci bir sürüm ile geliştirilerek (AAC+ veya HE AACv2) özel bir stereo desteği ile yüksek kalite ses deneyimi sunmaktadır.

Tablo 3.1 MPEG Audio Standartları Karşılaştırması

Sıkıştırma Yöntemi	Blok başına Örnek	Sıkıştırma Oranı	CD-kalitesinde Bit-Oranı (kbps)
Katman I	384	4:1	384
Katman II	1152	8:1	192
Katman III	1152	12:1	128
AAC	1152	16:1	96
HE AACv2	2048	32:1	48

Sonuç olarak MPEG audio esnek bir yapıya sahip iken MPEG video sıkıştırmasının aksine fazla işleme gücü gerektirmemektedir. MPEG audio Katman numarası arttıkça kodlayıcı ve kod çözücü kompleksitesi ile sıkıştırma oranı artmaktayken CD kalitesine çok yakın audio elde edilebilir. Tablo 3.1 de MPEG audio sıkıştırma standartları kıyaslanmıştır. [13]

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde kodlanan verinin haberleşme ağı üzerinden taşınırken ne gibi değişimlere uğrayacağı ve ağ üzerinde ilerlerken hangi katmanlara uğrayarak son kullanıcı ve IPTV Data Merkezi arasında taşınacağına detaylı olarak değineceğiz.

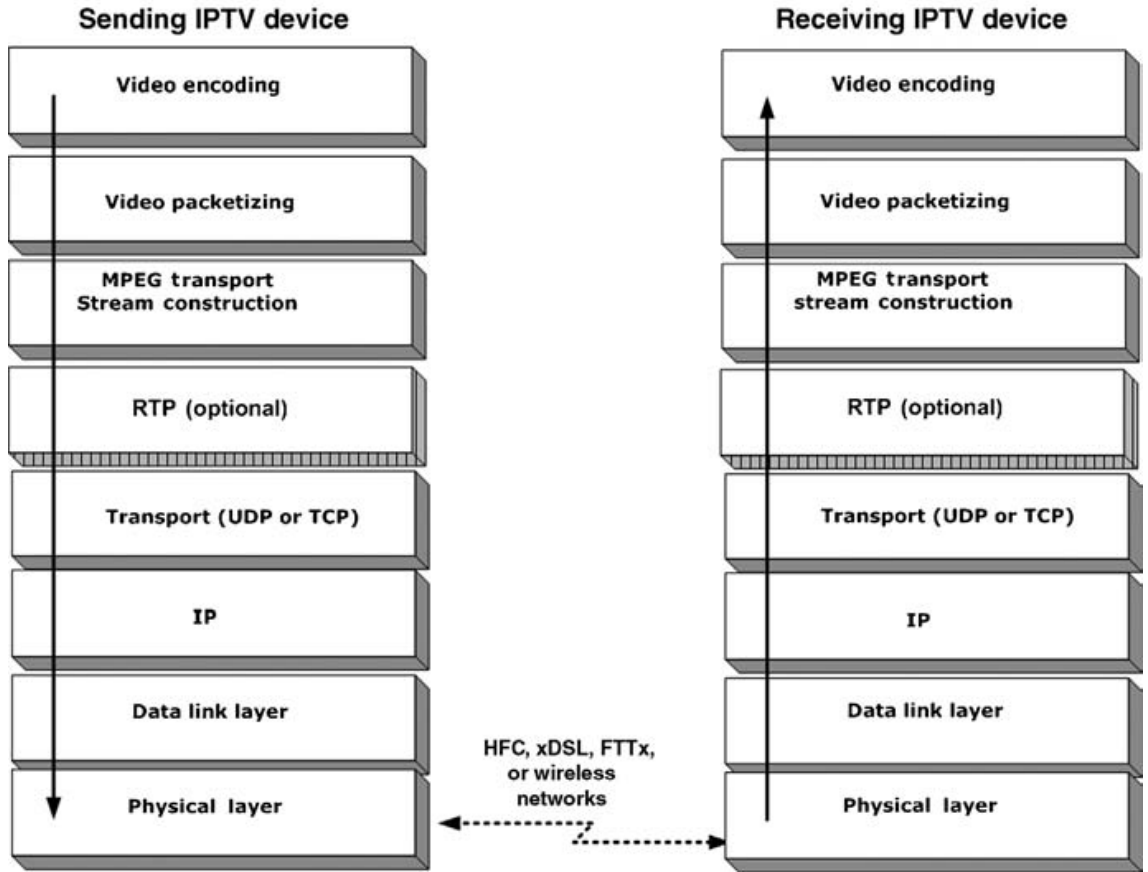
3.1 VIDEO İÇERİĞİNİN PAKETLENMESİ VE KAPSÜLLENMESİ

Video içeriğinin paketlenmesi kapsüllenmesi işlemi kısaca video içeriğinin özel paketler içerisine yerleştirilmesi ve organize edilmesi şeklinde açıklanabilir. Video içeriği kapsüllemesi yapılırken IP üzerinden MPEG ve IP üzerinden VC-1 şeklinde farklı iki yaklaşım mevcuttur. Her iki yaklaşıma değilmmeden önce bir çeşit haberleşme çatısı olan IPTV haberleşme modeline (IPTVCM) değinmek faydalı olacaktır.

3.1.1 IPTV Haberleşme Modeli (IPTVCM)

IPTVCM yedi katmandan (ek olarak bir opsiyonel katman) oluşan bir haberleşme çatısıdır. Video içeriği bu çatı üzerinde bulunan katmanlardan aşağı ve yukarı yönde ilerlemektedir. Kullanıcıya gidecek olan veri model içerisinde katmanlardan aşağı doğru hareket ederken kullanıcıya ulaştığında ise aynı mimaride aşağıdan yukarıya doğru çıkar.

IPTVCM içerisinde, verinin bir katmandan diğerine geçmesi için bir sonraki katmanın gereksinimlerini sağlar hale getirilmesi bulunduğu katman içerisinde gerçekleştirilir. Bu işlem tamamlandığında veri bir üst veya bir alt katmana geçebilmektedir. Her katman video içeriğine başlık veya kuyruk şeklinde yeni paketler ekler ve böylece diğer katmana geçiş sağlanır. Şekil 3.1 de IPTVCM Referans Modeli görülmektedir.



Şekil 3.1 IPTVCM Referans Modeli

Yedi katmandan oluşan bu yapı kendi içerisinde üst ve alt katmanlara ayrılmıştır. Üst katmanlar belirli IPTV uygulamaları ve dosya formatları ile ilgiliyken, alt katmanlar ise öncelikli olarak içeriğin gerçek anlamda taşınmasıyla ilgilidir.

3.1.2 IPTV ve MPEG İçeriği Taşınması

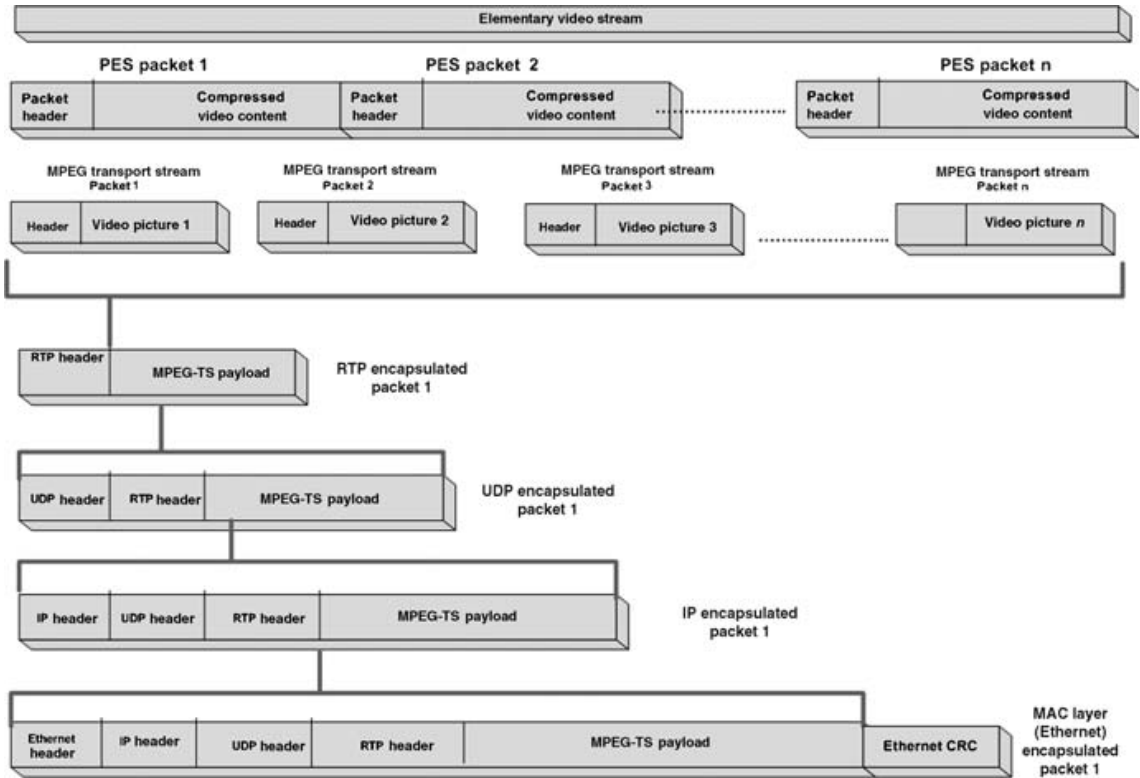
Şekil 3.2 de detaylı olarak MPEG kullanılarak sıkıştırılmış verinin IPTVCM mimarisinde en üst katmandan aşağıya inerken kapsülleme işleminin nasıl yapıldığı gösterilmiştir.

3.1.2.1 Video Kodlama Katmanı

Haberleşme sürecinin başladığı ve ham analog veya dijital video verisinin sıkıştırılarak ‘temel dizi’ şeklinde kodlayıcıdan çıktığı katmandır.

MPEG dizileri tipik olarak video çerçeveleri şeklinde IPTVCM de bu katmanda organize edilir ve bir temel dizi içerisinde şunlar bulunmaktadır ;

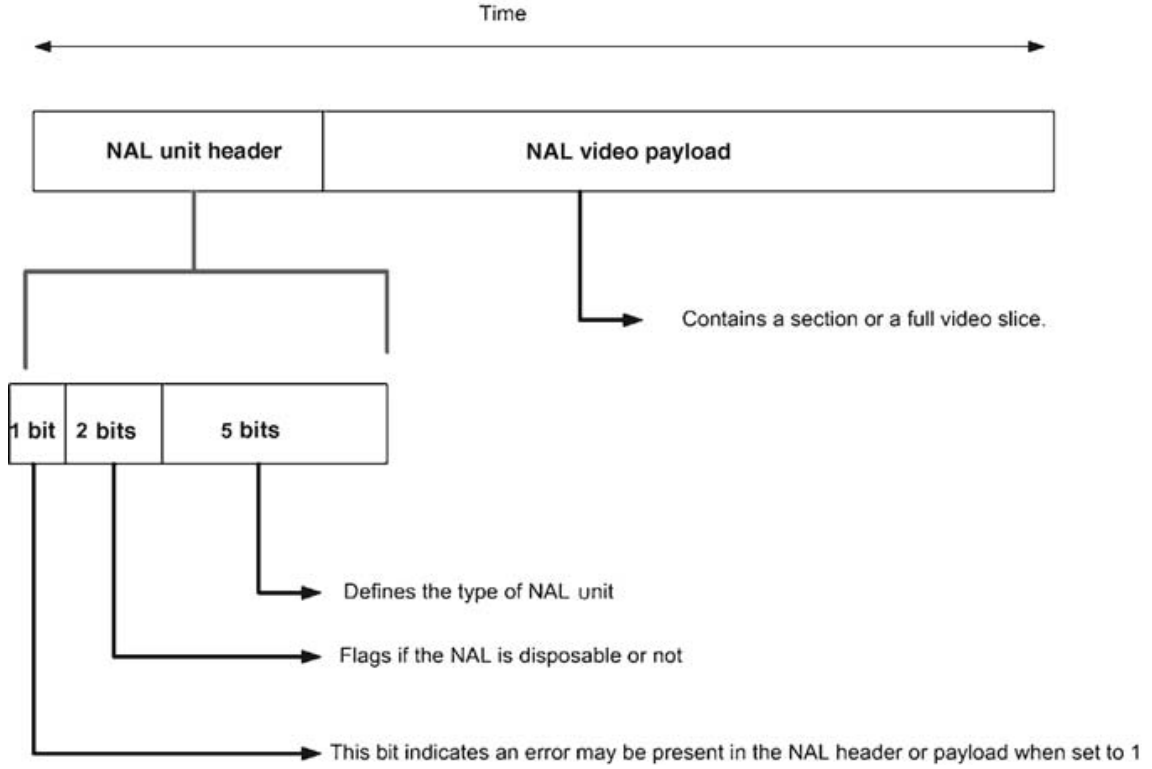
- Çerçeve tipi ve oranı
- Data bloklarının ekran üzerinde pozisyonlanması
- Görüş oranı



Şekil 3.2 IPTVCM Kapsülleme Katmanları

Video kodlama katmanı H.264/AVC özellikleri bakımından efektif olarak iki alt katmana ayrılmıştır. Bunlar Video Programlama Katmanı (VCL) ve Ağ Ayırma Katmanı (NAL) dir. VCL alt katmanı video içeriğinin sıkıştırılması işlemini yerine getirir. Bu katmanın çıkışı resim dilimleri dizisi şeklindedir. NAL katmanındaki bit dizileri NAL üniteleri olarak isimlendirilmiş farklı (ayrık) paketler şeklinde organize edilirler.

Şekil 3.3 te video içeriğinin yararlı yükünü (payload) taşıyan bir NAL ünitesi görülmektedir ve VCL-NAL terimi bu üniteyi tanımlamak için kullanılır.

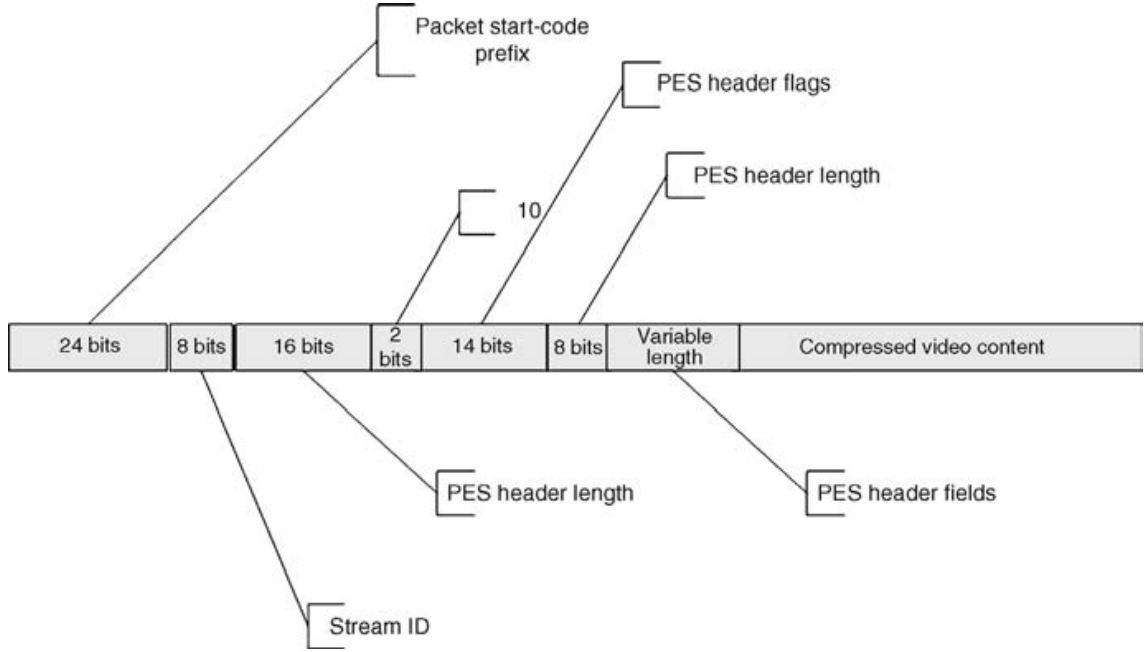


Şekil 3.3 Bir NAL Ünitesinin Yapısı

NAL üniteleri tipik olarak bir Erişim Ünitesi oluşturacak şekilde kombine edilmektedirler ve H.264/AVC tarafından kullanılan NAL üniteleri hem IP tabanlı, hemde IP tabanlı olmayan haberleşme altyapılarını desteklemektedir.

3.1.2.2 Video Paketleme Katmanı

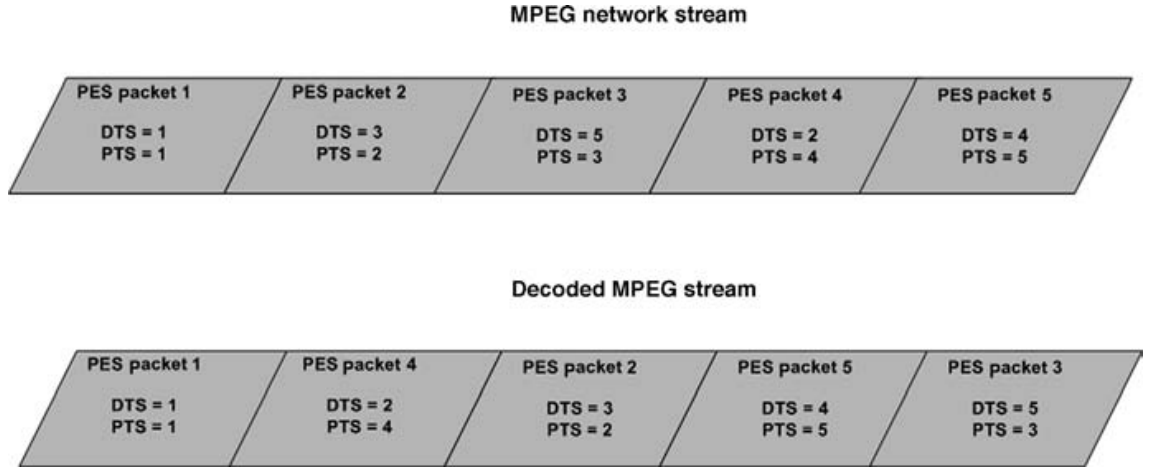
Ses, veri ve video temel dizgelerinin dijital ağ üzerinden iletilmesi için her temel dizge zaman mühürlü PES paketlerine dönüştürülür. Bir PES dizgesi tek bir kaynağa ait tek tip veri içerir. Bir PES paketi ise sabit veya değişken blok boyutlarına sahip olabilir ve her paket 65536 byte veri içeriğine ulaşabilir. Bu verilerden 6 byte lık kısım başlık iken geriye kalan kısım ise içerik taşımaktadır. Bir PES başlığının elemanları Şekil 3.4 te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 MPEG PES Paket Formatı

Ağ haberleşmesinin doğası gereği IPTV Data Merkezinden çıkan video çerçeve sırası ağ üzerinden ilerlerken kayıplara uğrayabilir ve bu sıra varış noktasındaki IPTVCD cihazının aldığı çerçeve sırası ile farklılık gösterebilir. Bu sebeple eşzamanlamanın sağlanabilmesi adına MPEG tabanlı sistemler PES paketlerine zaman mühürlemesi yaparlar. Böylece kayıp paketler IPTVCD ye ulaştığında çıkış sırası ile aynı olacak şekilde düzenlenirler.

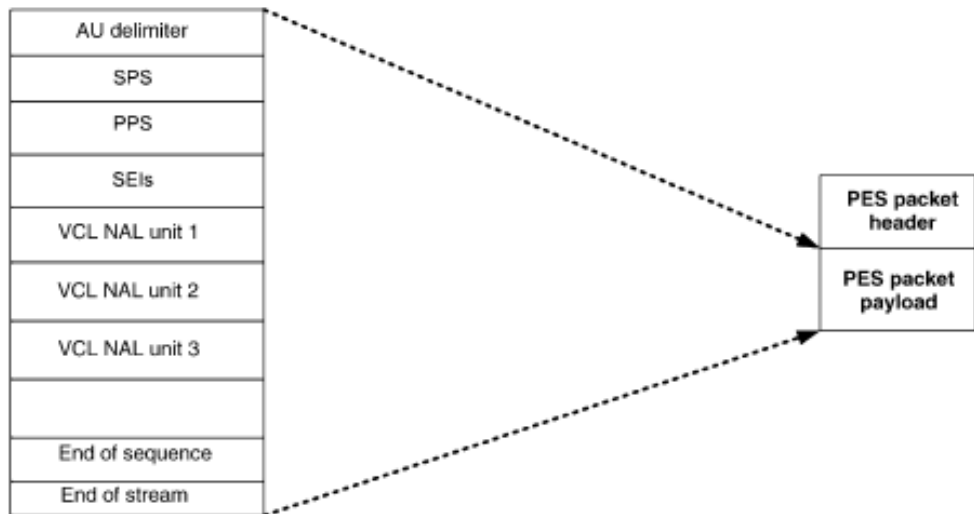
Yapılan zaman mühürlemesi işlemi iki türde olabilmektedir. Bunlardan ilki PTS 33-bit lik zaman değerine sahiptir ve PES başlığı içerisinde yer alır. Her PES paketine PTS uygulanmasının amacı göstericiye ulaşan verinin doğru sıralamayla gösterilmesini sağlamaktır. İkinci zaman mührü ise DTS olup kullanılmasının sebebi IPTVCD ye gelen veriyi çözerken komutlar vermektir.



Şekil 3.5 MPEG PES Paketlerine Zaman Mührü Uygulanması

Bir PES paketine farklı zaman mühürlerinin uygulanması konsepti MPEG ile kodlanmış veri için Şekil 3.5 te gösterilmektedir. Ağ üzerindeki paket sıralaması ile alınan paket sıralamasının farklı olduğu görülürken, zaman mühürleri kullanımı ile IPTVCD de doğru sıralamaya girmektedirler.

MPEG-2 ile sıkıştırılmış içeriği taşıyan PES aynı zamanda H.264/AVC birimlerini de IPTV Ağı üzerinden taşıma yeteneğine sahiptir ve bu işlemin detayları Şekil 3.6 da gösterilmiştir.



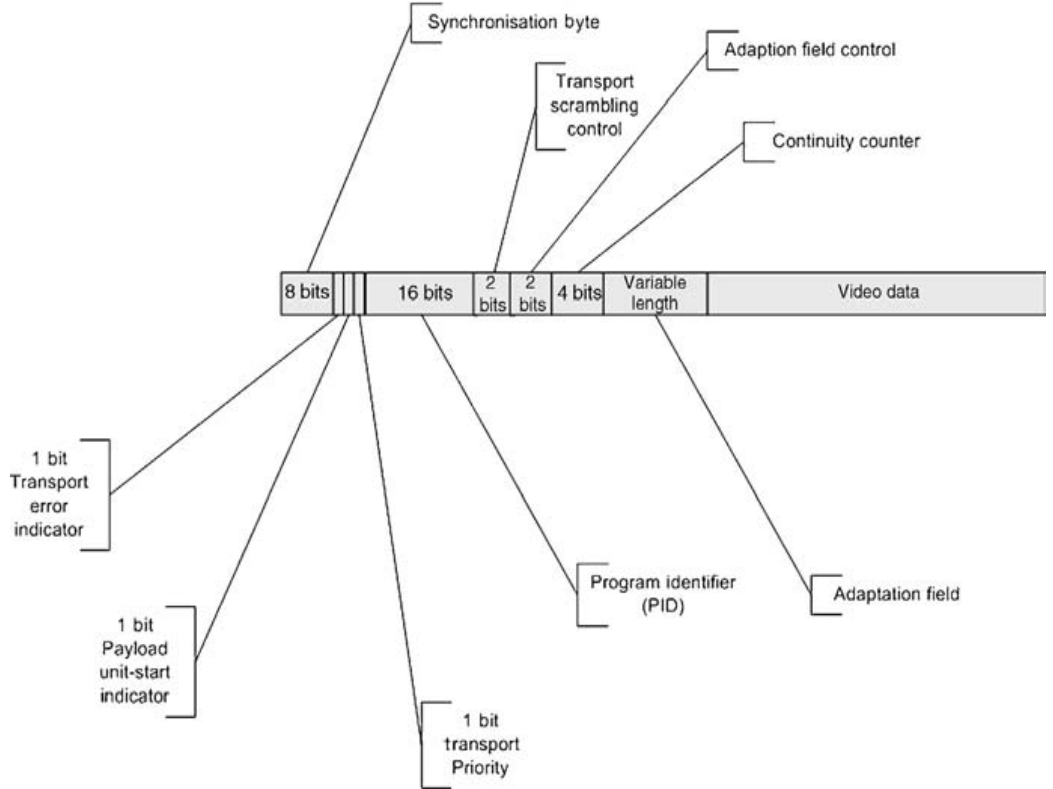
Şekil 3.6 AVC Ünitelerinin MPEG-2 PES Paketleri İçerisine Adreslenmesi

3.1.2.3 Taşıma Dizgeleri Oluşturma Katmanı

IPTVCM üzerindeki bu katmanda PES paketleri parçalanarak sabitlenmiş boyutlara sahip TS taşıma dizgeleri oluşturulur. Bir TS dizgesi 188 byte tan oluşmuştur ve zamana göre bağımsız temellere referanslanmışlardır. Böylece paket kaybı ve gürültüyle bozulma potansiyeli azaltılmıştır.

Her TS paketi üç farklı medya formatı taşımaktadır. Bunlar ses, video ve veri dir. Bir TS paketi içerisinde bu medyalar birbirine karıştırılmış şekilde yerleştirilmezler. Her TS paketi 184 byte lık bir yararlı yük ve 4 byte lık bir başlık kapsar ve bir MPEG TS başlığı Şekil 3.7 de gösterilmiştir.

Bir MPEG TS paketi içerisinde bulunan yararlı yük bölümüne MPEG-1 Video, MPEG-2 Video, MPEG-1 Audio, MPEG-2 Audio data türleri kapsüllenebilmektedir.



Şekil 3.7 MPEG TS Paket Formatı

Bu katman ek olarak program dizilerin oluşturulmasını sağlamak amacıyla fonksiyonellik sağlamaktadır. Bir program dizisi ise bir çok temel dizge taşıyan bir PES paket çoğullamasıdır.

Bir TS paketi sıkıştırılmış video ve audio içeriğinin yanısıra bit dizisini tanımlayan epeyce PSI veya üstveri ihtiva eder ve bu enformasyonlar dört adet PSI tablosu içerisinde taşınır.

PAT Tablosu : PAT tablolarının taşınması zorunlu olup PSI tablosunun giriş kısmını oluştururlar. Bir PAT her zaman PID=0 değerine sahiptir ve program numarası ile program harita tablosunu (PMT) içeren taşıma paketi arasında link oluşturur.

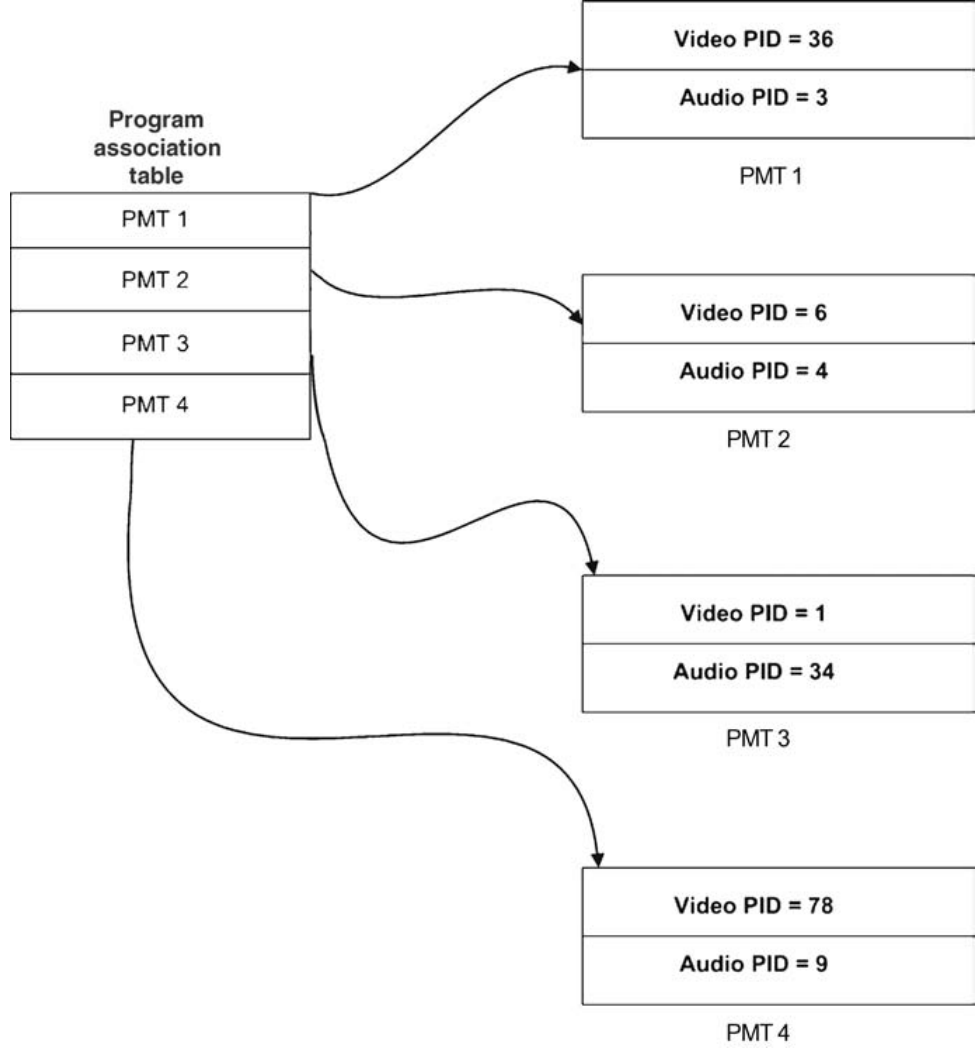
PMT Tablosu : PMT de zorunlu taşınır ve bir programa ilişkin enformasyonu ihtiva eder. PTM içerisinde belirli programlara ait elemanları içeren paketlerin PID leri listelenir. Şekil 3.8 grafiksel olarak PAT ve PMT arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

IPTVCD belirli bir programı istediğinde PAT a danışma gerçekleşir. PAT bu danışmanın akabinde PMT yi ses, video ve data paketlerini belirlemesi için sorgular. Şekil 4.8 de görülen örnekte abone program 1'i seçiyor ve IPTVCD tüm taşıma dizi paketlerini video taşınacak kısım için PID=36 ve ses kısmı için PID=3 seçerek ayırıyor. Eğer veri programla birlikte yayınlanıyorsa PMT aynı zamanda data kısmı içinde veri taşıma dizilerinin nerede bulunacağını detaylarını da içeriyor.

CAT Tablosu : CAT bir opsiyonel PSI tablosudur ve EMM ler için PID leri içerir. EMM ler durumsal erişim sistemleri için yetki düzeyinde bilgiler taşırlar. CAT ler her zaman PID=1 değerine sahip paketler içerisinde taşınırlar.

NIT Tablosu : NIT tablosu kanal frekansları ve taşıma dizi numaraları gibi bilgiler taşıyan opsiyonel tablolardır. Set-Top Box cihazları bu tabloları

kullanarak belirli programların izlenmesi için yapacağı ayarlama kullanır. NIT tabloları IPTV yayılımında nadiren kullanılır.



Şekil 3.8 PAT ile PMT Arasındaki İlişki

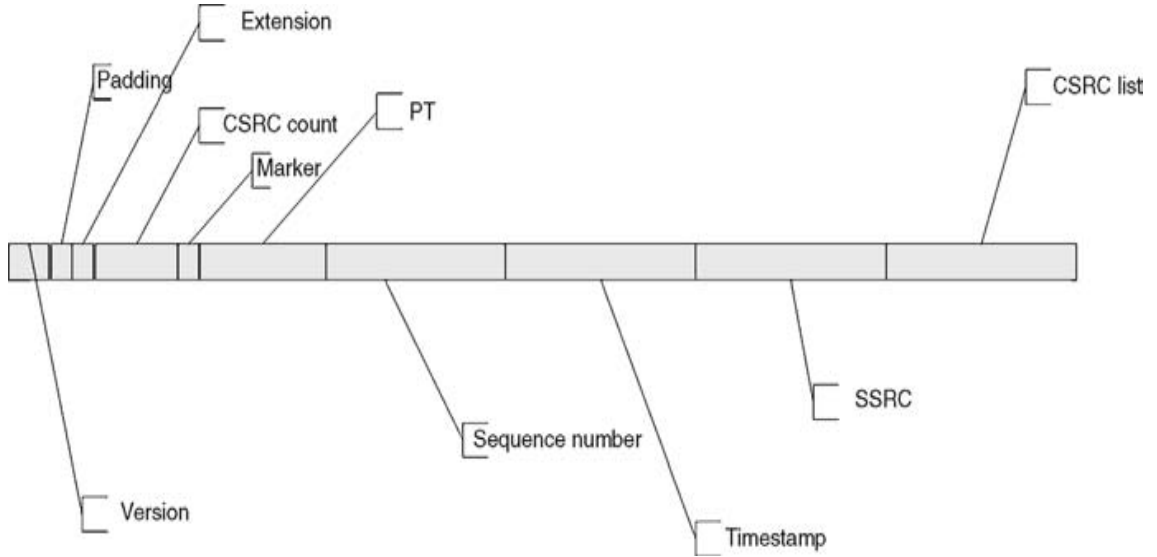
Bir TS paketinin oluşturulmasının ve formatlanmasının ardından paketler IPTVCM içerisinde bir alt katman olan ve gerçek zamanlı taşıma protokolü kullanan RTP (Opsiyonel) katmanına geçer.

3.1.2.4 RTP Katmanı

RTP katmanı opsiyonel bir katmandır ve IPTV uygulamaları için kullanılır. IPTVCM içerisinde üst katmanlarda oluşturulan MPEG-2, H.264/AVC veya VC-1 içerikleri ile alt katmanlar arabuluculuk yapar.

RTP katmanında video, ses gibi içeriklerin kapsüllenmesiyle oluşturulan ve paket olarak tabir edilen belirli bir format oluşturulur. Her paket bir başlık ve yararlı yük bölümünden oluşur. Bandgenişliğinin verimliliğini artırmak için yararlı yük bölümü birden fazla MPEG-TS paketi taşır.

Paketin başlık kısmı ise ağ üzerinden gerçek zamanlı veri taşınması işlevini başarılı bir şekilde yerine getirmek üzere fonksiyonlar içerir. Bir RTP başlığı UDP başlığı içerisinde 5004 değeri ile tanınır. Şekil 3.9 da tipik bir RTP başlığı gösterilmiştir.



Şekil 3.9 RTP Başlığının Tipik Formatı

RTP katmanı opsiyonel olduğu halde tercih edilmesinin sebebi bazı avantajlar sağlamasıdır. Bunlar :

- RTP katmanında her pakete sıra numarası eklenir ve böylece hem sunucu hemde IPTVCD paket kaybını kolayca bulur.
- Zaman mührü özelliği ile eşzamanlama sorunları gibi durumların ortadan kaldırılmasında yardımcı olur.

RTP başlığının video yararlı yüküne eklenmesinin ardından RTP paketleri TCP/UDP protokolüne gönderilir.

3.1.2.5 Taşıma Katmanı

Genel anlamda IPTVCM içerisinde Taşıma Katmanının giriş kısmını RTP paketleri oluşturur. Bunun yanında MPEG-TS paketleri direk olarak taşıma katmanı protokolünün yararlı yük bölümüne yerletirilebilir ve böylece RTP katmanı aradan efektif bir şekilde çıkartılabilir.

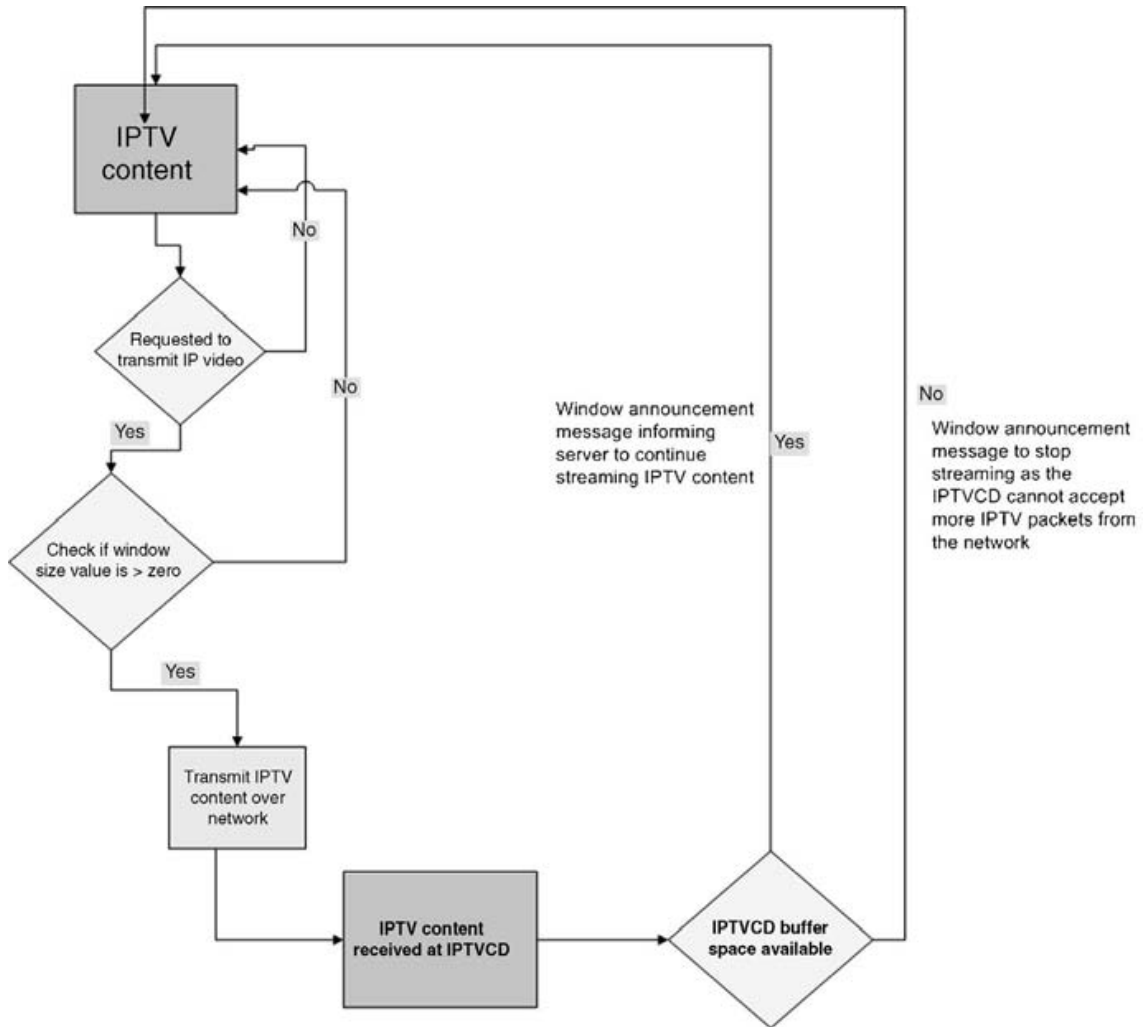
IPTV taşıma katmanı IP ağ yapısının karmaşasını üst katmanlarda yapılan işlemlerden saklamak için tasarlanmıştır. Bu katmandaki standartlar uçtan uca bir haberleşme bağlantısına güvenilirlik ve bütünlük sağlanması için oluşturulmuştur. Eğer bir video verisi IPTVCM üzerinden doğru bir şekilde teslim edilmediyse, taşıma katmanı hatayı gidermek üzere o verinin yeniden gönderilmesini sağlar veya bir üst katmanı bu konuda haberdar eder ve üst katman yapılması gereken düzeltme hareketini başlatır.

TCP ve UDP taşıma katmanında kullanılan en önemli protokollerdir.

IPTV Paketlerinin Rotalanmasında TCP Kullanımı : 1960 lı yıllarda geliştirilen TCP, internet üzerinde veri transferi yapılması denildiğinde akla gelen ilk yöntem olmuştur.

İçeriğin ağ üzerinden taşınması için ilk etapta IPTV data merkezinde bulunan sunucular ile IPTVCD arasında bağlantı kurulması gerekmektedir.

TCP ile veri iletilirken gerçekleştirilecek kayıp ve tekrarlı paket gibi hataların önüne geçilebilmektedir ve bunu kullandığı ardışıl numaralandırma sistemi sayesinde verinin yeniden gönderilmesiyle başarır. Yürüttüğü ardışıl numaralandırma sistemi paket yapısı içerisinde kullandığı 32 bit lik iki farklı bölüm ile sağlanır. İlk alan o paket içerisindeki verinin başlangıç numarasını taşırken , ikinci alan ise video sunucusunun IPTVCD den beklediği bir sonraki numaranın değeri için ayrılmıştır.



Şekil 3.10 TCP Akış Kontrol Karar Şeması

IP genişband ağı üzerinden veri iletilirken gerçekleşen hataların düzeltilmesinin yanı sıra TCP ağ üzerinde çapraz geçiş yapan veri akışını da kontrol eder. Bu kontrolü kullanılan pencere boyutundaki alan ile birlikte kayan pencere algoritmasını yürütmesi ile gerçekleştirir. Şekil 3.10 da gösterildiği üzere bu alandaki değer alıcıdan kabul almadan önce ağ üzerinden transfer edilebilecek veriyi belirler.

Bir IPTV Sisteminde pencere boyut alanı değeri , IPTVCD içerisindeki tampon için ayrılan depolama alanını herhangi bir anda tampon içerisindeki video içerik miktarının negatifine eşitler. Bu alan içerisindeki değer sıfır ise, alıcı tarafındaki IPTVCD, IPTV datasının yeterli hızda işleyemez ve bu durum meydana geldiğinde TCP video sunucusunu durması veya data yollama hızının yavaşlatması için idare eder. Bu sayede IPTVCD'nin aşırı paket alımı sonucunda bunalması ve çalışmayı durdurması engellenmiş olur.

IPTVCD tampon içerisinde bulunan datanın bir miktarını işlediğinde IPTV sunucusu durumdan haberdar edilerek pencere boyut alanı artar ve video sunucusu yeniden içerik yollamaya başlar.

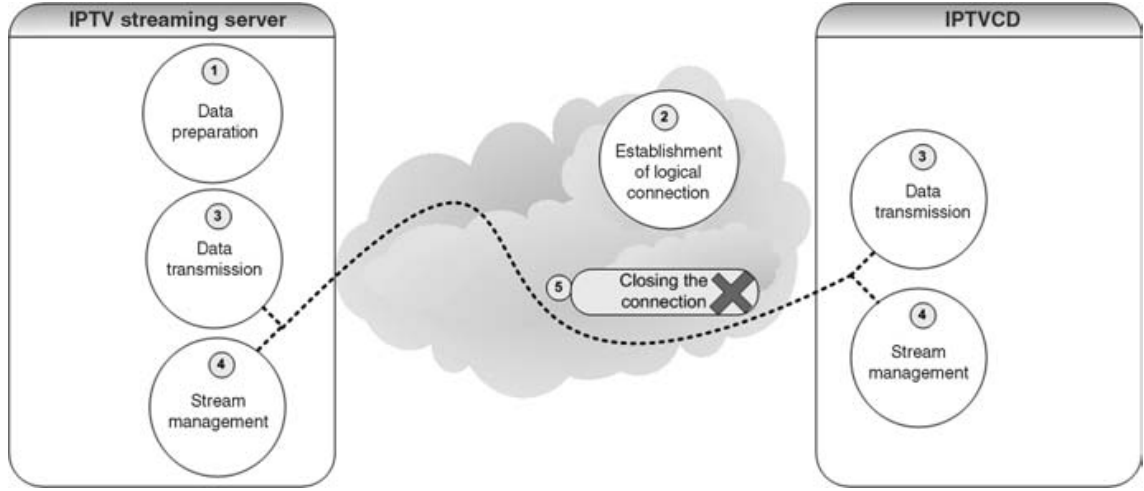
TCP Portları ve Soketleri : Her IPTV bağlantısının sonlandığı noktanın bir IP adresi ve ilgili port'u vardır. Tipik bir bağlantının dört farklı belirleyicisi bulunur:

- (1) Video sunucusu IP adresi
- (2) Video sunucusu Port numarası
- (3) IPTVCD'nin IP adresi
- (4) IPTVCD'nin port numarası

Bir adres ile bir port numarasının kombine edilmesi, IPTVCD üzerinde çalışan bir işlemin, IPTV Data Merkezinde bulunan sunuculardan birinin üzerinde yürütülen işlem ile direkt olarak haberleşmesine olanak verir. Bir port 16 bit'lik bir numara ile tanımlanır ve bu numara mesajların ağ katmanları içerisinde geçiş yönünü tayin eder.

Soketler ise IP haberleşmesinde kullanılan bir diğer anahtar elamanlardır. Bir soket genellikle API (Uygulama Programlama Arayüzü) olup IP cihazlarının birbirleriyle

haberleşmesini kolaylaştırır. Soketler bir IP adresi ve bir Port numarasının birlikteliği ile oluşur.



Şekil 3.11 IP Ağı Üzerinden Ara-Süreç Haberleşmesi

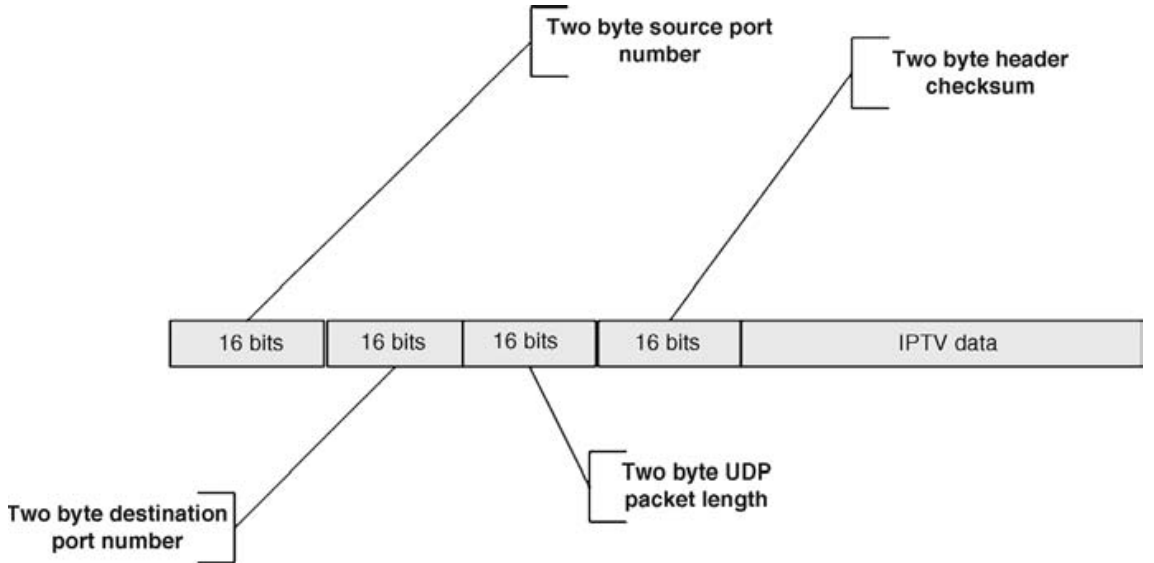
IP adresleri ve soketler arasındaki ilişkiye daha yakından bakılırsa IPTV Data Merkezinde bulunan IPTV sunucusu ile son kullanıcıda bulunan IPTVCD arasında bir haberleşme kanalının oluşturulması için şu basamaklara ulaşılır ;

- (1) *Datanın Hazırlanması* : IPTV sunucusundaki veri gönderme süreci içeriği hazırlar ve TCI/IP haberleşme modülü ile IPTVCD'ye gönderir. Bu esnada veriye başlık bilgisi de eklenmektedir.
- (2) *Mantıksal TCP Bağlantısının Kurulması*: Bağlantının her iki ucu bir IP adresi ve bir port ile kimliklendirilir. Bu kombinasyonu bir soket oluşturmuştur. Bu haberleşme link'i için adresleme planı şu değişkenlerden oluşur ;

- Protokol
- IPTV sunucusunun IP adresi
- IPTV sunucusunda yürütülen işlemin ID'si
- IPTVCD'nin IP adresi
- IPTVCD de yürütülen işlemin ID'si

- (3) *Data Dönüşümü*: Haberleşme Soketler yoluyla her iki işlem için başlar ve data IPTV sunucusundan IPTVCD ye ulaştırılır.
- (4) *IPTV İçerik Akış Yönetimi* : TCP protokolü kurulması esnasında IPTV akışını yönetme işlevini üstlenir.
- (5) *TCP Bağlantısını Sonlandırma* : IPTV içeriğinin taşınması tamamlanınca içerik sunucusu soketi kapatır ve ağ bağlantısını sonlandırır.

UDP ile IPTV Paket Yönlendirme : UDP, TCP ile benzerlikler taşıyan fakat daha az sayıda taşıma servisi sağlayan bir protokoldür. Akış sunucularını genişband ağlara bağlayarak IPTVCD lere televizyon servisi sunmak için kullanılır. UDP bağlantısız bir protokol olması sebebiyle video içeriğinin yollanmasından hemen önce video sunucusu ile IPTVCD arasında bağlantı kurulması gerekmez. UDP ile paket önüne varış IP adresi ve datagram içerisine port numarası eklenir. Böylece paketler IPTVCD ye ulaşabilirler. Bir UDP datagramı ise 8 byte uzunluğunda ve video datası ile ilişkilendirilmiş bir başlıktan oluşur ve bu datagram aşağıdaki Şekil 3.12 de görülebilir.



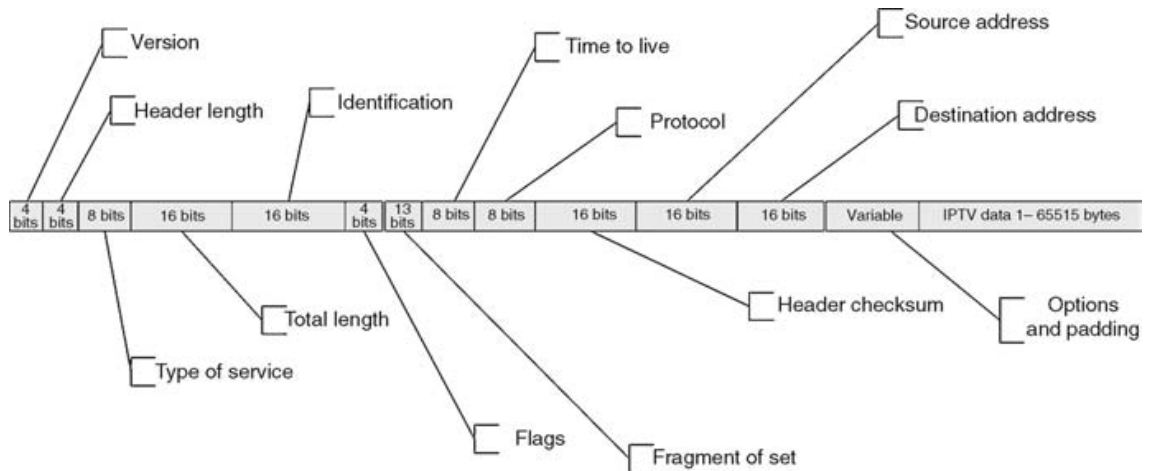
Şekil 3.12 UDP Tabanlı IPTV Datagramı

UDP Protokolünün kullanılması ile IPTV içerik tesliminde herhangi bir duraksama yaşanmamakta, daha hızlı bağlantı kurulmakta ve tek yönlü transmisionun yeterli olması sebebiyle dönüş yoluna ihtiyaç duyulmamaktadır. TCP ile gönderilen pakete eklenen başlık 20 byte veri taşımak zorunda iken, UDP de bu veri 8 byte seviyesine inmiştir. Ayrıca gönderilen paketin izinin sürülmesine ihtiyaç olmadığı için teknik açıdan daha kolay uygulanabilir bir protokoldür. Tüm bu avantajlarının aksine, datanın bütünlüğünün garanti edilememesi ve UDP paketlerinin güvenlik duvarlarından geçişte sıkıntı yaratması da bu protokol için dezavantaj teşkil eder.

3.1.2.6 IP Katmanı

IP katmanı taşıma katmanının altındadır ve öncelikli hedefi, verileri bağımsız ve belirli ağ noktalarına çoklu bağlantılar yoluyla taşımaktır. IP ise bu katmanda kullanılan protokoldür. IP ile IPTV servisleri için paketler tek noktaya yayın mimarisine sahip ağlarda IPTVCD lere, çok noktaya yayın mimarisine sahip ağlarda ise yönlendiricilere ulaşır.

Bir IP video paketi IPTV içeriğini ve IPTV data merkezi ile varış noktası olan IPTVCD'nin detaylarını içeren ünedir. Şekil 3.13 te tipik bir IPv4 video paketi görülmekte ve Tablo 3.2 de açıklanmaktadır.



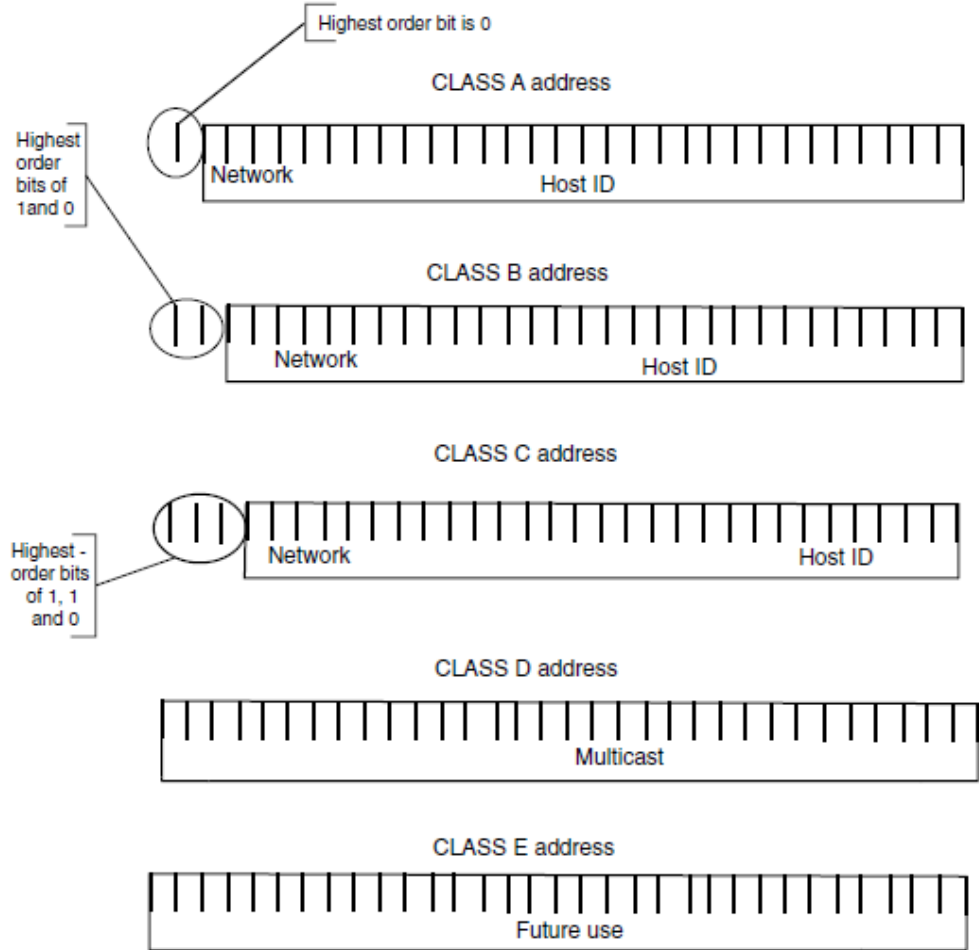
Şekil 3.13 IPv4 Video Paketi Formatı

Tablo 3.2 IPv4 Video Paketi Yapısı

Alan Adı	Fonksiyon Tanımı
Versiyon	Kullanılan IP versiyonunu gösterir.
Başlık Uzunluğu	Başlık boyutunu gösterir ve IPTVCD ye yararlıyık'ün nereden başladığını anlamada yardımcı olur.
Servis Tipi	Paket içerisinde hangi seviyede servis kalitesinin taşındığını belirtir.
Toplam Uzunluk	Toplam IPTV paket boyutunu gösterir ve 16 bit uzunluğundadır.
Tanımlama	Bu alan genellikle yönlendiriciler tarafından büyük paketlerin ufak parçalara ayrılması için kullanılır.
Bayraklar	Bayraklar genellikle paketler hakkında bilgi taşırlar.
Kısım Uzantısı	Parçalara ayrılmış paketlerin doğru sıra ile IPTVCD de birleştirilmesini sağlayan veriyi içerir.
Ayrılma Zamanı	Ağ içerisinde ilerleyen paketlerde her yönlendiricide bir kademe düşen değerleri taşır. Bu değer sıfıra indiğinde paket IPTVCD ye ulaştı demektir.
Protokol	8 bit lik bu alan IP datagramı içerisindeki kapsülleme türünü belirtir.
Başlık Checksum	Bu alan sayesinde IPTVCD kesintiye uğramış başlıkları bulur.
Kaynak Adresi	IPTV paketini yollayan makinenin bilgilerini taşır.
Varış Adresi	Alıcı makinenin bilgilerini taşır.
Seçenek ve Dolgu	Ek hizmetlerin verilmesinde kullanılırlar.
Veri	Video verisinin taşındığı bölümdür.

Bir IP adresi noktalar ile birbirinden ayrılmış dört numara serisidir. Bir IP adresi IPTVCD'nin fiziksel adresini kesin olarak belirtebilir ve 32 bit ikili düzende sayılardan oluşturulur. 32 bit uzunluğundaki bu sayı 8 bitlik dört bölüme ayrılır. Örneğin 190.100.5.54 olan IP adresi ikili düzende 10111110.01100100.00000101.00110110 olacaktır.

IP adresleri kullanım kolaylığı olması açısından sınıflara ayrılmıştır. Şekil 3.14 te farklı sınıf IP adresleri görülebilir.



Şekil 3.14 IP Adres Sınıfları

Görüldüğü üzere IP adresleri Ağ ve Host bölümü olmak üzere ikiye ayrılır ve ilk birkaç bit'i adresin geriye kalan bölümünde Host ve Ağ ID lerinin nasıl ayrılacağını belirttiği için yüksek dereceli bitler olarak isimlendirilmişlerdir.

IPTV Ağının Altađlara Ayrılması : Býy¼k IPTV ağlarında çok sayıda kullanıcı coğrafik açıdan birbirinden uzak b¼lgelerde bulunmaktadır. Bu sebeple b¼y¼k ağlar ‘alt ađ’ denilen parçalara ayrılırlar. Bu işlem servis sağlayıcıya yeni bir IPv4 adresi kullanmadan servisin dağıtması adına kolaylık sağlar.

Bir IPTV ağının altağlara ayrılması mantıksal olarak altağ maskeleri ve fiziksel olarak ta y¼nlendiricilerin ağ içerisinde kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Kullanılan altağ maskeleri de birer IP adresi olup aşağıdaki şekilde ¼ç sınıfa ayrılırlar.

Sınıf A : 255.0.0.0

Sınıf B: 255.255.0.0

Sınıf C : 255.255.255.0

3.1.2.7 Data Link Katmanı

Bu katman IP katmanından verileri alır ve fiziksel ağ üzerinden iletilebilmeleri için paketler içerisine formatlar. Ethernet teknolojisi IPTV sistemleri için kullanılan en populer mekanizmadır ve ethernet tabanlı data link katmanlarında y¼r¼t¼len işlemler şunlardır:

- (1) Kaps¼lleme: Bu işlem ile IPTV paketlerine ethernet başlıkları eklenir ve bir ethernet başlığının yapısı Tablo 3.3 de açıklanmıştır.
- (2) Adresleme : Data link katmanında uygulanan adresleme planı ağ topoloji t¼rlerine g¼re farklılık g¼sterir. Ethernet tarafından Medya Erişim Kontrol¼ (MAC) adresleme planı kullanılır ve MAC adreslemesi ile her cihazın IPTV ağında eşsiz bir tanımlayıcısı olur. MAC adresi 48 bit uzunluğundadır ve 12 hegzadesimal dijit ile temsil edilir. 12 dijitin ilk 6 sı ¼reticiyi g¼sterirken diğer 6 dijit ise gerçek ağ aray¼z¼n¼ tanımlar.

Tablo 3.3 Ethernet Başlık Yapısı

Alan Adı	Boyut(bits)	Fonksiyon Tanımı
Eth. Varış Adresi	48	Bu alan varış arayüz adresini belirtir.
Eth. Kaynak Adresi	48	Bu alan kaynak arayüz adresini belirtir.
Tip Kodu	16	Bu alan paket formasyonu içinde kullanılan protokolü belirtir.

(3) Hata Denetimi: IP ağlarda kesintiye uğramış paketler akışı video taşıma esnasında meydana gelen en yaygın hatadır. Bu hataların giderilmesi için kullanılan döngüsel fazlalık kontrolü (CRC) yöntemi kullanılır. Bu yöntemde yayın yapan IPTV cihazı paket üzerinde matematiksel hesaplamalar yapar ve sonuç değerini paket içerisinde saklar. Alıcı IPTV cihazı da aynı hesaplamaları yapar ve pakette saklanan ilk değer ile karşılaştırır. Bu değer aynı ise hata meydana gelmemiştir. Eğer değer farklı ise hatalı paket gözardı edilir veya yeni bir paket yayın yapan IPTV cihazı tarafından oluşturulur ve yayınlanır. CRC ile hata esnasında IPTVCM'in tüm katmanlarında eş zamanlı işlemler başlatılır ve model üzerindeki her katmanda hatanın düzeltilmesi sağlanır.

(4) Akış Kontrolü : Data link katmanının birincil uğraşdır ve akış kontrolünün IPTV sisteminde yapılmasının önemi, sunucuların fazla miktarda veriyi bir anda IPTVCD lere göndererek bu cihazları bunaltmasını ve çökertmesini önlemesidir.

3.1.2.8 Fiziksel Katman

Fiziksel katman IPTVCM'in son ve en alttaki katmanıdır. Görevi dijital bitlerin ağ üzerinden yayılmasını koordine etmektir. Fiziksel katman, yayın ortamının fiziksel ağ

topolojilerini, mekanik ve elektriksel özelliklerini tanımlar. Fiziksel katman alıcı cihaza ait IPTVCM de ağ üzerinden veriyi ilk alan katmandır. Alıcı yönünde alınan veri IPTVCM de aşağıdan yukarı çıkar. Yukarı çıkarken geçtiği her katmanda paketler kapsüllerinden arındırılır, soyulur ve son kullanıcının televizyonunda son bulur. [10,12,13]

3.2 IPTV ÇOK NOKTAYA YAYIN MİMARİSİ

Çok noktaya yayın yapacak bir sisteminin oluşturulması dağıtılmış ağ mimarisine dayanır. IP ile çok noktaya yayın hizmetlerini teslim etmek için gerekli mantıksal ve fiziksel bileşenler aşağıdaki gibi kategorize edilir:

1. IGMP Cihazları
2. Çok noktaya yayın grupları ve adresleme
3. IPTV çok noktaya yayın protokolleri
4. Çok noktaya yayın taşıma mimarisi teknolojileri

3.2.1 IGMP Cihazları

Çok noktaya yayın yapabilen bir host, yayın verisini çok noktaya göndermek ve almak için yapılandırılır. Bir uçtan uca IGMP haberleşme sistemi içerisinde kullanılan cihazların iki kategorisi vardır:

- Bir IGMP host IPTV ağına bağlı herhangi bir istemci veya sunucudur. Set-top Box , mobil telefon, veya bir kişisel bilgisayar birer IGMP host örnekleridir.
- IGMP yönlendiricileri de denilen *çok noktaya yayın yönlendiricileri* , IPTV ağ altyapısının anahtar bileşenleridir. IPTV ağı üzerinde çalışan yönlendiriciler dağıtım ve toplama yönlendiricileri olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Dağıtım yönlendiricileri genelde IPTV Data Merkezinde bulunurlar ve kaynak içerik sunucuları ile doğrudan arayüzler ile bağlıdırlar. IPTV kanallarının tümü bu

dağıtım yönlendiriciler üzerinde bulunmaktadır. Toplama yönlendiricisi ise ağ içinde aşağı yönde veri akışı yolu üzerinde olacak şekilde son kullanıcıya daha yakın konumlandırılır. Toplama yönlendiricisine bağlı IPTVCD ler tarafından görülen kanallar ağ içerisinde bu noktada sağlanır. Çok noktaya yayın yönlendiricileri, doğrusal IPTV yayın kanallarının son kullanıcıya ulaşması için kullanılan bütünleyici bileşenlerdir ve aşağıdaki fonksiyonları destekler:

Çok noktaya yayın yapan IPTV içeriğini alma – Bir IPTV ağında yönlendiricilerin arayüzlerinin birçoğu çok noktaya yayın modunda çalışır. Böylece yönlendirici gelen paketlerin daha ileri işleme gerektirip gerektirmediğini görmek için analiz edebilmektedir. Çok noktaya yayın yönlendiricisi paket başlığında bulunan ve 1 değerine ayarlanmış sabit bit değerlerine sahip olan paketler aldığı zaman IP haberleşme protokolü ile paketi daha ileri işleme için gönderir. Çok noktaya yayın yönlendiricileri çok noktaya yayın trafiğinin iletimini ele alan karmaşık algoritmalar da kullanır.

IGMP mesajlarını idare etme ve işleme- Çok noktaya yayın yönlendiricileri çeşitli tiplerde IGMP mesajlarını alma, işleme ve yönetme için de gereklidirler.

Yönlendirme tablolarını tutma – Çok noktaya yayın yönlendiricileri üzerlerinde kurulu işletim sistemlerini çalıştırır. Bu işletim sistemi içerisinde yapılandırılmış olan ve tek noktaya yayın protokolleri içerisinde kullanılan tablolar ile çok benzer yönlendirme tablolarını kullanırlar.

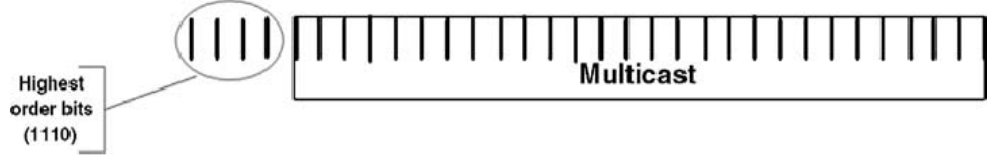
IPTV akımlarının kopyalanarak çoğaltılması (replikasyonu) - Replikasyon, gelen bir IPTV video dizgesini alma ve tek veya çoklu yönlendirici portları yardımıyla bu dizgeyi kopyalayarak bireysel IPTV abonelerine gönderilmesi yeteneği olarak tanımlanır.

Yukarıda tarif edilen tüm görevler, yönlendiricinin veri işleme için kullandığı donanım gereksinimlerine eklenmektedir. IPTV içeriğinin çok noktaya yayın yapma teknolojileri

ile dağıtılması ve etkin teslimi için çoğu kez bu cihazlarda yükseltme gereksini doğar.[4,6]

3.2.2 Çok Noktaya Yayın Grupları ve Adresleme

Bir IPTV ağı üzerinden çok noktaya yayın yapma işlemi belirli bir IPTV kanalını alma isteğini ifade eden IPTVCD lerden oluşan bir gruba video paketlerinin gönderilmesi yoluyla çalışır. IPTVCD lerden oluşan bu grup, özgün bir D sınıfı IP adresi tarafından kimliklendirilir. Şekil 3.15 de gösterildiği gibi bir D sınıfı IP çok noktaya yayın adresi, ilk dört bit olarak 1110 ile başlar ve adres aralığı 224.0.0.0 dan 239.255.255.255 'e uzar. Bu , 268435456 adet çok noktaya yayın grubunun toplam adres alanına eşit olur.



Şekil 3.15 D-Sınıfı Çoklu Noktaya Yayın Adresi Yapısı

Çok noktaya yayın adres aralığı farklı uygulamaların desteklenmesi için ayrıca alt bölümlere ayrılır. Tablo 3.4 de gösterilen tüm üçüncü katmana ait IP adreslerinin IPTV çok noktaya yayın hizmetlerinin dağıtımında kullanılabilmesi için donanımsal MAC adreslerine dönüştürülmeye ihtiyacı vardır. Bu süreç çok noktaya yayın MAC adresi oluşturmada IP adresi içerisinde bulunan orjinal 32 bit'in sadece 23 adedinin kullanılması yüzünden biraz problemlili olabilir. [4]

3.2.3 IPTV Çok Noktaya Yayın Protokolleri

IPTV çok noktaya yayın yapılırken, IPTV içeriğini dağıtma ve kopyalama için kullanılan uzmanlaşmış protokolleri çalıştırılır.

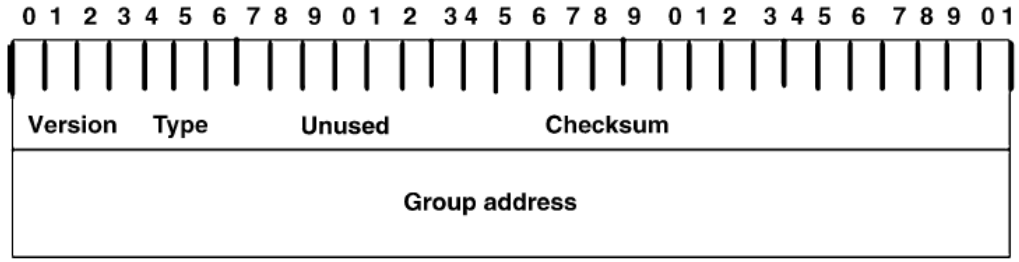
İnternet Grubu Yönetim Protokolü (IGMP), belirli bir çok noktaya yayın grup adresine bağlanmak veya bırakmak için IPTVCD ler tarafından kullanılan, IP haberleşme modelinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bugün kullanımda IGMP nin üç farklı ana uyarlaması vardır; IGMP Uyarlama 1 (IGMP v1), IGMP Uyarlama 2 (IGMP v2) ve IGMP Uyarlama 3 (IGMP v3).

Tablo 3.4 IP Çok noktaya yayın Adres Aralıkları ve İlgili Uygulamalar

Adres Blok Aralığı	Adres Tipi	Tanım
224.0.0.0 dan 224.0.0.255'e kadar	Daimi (Kalıcı)	Bu adresler tek hop çok noktaya yayın uygulamalarında kullanım için IANA tarafından rezerve edilmiştir. Örneğin 224.0.0.0 IP adresi tüm yönlendiricilerin yerel ağa bağlandığını belirten rezerve olmuş bir adres örneğidir. 224.0.0.22 ise IPTV teşebbüs uygulamaları tarafından kullanılan başka bir örnektir. Bu grup adresleri grup üyeliği sıfıra düşse bile daima mevcut olacaktır.
224.0.1.0 dan 238.255.255.255 'e kadar	Küresel amaçlı (geniş çaplı İnternet)	Bu aralıkta kullanılan adresler halka açık İnternet üzerinden IP video içeriğini çok noktaya yayın yapmak için kullanılabilir. Bu gruplar üyeler var olduğu sürece mevcut olacaktır.
239.0.0.0' dan 239.255.255.255 'e kadar	Yönetimsel amaçlı	Bu çok noktaya yayın aralığı bir yerel grup veya organizasyonla sınırlı olan çok noktaya yayınlar için kullanılır.

3.2.3.1 IGMP v1

IGMPv1 için tanımlama 1989 da yayınlanmıştır ve RFC 1112 içinde bulunabilmektedir. Bu tanımlama protokolün orijinal uyarlamasıdır ve çeşitli UNIX ve Microsoft tabanlı işletim sistemleri üzerinde yürütülmüştür. IGMPv1 tanımına ait bazı karakteristikler şunları içerir:



Şekil 3.16 IGMPv1 Mesaj Formatı

Mesaj Tipleri - IGMPv1 iki mesaj tipini destekler. Bunlar üyelik sorgu mesajları ve üyelik raporlama mesajlarıdır. Sorgu mesajları, grup üyelik ayrıntılarını derinlemesine araştırmak için çok noktaya yayın yönlendiricilerine imkan verir. Üyelik raporlama mesajları ise Set-top Box veya PC lerin özel bir IGMP grubuna katılma arzularını bağlı oldukları yerel yönlendiricilere bildirmesi için kullanılır.

Çok Noktaya Yayın Trafiği Gönderme- IGMPv1 tanımlaması , IP protokolünü çok noktaya yayın IP datagramlarını göndermek için bir provizyonu dahil ederek uzatır.

Ethernet Kapsülleme - Çok noktaya yayın adresleri doğrudan Ethernet paketlerinin hedef alanına haritalanarak Ethernet ağı üzerinden çok noktaya yayın trafiğinin iletimi için destek sağlanır.

Özel (belirli) mesaj biçimlendirme - IGMPv1 mesajının anahtar elemanları, Şekil 3.16 da gösterilmiştir ve Tablo 3.5 de açıklanmıştır.

Tablo 3.5 Bir IGMPv1 Mesaj Yapısı

Alan adı	Fonksiyonelliğın Tanımı
Uyarılama	Bu alan, IGMP uyarılamasını belirtir.
Tip	Bu alan kullanılan mesajın tipini belirtir. Uyarılama-1 için burası iki seçenekten biri olacaktır: bir sorgu veya bir host üyelik raporu
Kullanılmamış	Genellikle sıfırlar ile doldurulur.
Toplam kontrolü	Verinin bütünlüğünü (doğruluğunu) korumak için kullanılır.
Grup adresi	Bu alanın değeri mesaj tipleri arasında değışecektir. Örneğın, bir sorgu mesajı gönderilmesi durumunda bu alan sıfırlarla doludur. Rapor mesajı durumunda ise IP grup adreslerini içerir.

3.2.3.2 IGMPv2

IGMPv2, ilk uyarılamanın üzerine kurulan, ilk uyarılamanın geliştirilmesiyle elde edilen ikinci uyarılamadır ve RFC 2236' da tarif edilir. IGMPv2 'nin anahtar karakteristikleri şunları içerir:

Geliştirilmiş ayrılma gecikmesi – IGMPv2, özel bir yayın kanalını gören veya erişen IPTV abonelerinin sistemden ayrıldığıının çok noktaya yayın yönlendiricisi tarafından daha kısa sürede fark edilmesini sağlamıştır. Bu özellik ağ üzerinde gereksiz veri dizgelerinin bulunarak bandgenişliğı'nin doldurulmasını engellemekte ve son kullanıcılara zayıf kalite video tesliminin önüne geçmektedir.

Büyük ölçüde destekli- Microsoft İşletim sistemlerinin tüm modern uyarılamaları tarafından desteklenilirken, Linux ve Unix'in modern sürümleri de IGMPv2 için destek sağlar.

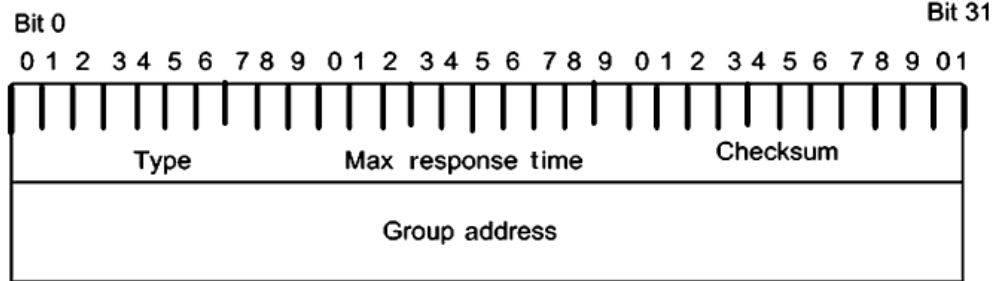
IGMPv1 ile geriye doğru uyumlu – Ek fonksiyonellik sağladığı kadar, IGMPv1 ile de uyumludur.

Mesaj tipleri – IGMPv2 uyarlaması IGMPv1 de bulunmayan yeni mesaj tiplerini ekler. Tablo 3.6, IGMPv2 tarafından kullanılan mesajların değişik tipleri hakkında daha detaylı bilgi vermiştir.

IPTV için destek - IGMPv2 uyarlaması IPTV trafiğinin çok noktaya yayını destekler. IGMPv2 özel bir kanalı terk etmek istediği zaman bunu açık bir şekilde komut göndererek yapabilir.

IPv6 nun ayrılmaz (bütünleyici) parçası - IGMPv2 çok noktaya yayın yapma fonksiyonelliği, İnternet Protokolü Uyarlama 6 ile entegre edilmiştir

Mesaj biçimlendirme (formatlama) – Tüm IGMPv2 mesajları IP veri birimleri içine kapsüllenmiştir. IP başlık alanlarına yerleştirilen 2 ile veri birimleri içerisinde IGMPv2 mesajının taşındığı belirtilmiştir. IGMPv2 mesaj paketinin anahtar elemanları, Şekil 3.17’de gösterilmiş ve Tablo 3.7 te açıklanmıştır.



Şekil 3.17 IGMPv2 Mesaj Formatı

Sorgulayıcı seçim süreci – IGMP protokolü altında sadece bir yönlendirici belirlenmiş bir ağ parçası üzerine sorgu mesajı gönderebilir. IGMPv2 sorgu mesajlarını dışarı gönderirken sorumlu yönlendiriciyi belirtmek için , bir seçim süreci başlatır. Bu süreç düşük IP adresli yönlendiricilerin seçilerek sorgulayıcı pozisyonuna getirilmesi prensibine dayanır.

Tablo 3.6 IGMPv2 Mesaj Tipleri

Mesaj Tipi	Mesaj Açıklaması	Tip Alanındaki On altılık Değer
Üyelik sorgulama	<p>Bu mesajlar çok noktaya yayın yönlendirici tarafından periyodik olarak ağ üzerine gönderilir. Protokol kuralları altında, sadece bir yönlendiriciye bir ağ parçası üzerine sorgu mesajları göndermesi için izin verilir. Sorgu mesajlarının iki tipi vardır.: genel ve grup spesifik.</p> <p>Genel sorgular hangi IPTVCD nin hangi çoklu yayın dizgesini görüntülüyor olduğunu belirlemek için kullanılır. Grup spesifik sorgu mesajları ise spesifik bir IPTV kanalını izleyen abonelerin olup olmadığını ortaya çıkarmak için kullanılır.</p>	0 x 11
Uyarılama 1 üyelik raporu	<p>Bu mesaj tipi, özel bir IPTV kanalına bağlamak veya katılmak için IGMPv1 alıcısı tarafından kullanılır. Bu kayıtlar sorgulara tepki vermede de kullanılır ve IPTV kanalını değiştirmek için bir istek alındığı zaman çoğu kez istenmeden gönderilir.</p>	0 x 12
Uyarılama 2 üyelik raporu	<p>Bu mesaj tipi IGMPv2 destekli yönlendiriciler için kullanılırken IGMPv1 üyelik raporları gibi aynı fonksiyona sahiptir.</p>	0 x 16
Grup Terketme	<p>Bu mesaj tipi IGMPv1 de bulunmaz. Bu mesajın amacı grupta artık üye olmadığı zaman IPTV akış yönlendiricisinin veri akışını durdurarak gecikmeyi azaltmaktır. Ayrıca bu mesaj alındığı zaman yönlendirici otomatik olarak yayın paketlerinin kopyalarını iletmeyi durduracak, band genişliği diğer kullanımlar için ayıracaktır.</p>	0 x 17

Bir son kullanıcı ne zaman kanal değiştirirse, IPTVCD merkezi donanıma iki komut göndererek cevap verir:

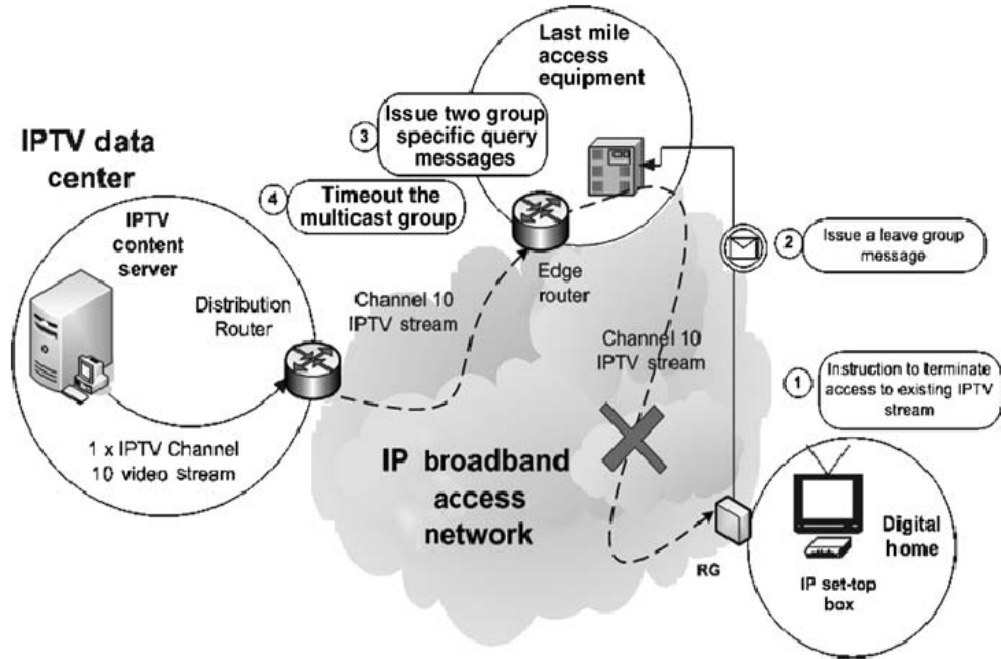
- (1) Mevcut çok noktaya video yayını terk etme,
- (2) Arzu edilen yeni çok noktaya video yayına katılma.

Tablo 3.7 IGMPv2 Mesaj İçeriği

Alan adı	Fonksiyonelliğin tanımı
Tip	Kullanılan mesajın tipini belirler. Uyarılama iki için bu, dört seçenekten biri olacaktır; üyelik sorgu, v2 üyelik raporu, grubu terk etme ve v1 üyelik raporu. IGMPv2 içinde mesaj bırakma yenidir ve bir özel grup veya yayın bırakıldığı zaman IPTVCD tarafından gönderilir. Bu mesaj video akımlarının gereksiz iletimini durdurma ile ilişkilidir ve gecikme zamanını azaltmaya yardım eder.
Maksimum tepki verme zamanı	Bu saha sadece üyelik sorgu mesajları ile ilgilidir. Bir rapora cevap vermenin teslimi için bir maksimum zaman periyodu belirler. Bu sahanın değeri, bir saniyenin bir onda birinin artımları içinde ölçülür.
Toplam kontrolü	Verinin bütünlüğünü korumak için ve hata kontrolü için kullanılır.
Grup adres	Bu sahanın değeri mesaj tipleri arasında değişecektir. Örneğin, bir sorgu mesajı durumunda bu alan sıfırlar ile dolu iken, rapor veya terk etme grup mesajları gönderiliyor ise IP grup adresini barındırır.

IGMPv2 BAĞLANTIYI KESME (BIRAKMA) SÜRECİ – Birçok DSL tabanlı erişim ağları sınırlı bant genişliğinden dolayı birçok IPTVCD zaman içinde herhangi bir anda sadece bir kanal alabilir. Bu yüzden, etkin ve önemli bir mekanizma kullanılarak terk etme işleminin bildirilmesi kritik önem taşır ve bu amaçla IPTV alıcısının böyle bir mekanizmayı barındırması gerekir. Bu mekanizma IGMPv2 tarafından desteklenir ve IGMPv2'nin IGMPv1 den en büyük farkıdır. Bağlantının bırakılması için kullanılan bu mekanizma grup terketme (bırakma) mesajının gönderilmesiyle çalışır ve mesaj ardından grup terk edilir. Şekil 3.18, bir IPTV ağ ortamında, IGMPv2 mesaj bırakma sürecinin nasıl icra edildiğinin bir örneğini gösterilirken adımlar şu şekildedir;

Mevcut bir IPTV akımına erişimi sonlandırma – IP set-top kutusu örneğin kanal 10 dan bir diğer kanala geçiş emrini kullanıcıdan alır. Yani bu işlem kanal 10 u izleyen kullanıcı grubundan çıkılarak bir diğer gruba katılma anlamı taşır.



Şekil 3.18 Protokol akışı – IGMPv2 bırakma süreci

Grup bırakma mesajı – Bırakılan TV kanalının IP adresini içeren bırakma grup mesajı çok noktaya yayın adresi 224.0.0.2 olan çok noktaya yayın yönlendiricilerine gönderilir. Bu durumda mesaj, bölgesel ofiste sınır yönlendirici tarafından alınır.

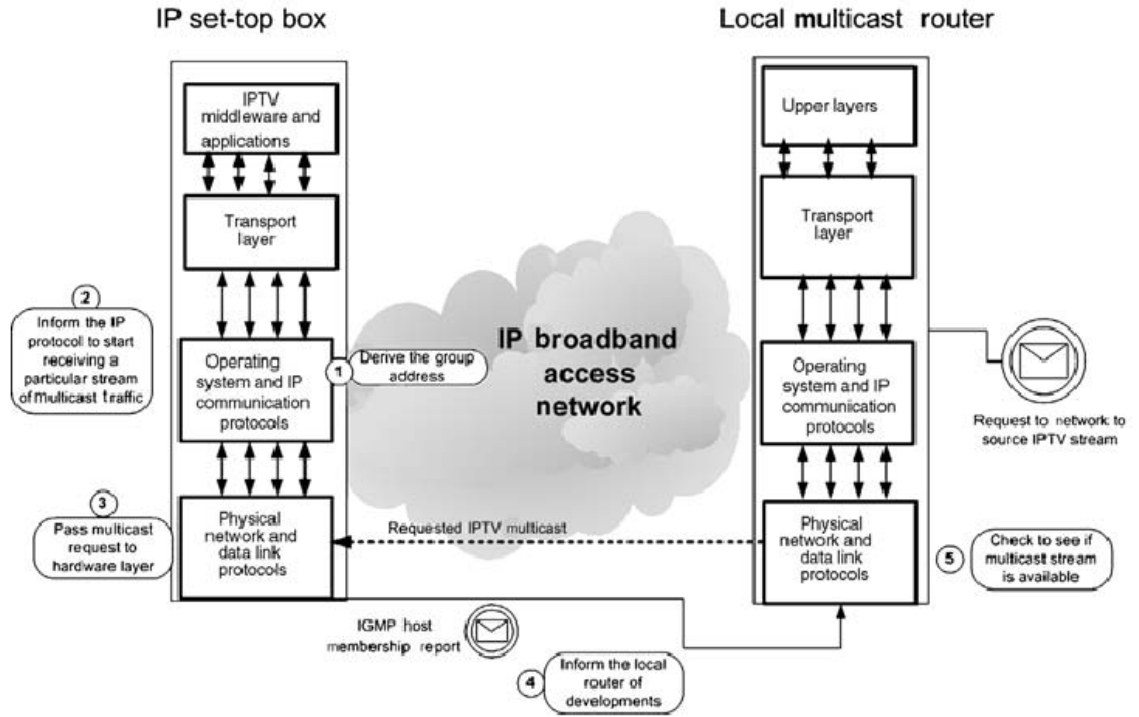
Grup spesifik sorgu mesajları – Sınır yönlendiricisi genellikle, bu spesifik akışı almak isteyen IPTVCD ler olup olmadığını bulmak için bir çeşit ve TV kanal yayını alma ile ilgilenen daha başka IPTVCD ler var olup olmadığını belirlemek için bir çeşit olmak üzere toplam iki çeşit grup spesifik sorgu mesajı gönderebilir. Eğer, grup spesifik sorgu mesajına yanıt yoksa yönlendirici, IGMP arayüz grup tablosundan girdiyi yok eder ve uygun arayüz dışına trafik göndermeyi durdurur.

Spesifik bir TV kanalı akışını durdurmak adına çok noktaya yayın yönlendiricilerinin bu şekilde haberdar edilmesi bandgenişliği'nin diğer kullanıcılar için ayrılmasında hızlı ve etkin bir yaklaşımdır.

IGMPv2 KATILMA SÜRECİ - Bir IPTV içerik sunucusundan çok noktaya yayın paketleri almaya başlamak için IP Set-top Box tarafından IGMPv2 Katılma Süreci çevriminin yapılması gerekir. “Katılma” terimi, özel bir IGMP istemcinin spesifik bir IPTV yayın kanalı almak istediğini belirtmek için kullanılır. Şekil 3.19 belirli bir yayın kanalını değiştirmek için bir IP Set-top Box üzerinde çalışan elektronik program rehberi (EPG) uygulaması tarafından bir IGMPv2 katılma sürecinin nasıl yürütüleceğini göstermektedir.

Grup adresini türetme – İşletim sistemi veya IPTV set-top kutu üzerinde çalışan özel bir yazılım, çok noktaya yayın adresinden veya evrensel kaynak yerleştirici (URL) katarlarından türetilen adresten istenen yayın kanalının grup adresini türetir.

Çok noktaya yayın yapma trafiğinin özel bir akışını almaya başlamak için IP protokolüne bilgi verme - Grup adresi belirlenir ve IP haberleşme protokolüne özel bir IPv4 veya IPv6 adresi üzerinden IPTV çok noktaya yayın yapma trafiğini almaya başlamak için bilgi verilir.



Şekil 3.19 IGMPv2 katılma süreci

Donanım katmanına çok noktaya yayın yapma isteğini geçirme – Çoğu durumlarda Ethernet olan Ağ adaptörü, istenilen yayın kanalına ait çok noktaya yayın adresine karşılık gelen çok noktaya yayın orta erişim katmanı (MAC) adreslerini dinlemek ve yanıt vermek için görevlendirilir.

Gelişmelerden yerel yönlendiriciye bilgi verme – IP Set-top Box, kendisinden istenmeden bir IGMP Host Üyelik Raporu mesajını genellikle bölgesel ofiste konumlandırılmış ve belirli bir IP adresine ait çoklu yayın trafiğini dinleyen yerel yönlendiriciye gönderilir. Mesaj alındığında yönlendirici bunu belirli bir TV yayın kanalına dönüştürür .

Çok noktaya yayın akışının verilip verilemeyeceğini kontrol etme – Yerel yönlendiricinin kullanıcılar tarafından istenilen IPTV çoklu akışını hali hazırda alıp almadığını belirlemeye ihtiyacı vardır. Eğer alıyorsa akışı basitçe kopyalar ve uygun arayüz vasıtasıyla IP Set-top Box'a geri gönderir. Eğer istenilen akış alınmıyorsa

yönlendirici ağ üzerine bir istek gönderir. Ağ üzerinden bu isteğe cevap verilerek gerekli akış yönlendiriciye yollanır ve burada kopyalanarak IP Set-top Box'a gönderilir.

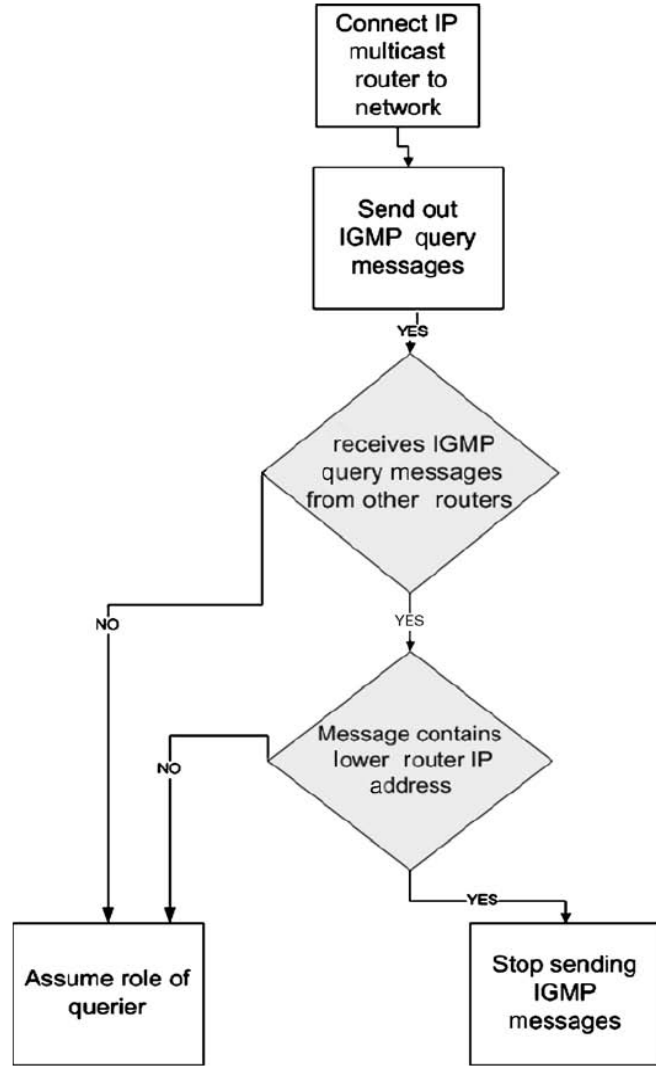
Bu örneğin gösterdiği gibi belirli bir IP çok nokta yayına katılma süreci nispeten karmaşıktır ve bilhassa istenen akışın yerel yönlendiricide sağlanılmadığı durumlar için zaman tüketen bir işlem olabilir.

IGMPv2 SORGU SÜRECİ Çok noktaya yayın yönlendirici, bir IPTV ağ parçası üzerine periyodik olarak IGMP sorgu mesajları yayınlamadan sorumludur. Bu mesajların amacı, hangi IPTVCD lerin hangi çok nokta yayın gruplarına ait olduğunu belirlemektir. Bir IPTV ortamı düşünüldüğünde bu durum abonelerin seyrediyor olduğu IP video kanallarının belirlenmesi demektir. Sorgu süreci ek olarak bir "katılma" veya bir "bırakma" süreci boyunca hata meydana gelip gelmediğini belirlemek için de kullanılır. Bu süreçlerden birinin icrası boyunca bir IP Set-top kutunun bağlantısının kesilmesi, IPTV ağlarında meydana gelen tipik hatanın bir örneğidir. Daha önce değinildiği üzere IGMPv2 altında sadece bir adet çok noktaya yayın yönlendiriciye sorgu mesajlarını dışarı göndermek için izin verilmektedir. Bu fonksiyonelliği özel bir yönlendiriciye atamak için IGMPv2 tarafından özel bir seçim mekanizması kullanılır. IGMP sorgu mesajını gönderecek yönlendiricinin nasıl belirleneceğinin bir örneği, Şekil 3.20'de tarif edilmiştir.

(1) Bir IP çok noktaya yayın yönlendiricisi, bir genişbant ağına bağlandığı zaman, IGMP sorgu mesajları idare etme ve yayın yapma için sorumlu olduğunu varsayar.

(2) IGMP sorgu mesajlarını yollamaya başlar. Mesajları yollama arasındaki zaman aralığı çoğu yönlendiriciler üzerinde 125 s olacak şekilde ayarlanmıştır ve mesajlar önceden rezerve edilmiş olan 224.0.0.1 çok noktaya yayın adresine yollanılır.

(3) Ağa bağlanılırken, diğer yönlendiriciden IGMP mesajları alabilir.



Şekil 3.20 IGMP Sorgu Mesajlarını İdare etmek İçin bir Yönlendirici Belirleme için Seçim Mekanizması.

(4) Bu mesajı inceler ve kendi adresiyle karşılaştırıldığı zaman mesaj içindeki IP adresi sayısal olarak daha düşük bir değerde ise sorgu mesajlarını yollamayı durdurur. Eğer belirli bir zaman periyodu içerisinde (yaklaşık olarak 255 s) sorgu mesajı alınmazsa, yönlendirici “sorgulayan” olur ve IGMP sorgu mesajlarını idare etmeye ve işlemeye devam eder.

Sorgulayan çoklu yayın yönlendiricisinin sayısını azaltılması bir IPTV ağı üzerinde sorgu sayısının azaltılarak bandgenişliği kullanımının azaltılması anlamına gelmektedir.

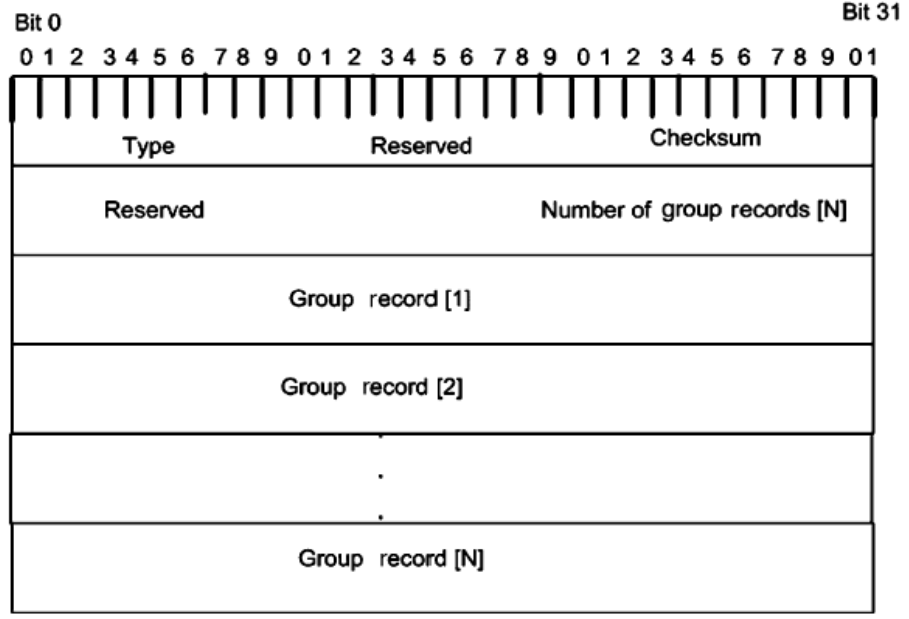
3.2.3.3 IGMPv3

IGMPv3 protokolü RFC 3376 içinde belirlenmiştir ve 2002 de yayımlanmasının ardından bir büyük revizyon olarak kabul edilmiştir. IGMPv3, standardın önceki uyarlamaları üzerine inşa edilmiştir ve aşağıdaki anahtar karakteristikleri içermektedir;

SSM için destek - IGMP 'nin önceki uyarlamaları altında bir IPTVCD belirli bir gruba katılmak istediğini belirten bir mesajı yollar ve mesaj grubun veya istenen yayın kanalının hedef IP adresini içerirdi. Bu istek ardından istek sahibine belirtilen kanal akışı yapılırken bu çoklu yayın grubunun IP adresi genellikle EPG' den elde edilirdi. IPTVCD yayın kanalını alırken aynı zamanda içerisinde bulunduğu çoklu yayın grubunun tüm trafiği dinlemek için yapılandırılmaktadır ve bu yaklaşıma "Herhangi Kaynak Çoklu Yayın" (ASM) denilmektedir. Bu yaklaşım IGMPv3 içinde rafine edilerek kaynak spesifik çoklu yayın (SSM) denilen ek ve yeni bir yaklaşım için destek sağlanmıştır. Böylece IGMPv3 ile IPTVCD ler almak istediği yayını ve bu yayını sağlayan kaynağın IP adreslerini açıkça belirtebilir hale gelmiştir. Daha açık bir dille söylenecek olursa IGMPv3 mesajı grup IP adresini taşıırken buna ek olarak grup içerisindeki tekli yayın kanalının da IP sini taşır.

Üyelik rapor mesajının gelişmiş biçimlendirmesi - IGMPv3, uyarlama 2'ye benzer özelliklere sahiptir ve bununla beraber mesaj tipleri azda olsa farklıdır. İki uyarlama arasındaki en büyük fark, yeni bir uyarlama 3 üyelik rapor mesajının tanıtımıdır. Bu mesaj tipi temel olarak IP çoklu noktaya yayın TV gruplarına "katılma" ve "bırakma" için kullanılır. Aynı zamanda sorgulara cevap olarak gönderilirler ve çoklu yayın alım durumlarını bildirmek için de gönderilmektedirler.

Bir IGMPv3 üyelik rapor paketin anahtar elemanları Şekil 3.21 de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi paketler bir veya daha fazla grup kayıtları ihtiva eder. Bu , bir IPTVCD nin kanalı değiştirmek için kendisinden istenmeden bir rapor yolladığı zaman ortaya çıkan durumdur ve mesaj mevcut kanalı "bırak" ve talep edilen kanala "bağlan" hakkında ayrıntılar sağlayan iki adet kayıt içerir. Bu kayıtları biçimlendirme ayrıntıları, Tablo 3.8 de mevcuttur.



Şekil 3.21 IGMPv3 üyelik rapor mesaj biçimi

Sorgu mesajları IGMPv2 ile benzerdir. Bu uyarlamada tek iyileştirme “Grup-ve-Kaynak-Spesifik Sorgu” denilen, yeni bir mesaj tipinin yaratılmasıdır. Önceki uyarlamaların birinde olduğu gibi, IGMPv3 mesajları da IPv4 veri birimleri içinde kapsülendir.

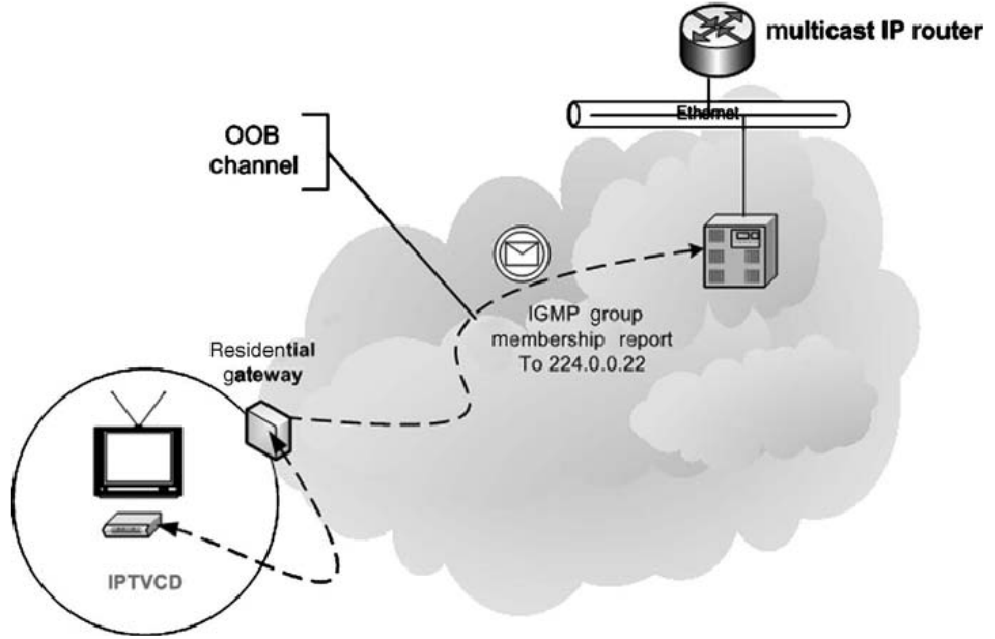
IGMPv3, grup bırakma mesajlarını kullanmaz. Çünkü bu fonksiyonellik kaynak adres filtreleme sistemi aracılığıyla sağlanır. Bununla birlikte IGMPv3, IGMPv1 ve IGMPv2 ile birlikte çalışabilir olacak şekilde tasarlanmıştır.

Yeni yönlendirme protokollerine destek – Yeni nesil çok noktay yayın protokolleri IGMPv3 tarafından benimsenmiştir ve böylece kaynak spesifik IP çok noktaya yayın teknolojisi desteklenmiştir.

Tablo 3.8 Bir grup kaydı'nın İç Formatı

Alan Adı	Fonksiyonelliğın Tarifi
Kayıt tipi	<p>IGMPv3 tarafından kullanılan üç farklı kayıt tipi vardır:</p> <p><i>Şimdiki-Durum Kaydı (CSR)</i> – Bu kayıt belirli bir sorguya cevap verir ve belirli bir IPTV erişim aracının durumu hakkında alıcı konumunda çalışan IP Çok noktaya yayın yapma yönlendiricisine bilgi sağlar.</p> <p><i>Filtre-Modu-Değıştirme-Kayıdı (FMCR)</i> – Bu kayıt arayüz filtre modu değışmesi durumunda yollanır ve iki hali vardır:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DAHİL_ETMEK_İÇİN_DEĞİŞTİR_MODU yada - HARİÇ_TUTMAK_İÇİN_DEĞİŞTİR_MODU. <p><i>Kaynak-Liste-Değıştirme-Kayıdı (SLCR)</i> –Bu kayıt kaynak liste değıştirildiğı zaman başlatılır. Bu kayıttaki bilgi tipi, erişim aracının duymayı istediğı ek kanalların listesi veya aracın işlemeyi artık arzu etmediğı video akışlarının bir listesi şeklinde olabilir.</p>
Yardımcı veri uzunluğı	İsmin önerdiğı gibi bu alan kayıтта sağlanabilir yardımcı verinin miktarı hakkında ayrıntılar içerir. Yardımcı veri nadiren kullanılır ve bu saha çoğı kez sıfıra ayarlanır.
Kaynakların sayısı (N)	Kayıt içinde mevcut olan IPTV kaynak içerik adreslerinin sayısı için bir şekil listesi içerir.
Çok noktaya yayın adresi	Seçilen TV kanal yayınının çok noktaya yayın adresidir.
Kaynak adresi [N]	Değışik IPTV yayın kanallarının konumlarını belirleyen, tek noktaya yayın adreslerinin bir serisidir. N kayıt içerisindeki kaynak sayısı bölümünün değeriştir.
Yardımcı veri	Eğır mevcutsa bu saha grup kaydı ile ilgili herhangi bir ek bilgi depolayacaktır. RFC 3376 bu alan için veriyi tanımlamaz ve bu yüzden canlı IPTV uygulaması içinde çoğı kez ihmal edilir.

Gelişmiş band genişliği kullanma ve güvenlik – IGMPv3 ile paket içerisine sonradan eklenen ve içerik sağlayıcı sunucusunun IP adresini belirten provizyon ile IPTVCD lerin aynı çoklu yayın grubuna bağlı diğer cihazlardan da veri almasının önüne geçilmiştir. Böylece ağ üzerinde kullanılabilir bandgenişliği miktarını azaltan, istenmeyen kaynaklardan gelen içerik alımını önlemektedir. IPTVCD lere sunulan bandgenişliği düştükçe grup tarafından yayını yapıyor olan IPTV kanalının alınma kalitesini keskince azalabilir. SSM, aynı zamanda, hizmet dışı bırakma saldırıları dahil diğer risklere karşı önlem almaya yardım eder. Bu önemlidir, çünkü IGMP nin önceki uyarlamaları altında, belirli bir kanala abone olan IPTV erişim aletleri hem içeride hem de çekirdek IPTV dağıtım ağı dışından da muhtemel saldırılarına maruz bırakılabilmekteydi.



Şekil 3.22 IGMPv3 Katılma süreci

IGMPv3 KATILMA SÜRECİ - Şekil 3.22 de bir örnek içinde gösterildiği gibi, önceki uyarlamalarla karşılaştırıldığı zaman IGMPv3 ile IP üzerinden çok noktaya yayına katılım süreçleri farklılıklar gösterir.

Bunlardan ilki, TV kanalı değiştirmek için kullanıcıdan gelen talebin tek bir istek ile icra edilebilir olmasıdır. Önceki uyarlamalar, IPTVCD nin iki farklı emir ile yani, “katıl” ve “bırak” emirleri ile bu işlemi gerçekleştirmekteyken IGMPv3 te bu işlem tek istekle yapılır hale gelmesiyle kullanıcıların kanallar arasındaki geçiş hızı yaklaşık olarak iki katına çıkmış olur. Ek olarak, IGMP mesajlarının tümü, grup IP adresi 224.0.0.22 tarafından belirlenen bir band dışı kontrol kanalından (OOB) yollanır. Bu durum önceki uyarlamada paketlerin belirli bir TV yayın grubuna dahil olan her IPTVCD ye tek tek adreslenmesi şeklinde olması sebebiyle farklılık gösterir.

Daha önce bahsedildiği gibi IGMPv3 ile IPTVCD lerin çok noktaya yayın yönlendiricilerine içerik kaynağının özellikleri ile IP grup adreslerinin kombine edilmiş hali şeklinde ek bilgiler de göndermesini olanaklı kılmıştır.

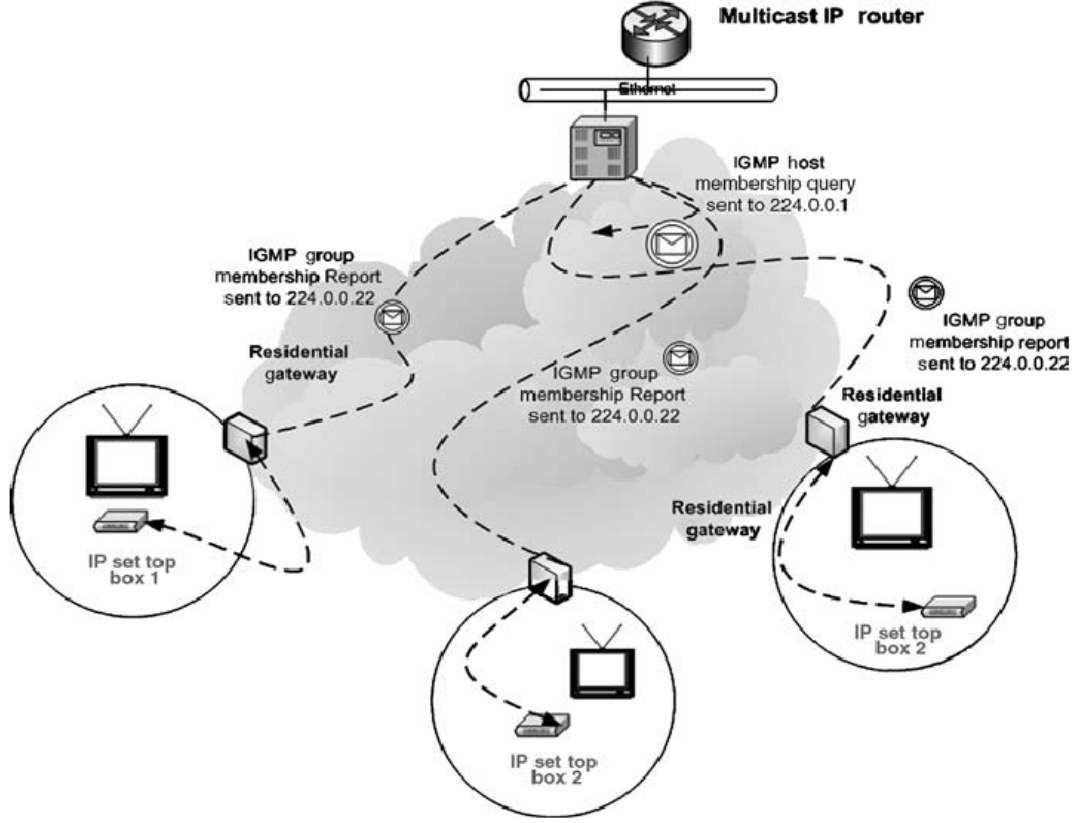
IGMPv3 SORGU SÜRECİ - IGMPv3 protokolünün artan çok yönlülüğü , sorgu fonksiyonunun karmaşıklığını da artırmıştır. Örneğin, önceki uyarlamalarla karşılaştırıldığı zaman, IGMPv3 kullanan sorgulayıcı çok daha fazla aktivitenin izini sürmekte ve kaydını tutmaktadır. Bu aktivitelere örnek olarak çok noktaya yayın gruplarının veya IPTV kanallarının durum detayları gösterilebilir.

Önceki uyarlamalar ile diğer bir fark ise, bir sorguyu cevaplamak için çok noktaya yayın grubu başına sadece bir host’un yeterli olmasıdır. Sorguları yanıtlamada bu metodunun tercih edilmesindeki amaç trafiğin azaltılmasıdır ve yeterince başarılı bir yöntemdir. Bununla beraber bu yöntemin tek dezavantajı sorgulayıcının veya çok noktaya yayın yönlendiricisinin yolladığı sorgularını cevaplayan IPTVCD ler hakkında bilgi alamamasıdır.

Bir sorgunun IGMPv3 aletleri tarafından nasıl işlenildiğinin bir örneği şekil 3.23’te gösterilmiştir.

Gösterildiği gibi üyelik raporu çok noktaya yayın yönlendiricisi tarafından çok noktaya yayın adresi 224.0.0.1 olan tüm sisteme gönderilir. Bu adres aynı zamanda IGMPv2 uyumlu çok noktaya yayın yönlendiricileri tarafından da kullanılır. Üç farklı IP Set-top

Box'ın her biri IP varış nokta adresi 224.0.0.22 ye IGMP üyelik raporlarını göndererek sorguya yanıt verir. Çok noktaya yayın yönlendirici IGMPv3 yanıt mesajları için bu adresi dinler.

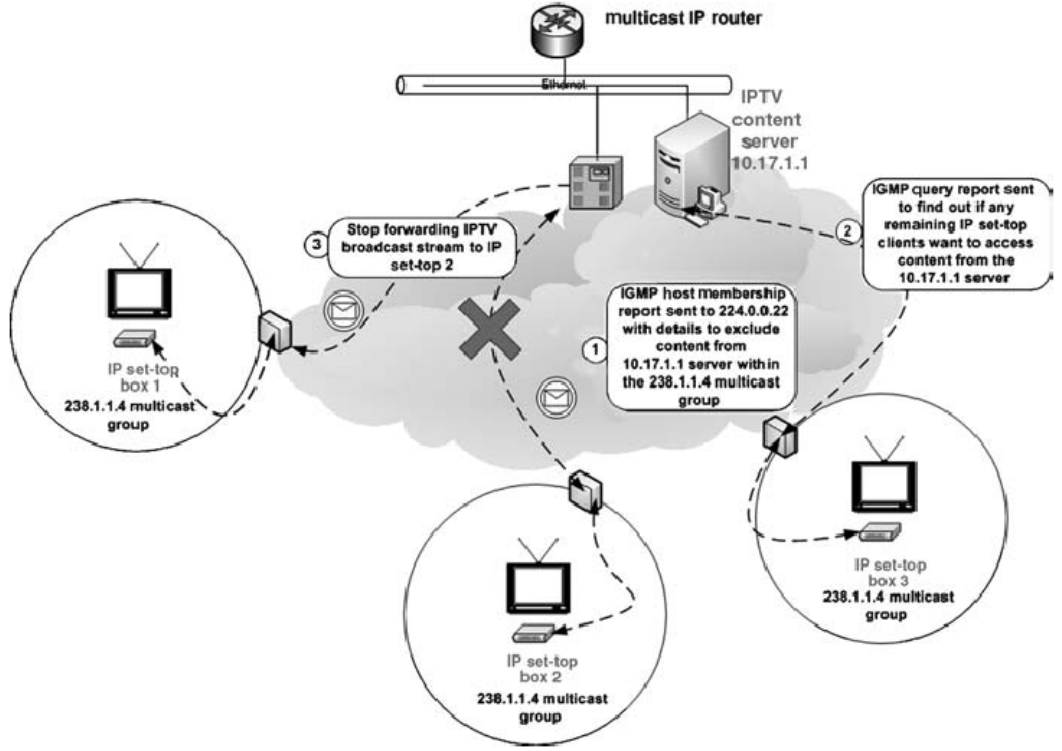


Şekil 3.23 IGMPv3 Sorgu Süreci Örneği

IGMPv3 BIRAKMA SÜRECİ –Bu süreç, kanal değiştirme zamanını minimum bir zamana indirmek ve bu zamanı muhafaza etmek IPTV dağıtımının bir kritik parçasıdır. IGMPv2’de kanal değiştirme, kanal değişimi meydana gelmeden önce, dört ayrı adımın yürütülmesiyle gerçekleşmekteydi ;

- (1)IP Set-top Box gruptan ayrılma mesajı gönderir,
- (2)Bölgesel Ofis veya IPTV Data Merkezinde konumlandırılmış çok noktaya yayın yönlendiricisi bu mesaja bir sorgu mesajı ile yanıt verir,
- (3)IP Set-top Box gelen sorgu mesajına üyelik mesajı ile yanıt verir,
- (4)IP Set-top Box üyelik mesajını yorumlar ve ara yüzünü mesaj içerisindeki komutlara göre uyarlar.

IGMPv3'te, aynı eylem için gerekli adımların sayısı ikiye indirilmiştir. Durum değişimi kayıtlarını taşıyan Üyelik raporu alınır ve çoklu yayın yönlendirici tarafından işlem gerçekleştirilir. Bu şekilde kullanıcıların kanal değişimi bekleme süresi azaltılmıştır. Yapılan bir diğer iyileştirme ise bırakma süreci tarafındadır ve bir IGMPv3 istemcisi belirli bir çoklu yayın grubu içerisindeki IPTV sunucusundan veri alımını durdurma işlemini başlatabilir. Önceki uyarlamalarda ayrılma mesajı video akışını göndermeyi durdurmak için yönlendiriciye gönderilirdi. Bununla beraber IGMPv3'te IPTVCD 224.0.0.22 adresine bir üyelik raporu gönderir.



Şekil 3.24 IGMPv3 Ayrılma Süreci Örneği

Şekil 3.24'te gösterilen örnekte resimle gösterildiği gibi, IP Set-top Box 2 den çıkan üyelik rapor mesajı durum değiştirme kayıtlarını içerir. Bu kayıt 238.1.1.4 çok noktaya yayın grubuna bağlı 10.17.1.1 adresli sunucudan içerik alımının durdurulması veya bu sunucudan gelen içeriğin alınmaması için yönlendiriciye bilgi verir. Bu mesaj, çok

noktaya yayın yönlendiricisi tarafından alınır alınmaz bir sorgu mesajı oluşturulur ve gruba yollanır. Bu mesaj ile gruptan başka bir IP Set-top Box un 10.17.1.1den ek bir içerik isteyip istemediğinin detayı istenir. Eğer, belirli bir zaman periyodu içinde, karşılık alınmazsa, yönlendirici IPTV yayın akışını yönlendirmeyi durduracaktır. [9,8,10]

3.2.4 Çok Noktaya Yayın Taşıma Mimarisi

Bir IP ağ haberleşmesi altyapısı üzerinden video dağıtımını genel olarak gelişmiş yönlendirme protokolleri ve teknolojilerini kullanır. IPTV ağları tarafından kullanılan yönlendirme teknolojilerinin birkaçı şunlardır ;

- Çok noktaya yayın dağıtım ağaçları
- Çok noktaya dağıtım protokolleri
- Çok noktaya yayın yönlendirme teknikleri

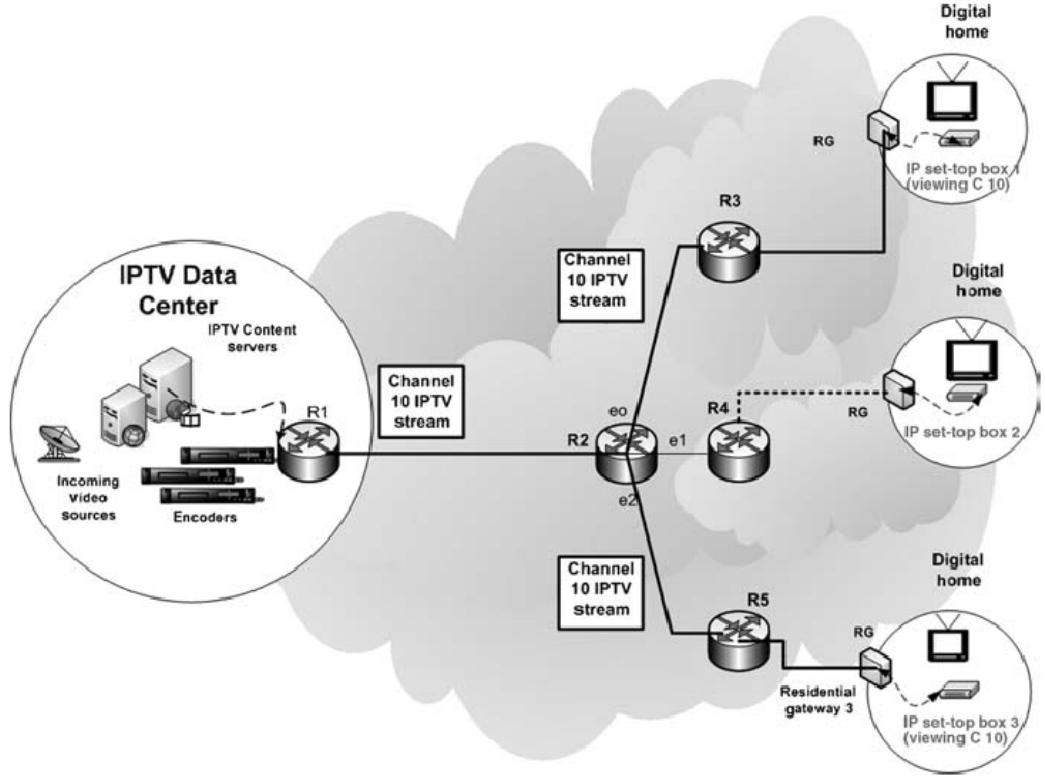
3.2.4.1 Çok Noktaya Yayın Dağıtım Ağaçları

Bir çok noktaya yayın dağıtım ağacı, IPTV Data Merkezinde veya bölgesel ofislerin birinde bulunan veri sunucusundan , bu sunucunun beslediği saha içerisinde bulunan farklı IPTVCD 'lere doğrusal TV servislerini teslim etmek için kullanılır.

Bir IP çok noktaya yayın yönlendirici IGMP protokolünden ve diğer kaynaklardan aldığı bilgileri kullanarak, IPTVCD lere belirli yollar üzerinden IPTV içerik paketlerini ulaştıran düğümlerin listesini oluşturur. Bu düğüm listesi veya rota haritalarına çok noktaya yayın dağıtım ağaçları adı verilir. Çok noktaya yayın dağıtım ağaçlarının iki temel tipi; kaynak ağaçları ve paylaşılan ağaçlardır.

Kaynak Ağaçları - Bir kaynak ağacı, içerik kaynağı ile varış yeri olan IPTVCD arasında ağ içinde en kısa yolu belirleme prensibine dayanmaktadır. Kaynak ağaçlar en kısa yolu belirlediğinden aynı zamanda *en kısa yol ağaçları* (SPT) olarak adlandırılır. Genel olarak IPTV ağına yeni kaynak sunucu eklenildiği zaman SPT yapılandırılır. Şekil 3.25 bir kaynak temelli IPTV çok noktaya yayın dağıtım ağacının basitleştirilmiş

örneğini göstermektedir. Bu örnekte kaynak dağıtım ağacı, bir IPTV sunucu ve kök hizmet gören ve 2,3,4,ve 5 numaralı yönlendiricilere içerik sağlayan R1 den oluşmuştur. Rotalama yollarını belirlemeye ek olarak, bu ağaçlar aynı zamanda ağ içinde farklı konumlarda IPTV akışlarını kopyalama sürecinin etkin olarak idare edilmesi için çok noktaya yayın yönlendiricileri tarafından da kullanılır.

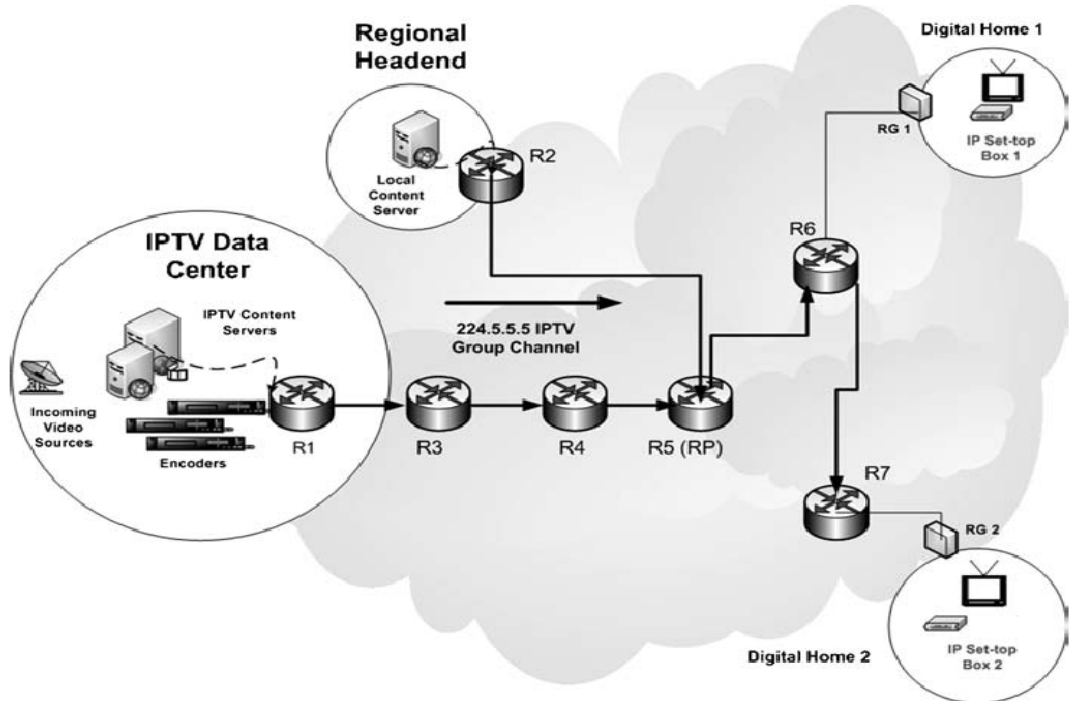


Şekil 3.25 Bir IPTV Çok Noktaya Yayın Dağıtım Kaynak Ağacının Basitleştirilmiş Örneği

R1'in bağlı olduğu R2 ise gelen IPTV akımını kopyalar, çünkü arayüzlerinden ikisi aktif izleyicilere sahiptir.(3 ve 5 yönlendiricilerine bağlı olan yollar veya dallar.) Yönlendirici 4'e bağlı dalda Kanal 10'u izleyen IPTV kullanıcıları yoktur. Bu yüzden bu dal çok noktaya yayın dağıtım ağacının parçası değildir. Bir abone kanal 10'u görmeyi ister ve R4'e bağlanırsa, bu dal aktif olur. Yönlendirici tarafından ağaç dinamik olarak değiştirilir ve genişletilir. Ardından istenen trafik Set-top Box'a yönlendirilir.

Bir ağacın yapısı normal bir gün boyunca değişik aralıklarda IPTVCD lerin ağa katılması ve ayrılması gibi nedenlerle sürekli olarak değişmektedir. Tüm IPTVCD ler çok noktaya yayın grubundan ayrıldığı zaman IPTVCD lerin oluşturduğu alt ağları besleyen yönlendirme dalları budanır. Yani çok noktaya yayın yönlendiricisi o özel dalı veya alt ağ üzerindeki spesifik bir gruba ait çok noktaya yayın trafiğini yönlendirmeyi durdurur. IPTV ağındaki yönlendiriciler, sürekli olarak bu ağaçların güncellenerek muhafaza edilmesinden sorumludur.

Paylaşılan Ağaçlar - Paylaşılan bir ağacın yapılandırılması, bir kaynak ağacına göre farklıdır. Paylaşılan bir ağaç yapısı içerisinde RP denilen kök yönlendirici ağ içerisinde (genelde ağın ortasında) herhangi bir yerde bulunabilir. RP ler IPTVCD ile içerik kaynağı arasında arabulucu cihazlardır ve gerçek bir IPTV dağıtımı ile yüzlerce kanalın tesliminin gerçekleştirilmesi için çok sayıda RP cihazı kullanılmaktadır. Şekil 3.26 kanal 10 için (224.5.5.5 in Grup IP adresi) paylaşılan bir çok noktaya yayın ağacının basitleştirilmiş bir örneğini göstermektedir.



Şekil 3.26 Bir IPTV Çok Noktaya Yayın Dağıtım Paylaşılan Ağacın Basitleştirilmiş Örneği

Yukarıda gösterilen örnekte RP cihazı yönlendirici 5 üzerindedir. Bölgesel Ofis veya IPTV Data Merkezinden yola çıkan içerik, bu örnekte yönlendirici 5 te olan RP ye ulaşır. Yönlendirici 5 'ten sonra içerik IPTVCD lere ulaşmak üzere paylaşılan ağaç içinden geçerek yoluna devam eder ve ulaştığında son bulur.

Çok noktaya yayın topolojilerinin her iki tipinde hem avantajları hemde dezavantajları mevcuttur. Kaynak Ağaç topolojisi şeklinde oluşturulan ağlar düşük gecikme zamanı ile IPTV hizmetlerinin son kullanıcıya tesliminde uygun iken çok fazla donanımsal güç ve geniş bellek miktarı gerektirir. Paylaşılan Ağaç topolojisi ise bu gereksinimi oldukça düşürür ama gecikme zamanı bakımından uzun süreler anlamına gelmektedir.

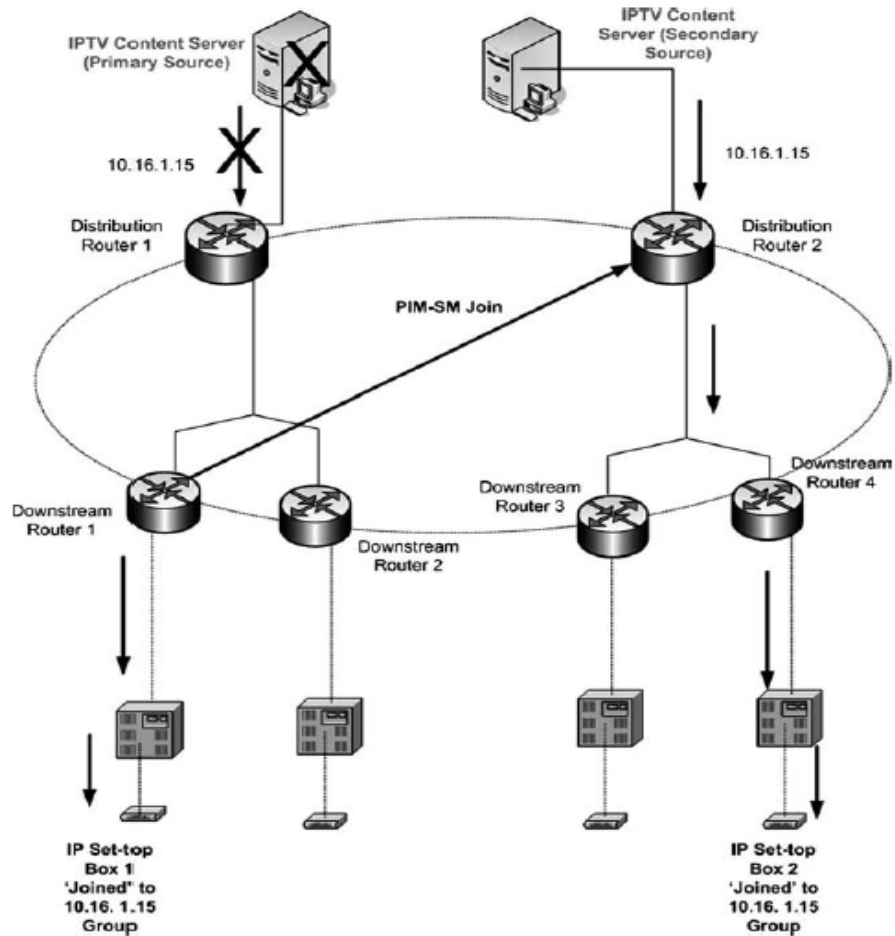
3.2.4.2 Çok noktaya Dağıtım Protokolleri

Büyük IPTV dağıtımlarının bazılarında çok sayıda çok noktaya yayın yönlendiricilerinin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın doğma sebebi farklı noktalarda bulunan, mesafelerle birbirlerinden uzak ve çok sayıda IPTVCD ye TV yayın kanallarının dağıtılmasının gerekliliğidir. Çok noktaya bağımsız yayın protokolü (PIM) gibi protokoller, bir yüksek hız genişband ağ içinden IPTV video içeriğini taşıyan çok noktaya yayın dağıtım ağaçları inşa etmek için kullanılırlar. PIM, hizmetlerin farklı tiplerini dağıtmak için optimize edilen, çok noktaya yayın rotalama protokollerinin küçük bir kolleksiyonunu tanımlar. PIM için dört değişken vardır:

PIM Yoğun Mod (PIM-DM)- Ağ üzerinde tüm yönlendiricilere çok noktaya yayın paketlerini bir anda yollama ilkesi üzerine işletim yapar. Ara yüzlerine bağlı çok noktaya yayın IP grup üyelerine sahip olmayan yönlendiriciler, paketlerin kaynağına bir ayrılma veya budama mesajı gönderir. Kaynak , bu ayırma mesajını alır almaz ağın o kısmına çok noktaya yayın paketlerinin gönderimini durdurulur. Paketlerin bir anda yollanarak bandgenişliğinin kullanılması ilkesiyle çalışan PIM-DM protokolü çok noktaya yayın trafiğinin taşmasında nadiren kullanılır.

PIM Dağınık Mod (PIM-SM) - PIM-SM tanımlamasının en son uyarlaması 1998'de yayınlanmış ve RFC 2362 içinde bulunabilmektedir. PIM-SM , IP çok noktaya yayın

trafiğini Geniş Alan Ağları (WAN) üzerinden rotalamak için tasarlanmıştır. Bilhassa, çok noktaya yayın dağıtım ağlarının farklı tiplerini inşa etmek ve sürekliliğini sağlamak için yönlendiricilerin birbirleriyle nasıl etkileşim yapması gerektiğini tanımlamaktadır. İsminden de anlaşılacağı üzere PIM-SM, abonelerin bir birinden uzak olduğu IPTV ağları için kullanılmaktadır. PIM-SM protokolü altında TV kanallarının dağıtımını, çekme modu içerik dağıtımını teslimi mekanizması kullanarak yapılır ve sadece belirli bir kanalı izlemek için açık bir şekilde isteğini bildiren IPTVCD ler ilgili IP video trafiğine yönlendirilmektedirler. Bu yöntem bandgenişliğini muhafaza etmede başarılı olmakla beraber belirli bir yayın akışına katılmak için IGMP komutlarının en yakın yukarı yönlü trafik taşıyan yönlendiricide işlenmesi gerekliliği için geçen zaman azda olsa bir gecikmeye sebep olur. Bununla birlikte PIM-SM, büyük ağ altyapıları için oldukça uygundur ve bir canlı IPTV ağı üzerinde hayata geçirildiği zaman çok çeşit yönlendirici arayüzünde etkinleştirilir.



Şekil 3.27 Ağ Artıklığının Desteklenmesi İçin PPM-SSM Kullanımı

Bu etkinleştirme, çok noktaya yayın yapmaya adanmış bir ağ altyapısının oluşturulmasında yardımcı olmaktadır. PIM-SM, IGMP ile birlikte kullanıldığı zaman kodlayıcılar ve sunucular gibi video altyapısı bileşenlerini bulmada ve toparlanmalarında destek sağlayabilir. Şekil 3.27 PIM-SM' nin bir hata anında nasıl destek sağladığını açıklamaktadır. Bu örnekte sunucuların her ikisi de farklı çok noktaya yayın ağacına ait, aynı çok noktaya yayın adresini göndermektedir. Böylece, 1 numaralı IPTV içerik sunucusunun başarısız olması durumunda, PIM-SM rotalama protokolleri başarısızlığı saptar ve rotalama yollarını tekrar hesaplar. Sonuç olarak, PIM-SM, içerik sunucu 2' ye bir yeni katılma isteği gönderir ve trafik hatadan etkilenen IPTV Set-top Box a yeniden rotalanır.

PIM kaynak spesifik çok noktaya yayın (PIM-SSM): IPTVCM'nin 3. Katmanında çalışan bir protokoldür ve PIM-SM den türetilmiştir. Adından da anlaşılacağı üzere IGMPv3 tarafından desteklenen ve IPTVCD lere almak istedikleri kanalları belirleme yetkisi sağlayan SSM dağıtımını desteklemektedir. Bu protokolün çalışma şekli göreceli olarak doğrudandır ve SSM adresleme gösterimini kullanarak PIM katılım ve ayrılma emirlerini destekler.

İki Yönlü PIM (BIDIR-PIM) - PIM-SM den hafifçe farklıdır. Kapsülleme ve kaynak ağaçlarına olan destek eksikliği, PIM tabanlı rotalama protokollerinden ayıran en genel farklılıklarıdır. BIDIR-PIM ölçeklemenin gerekli olduğu yerlerde yeterince kullanışlı bir protokoldür. Bununla beraber büyük IP ağları üzerinden yayılması durumunda gecikme durumlarından (örneklerinden) büyü ölçüde etkilenmektedir.

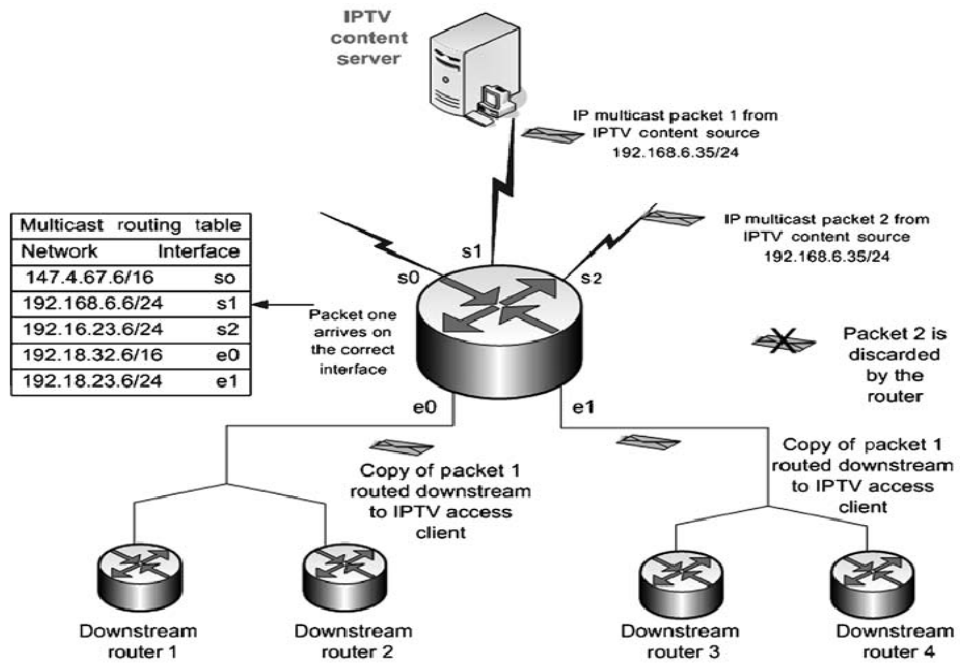
Dört PIM tipinden IPTV nin dağıtımını destekleyen en popüler çok noktaya yayın protokolü PIM-SM dir.

3.2.4.3 Çok Noktaya Yayın Yönlendirme Teknikleri

Bir çok noktaya yayın ağı içinde , ağlar arasında video paketlerini yönlendirmek (iletmek) için IP yönlendiricileri kullanılır. IP paketlerini yönlendirmek üzere yönlendiriciler tarafından kullanılan iki yöntem vardır:

Tek noktaya yayın – Tek noktaya yayın rotalamada, video paketlerinin yönlendirici varış yeri IP adresini inceler ve kendi rotalama tablosunda arayıp bulur. Rotalama tablosu, çok uzak ağlar yönlendirici video paketlerinin varış IP adreslerini inceler ve ağ üzerindeki birçok cihazın IP adresinin bulunduğu rotalama tablosu ile karşılaştırır. Paket adresi hangi cihaza ait ise paketi direkt o cihaza veya bir sonraki noktadaki yönlendiriciye yollar. Video pakeki son cihaza ulaşana kadar bu işlem devam eder. Tek noktaya yayın arkasındaki metodoloji son varış adresine bağlıdır.

Çok noktaya yayın – Tek noktaya yayının aksine , çok noktaya yayın yapma süreci video paketlerinin son varış noktasından daha çok IPTV paketlerinin orijini veya kaynağı ile ilgilenmektedir. Video'nun IPTV data merkezinde bulunan sunucudan uzaktaki bir IPTVCD ye çok noktaya yayın ile gönderilmesi esnasında paketler ilk olarak yerel dağıtım yönlendiricisinden geçer. Bu noktaya kadar tek noktaya yayın yaklaşımı ile benzerlik gösterir fakat bu noktada bu benzerlik son bulur. Bunun sebebi ise çok noktaya yayın paketlerinin bir çok durumda çoklu arayüzlerden geçiş yapması için gerekli bir grup adresi içermesidir. Sonuç olarak, çok noktaya yayın yönlendiricileri Ters Yol Yönlendirme (RPF) gibi özel dağıtım protokollerini kullanır.



Şekil 3.28 RPF Doğrulama Testi Örneği

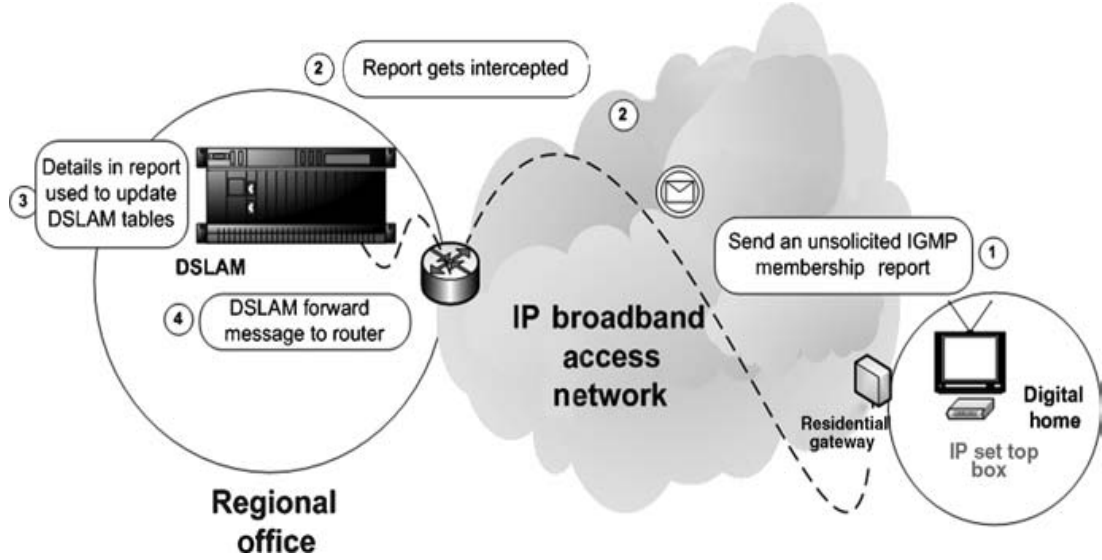
Ters Yol Yönlendirme (RPF) çok noktaya yayın rotalama protokolü PIM-SSM'nin tamamlayıcı bir parçasıdır. RPF yönlendirme prensibi, çok noktaya yayın paketlerinin IPTV kaynak içerik sunucusuna en yakın arayüz tarafından alınması söz konusu ise gönderilmesine dayanır. Diğer bir deyişle eğer IP paketleri yukarı yönlü taşıma arayüzü tarafından alınmaz ise RPF tarafından bu paketler bırakılır. RPF nin nasıl işletim yaptığının bir örneği şekil 3.28'de gösterilmiştir.

Görüldüğü üzere iki adet çok noktaya yayın paketi yönlendirici tarafından alınmaktadır. Bunlardan 1 numaralı video paketi yönlendiricinin S1 girişine gelir. Yönlendirme tablosuna bakılarak paket kopyalanır ve uygun bir arayüze veya aşağı yönlü yola gönderilir. Bu örnekte uygun arayüz Ethernet arayüzü olan e1 ve e2 arayüzleridir. İlk paket doğru bir şekilde işlenmiştir çünkü IPTV kaynak içerik sunucusuna geri dönüş yolu arayüzüne ulaşmıştır. 192.168.6.35/24 kaynağından gelen ikinci paket ise S2 girişine ulaştığında yönlendirme tablosuna yine bakılır ve bu paket yanlış arayüze geldiği için göz ardı edilir ve paket bırakılır. Böylece paketlerin bir döngü içerisinde ağ üzerinde dolaşımı engellenmiş olur.

3.2.5 IGMP Trafik Gözetleme İşlevselliği

Bölümde bu noktaya kadar, dikkatimiz, öncelikli olarak, IGMP istemci aleti ve çok noktaya yayın yönlendiricisi üzerine oldu. Tipik bir IGMP haberleşme oturumu süresince, IGMP rapor mesajları çoğu kez yerleşim geçitleri, ağ anahtarları veya DSLAM lar gibi diğer ara cihazlar içinden geçer. Bu raporlar belirtilen ara cihazlar tarafından IGMP Trafik Gözetleme denilen bir süreç içinde görüntülenir ve analiz edilir. Buyüzden ara cihazlar IGMP mesajı ağ içerisinde taşınırken tamamiyle transparan olurlar. Bir çok IGMP mesajından toplanan enformasyon ara cihazlara IPTV ağ haberleşmesinin doğası hakkında bir anlayış kazandırır. Bu enformasyonların toplanması belirli bir arayüzün IGMP trafik gözetleme için yapılandırılmış olmasıyla devreye girmektedir. IGMP trafik gözetlemesi etkinleştirilen gözetleyici, gelen paketleri IPTV erişim cihazları ile çok noktaya yayın yönlendiricileri arasında ilerlerken inceler.

Bu inceleme aşamasında paketlerde herhangi bir değişim yapılmaz. Şekil 3.29’da basit örneği göz önüne alalım.



Şekil 3.29 Bir IGMPv2 Katılımının Gözetlenmesi

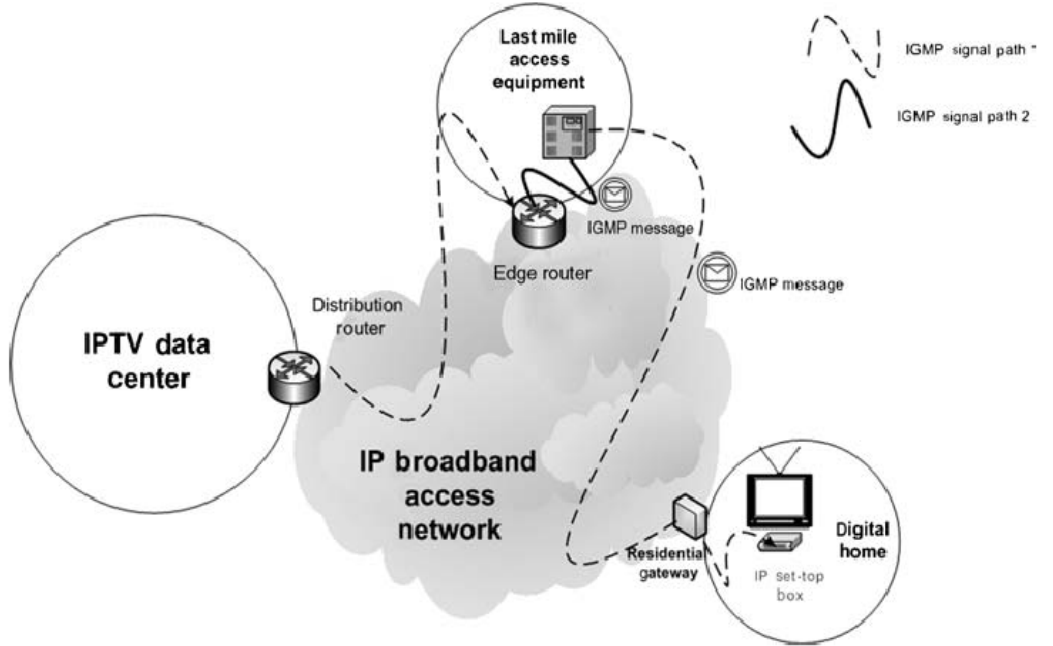
Bu durumda, IP Set-top Box bir kanal değiştirme isteği gönderir. Bu istek, istenmemiş bir IGMP Üyelik raporunun biçimini alır. İlk olarak yerleşim ağ geçidi ve ağ içinden bir uçtan diğerine geçer. Bölgesel büro içindeki DSLAM a ulaşan paket burada tutulur. DSLAM, mesajı inceler ve paket içinde bulunan enformasyon ile arayüz talosunu günceller ve mesajı IPTV çok noktaya yayın yönlendiricisine yönlendirilir.

IGMP trafik gözetlemenin ana yararı DSLAM’ı çok noktaya yayın video paketlerinin bir anda tüm portlara baskın yapması durumundan uzaklaştırması ve bunun yerine paketlerin belirli bir kanalı isteyen IPTV istemcilerine sahip olan portlara akmasını sağlamasıdır. Aynı zamanda IGMP hızlı ayrılmaları gerçekleştirmek için bir temel olarak kullanılır. Hızlı-ayrılma süreci, bir grup mesajı yollamaksızın tablolardan bir arayüzü kaldırmak için DSLAM’A izin verir, kanal akışlarını sonlandırmayı hızlandırır ve band genişliği yönetimini geliştirmek için yardım eder.

3.2.6 IGMP Proxy İşlevselliği

IGMP Proxy işlevselliği DSLAM türü cihazları, aşağı yön trafik alan IPTVCD ler tarafından host mesajlarını ele almaya yetkin kılar. Böylece, IGMP proxy fonksiyonu etkin yapıldığı zaman, aşağıdaki sorumlulukları varsayar:

- Üst akış yönlendiricileri tarafından sorgulandığı zaman grup üyelik raporları yollar.
- İstenmeden oluşturulmuş bir grup üyelik raporunu, özel çok noktaya yayın gruplarına katılmak için IPTVCD ler adına yollar.
- İstenen kanal akışlarını kopyalar ve talepte bulunan IPTVCD lere aşağıya doğru akışa yönlendirir.
- Arayüzlerine bağlanan IPTVCD lerin sonu, bir grubu bıraktığı zaman, o, 224.0.0.2' ye istenmeden verilmiş bir grup üyelik raporu yollar.



Şekil 3.30 IGMP Proxy İşlevselliğini Desteklemek İçin İki Ayrı IGMP İşaret Yolunun Oluşturulması

Böylece, bir HFC ağı içinde, bir DSLAM üzerinde veya bir CMTS üzerinde IGMP proxy özelliği etkin yapılarak bu cihazlar, aşağı akış IPTVCD lere birer IGMP sunucu olarak ve üst akış ucu ve dağıtım yönlendiricilerine istemci olarak rol oynar. IGMP

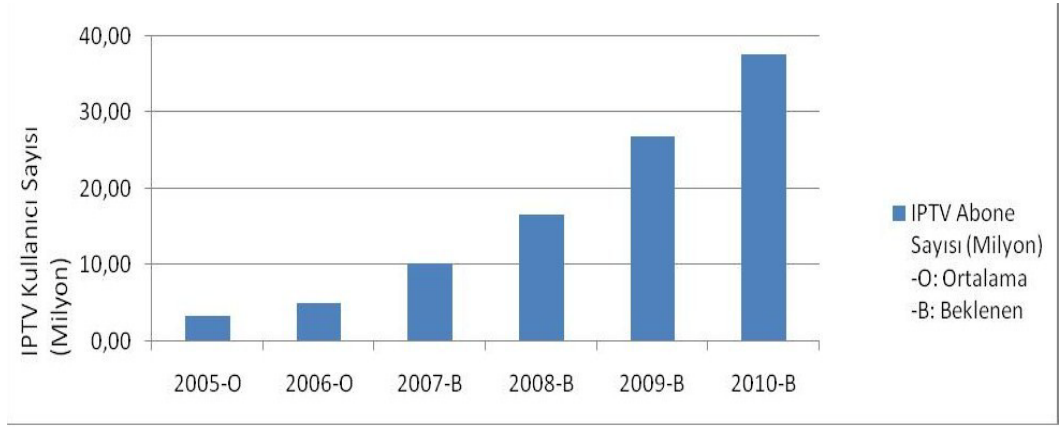
Proxy işlemi tipik olarak iki ayrı IGMP sinyalleşme yolu oluşturulmasını gerçekleştirir: IPTVCD ve bölgesel büroda (bir DSLAM veya bir CMTS) sonlandırma aleti arasında bir yol ve bölgesel donatım ve üst akış yönlendirici arasında diğer yol. Bu kavram Şekil 3.30'da betimlenmiştir. [1,4,14]

4. BULGULAR

IPTV projesinin hayata geçirilmesinden önce bu proje 5-10 yıl içerisinde çok büyük ilerleme kaydedecek bir sektör olarak düşünülmüş ve yapılan detaylı pazarlama araştırmaları sonucunda elde edilen verilerden Tablo 4.1. ve Şekil 4.2. ye ulaşılmıştır.

Tablo 4.1. Global IPTV Tahmini Kullanıcı Sayısı

Zaman Dilimi	2005-O	2006-O	2007-E	2008-E	2009-E	2010-E
Kullanıcı Sayısı (Milyon)	3.22	4.84	10.12	16.4	26.8	37.4



Şekil 4.1 Dünya Çapında 2005-2010 IPTV Kullanıcı Sayısı (Tahmini)

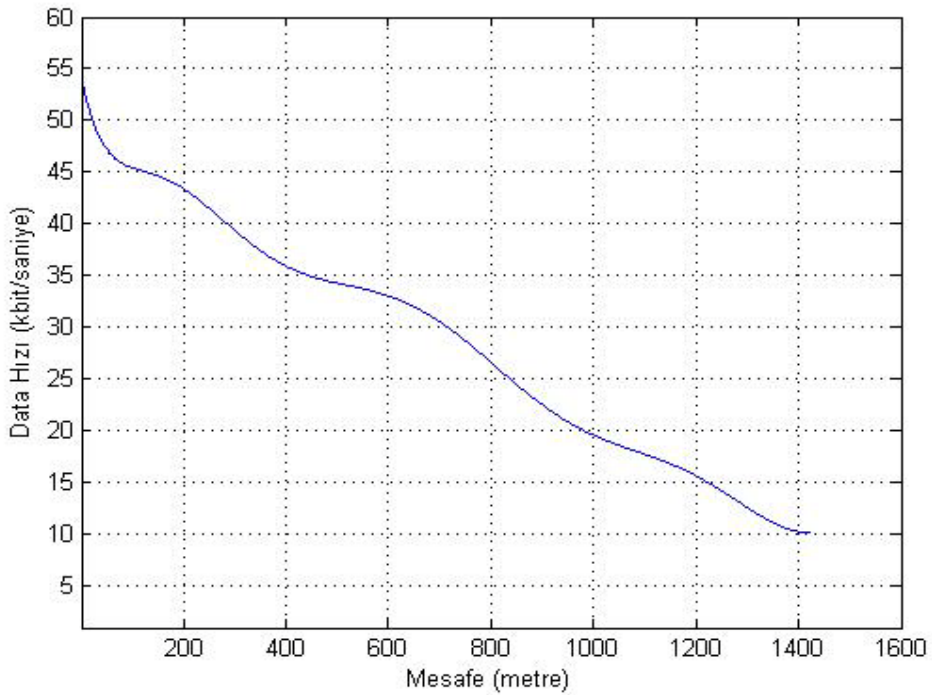
2006 yılının sonunda televizyon danışmanları dünya çapında yaklaşık 4.8 milyon IPTV servisi kullanan müşteri olacağını tahmin etmişlerdi ve IPTV kullanıcı sayısı bu tahminin biraz üzerinde çıkmıştı. 2007 yılından itibaren 2010 yılına kadar yapılan tahminlerde IPTV kullanıcı artışı göz önüne alınmış ve 2010 yılında kullanıcı rakamının 37.4 milyon olacağı öngörülmüştür.

Altyapı çalışmaları telekom operatörleri tarafında ilerlerken, kullanılmakta olan geleneksel IP sınırlı sayıdaki yetenekleri dolayısıyla son kullanıcının talep ettiği gerçek zamanlı video ve benzeri servisleri vermekte yetersiz kalmış, bu ihtiyaç dolayısıyla NGN'in (Yeni Nesil Ağ) geliştirilmesi ile birlikte IP'ye QoS (Servis Kalitesi) ve

güvenlik destekleri gibi yönetilebilir özelliklerin eklenmesi ihtiyacı doğduğu anlaşılmıştır.

IPTV tarafından desteklenen en önemli gereksinim video akışları ve diğer veri servislerini içeren multimedya içeriğinin IP ortamından garantili teslimidir. Garantili teslim için birçok önemli ağ yapılandırılması ve var olan IP tabanlı ağlar üzerinden eşzamanlı çoklu kanal yayınına olanaklı kılacak bandgenişliği sağlanması ile servis desteği kapasitesinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmış bu amaçla çeşitli teknolojilerin kullanılmasına ihtiyaç duyulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hızlı veri taşımaları gerektiren bir servis olan IPTV için 2008 yılı içerisinde Türk Telekom İstanbul-Pendik ilçesinde gezici ekipler oluşturularak 80m.-1500m. mesafe aralığında 21 farklı noktada **HST-3000-VDSL-CUVDSL** (Acterna) ölçüm cihazı kullanılarak VDSL-2 hız testi yaptırmıştır. Test sonucunda VDSL teknolojisinin 33Mbps için 700m, 17Mbps için ise 1100m gibi bir maksimum mesafe değerine ulaşılmıştır. Ayrıca diğer mesafelerde de çalışma hızı Matlab programı vasıtasıyla yapılan çalışma sonrası tahmini değerlere ulaşılarak belirlenmiştir.



Şekil 4.2 VDSL Hız-Mesafe Eğrisi

Test verileri incelendiğinde, VDSL teknolojisinin hızını bu şekilde sınırlayan faktörün hali hazırda geleneksel telefon ve ADSL hizmeti için kullanılan bakır kabloların fazla miktarda ek yapılarak birleştirilmesi , nadiren de olsa farklı kesitlerdeki kabloların birbirlerine eklenmesi ve kullanılan bakır kabloların fiziksel yapısının uyumsuzluğu olduğu ortaya çıkarılmıştır.

xDSL teknolojisi ve bakır kablo altyapısının IPTV için günümüzde belirli bölgeler haricinde yüksek çözünürlüklü televizyon yayını veremeyeceği, büyük bir bölümde standart çözünürlükte TV yayınının son kullanıcıya ulaştırılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sebeple saha penetrasyonu açısından ve sağlıklı çalışabilirlik adına Fiber teknolojisinin geliştirilmesi ve Türkiyede de gerçek FTTx ile dağıtım yapılması adına kademeli olarak altyapı yenileme çalışmalarına başlanmıştır. Diğer genişbantlı teknolojiler ise HSDPA, 3G Mobil, WIMAX ve DMB gibi TV dağıtımını destekleyen mobil ve kablosuz teknolojiler Türkiye için bu aşamada düşünülmemektedir.

İstek üzerine içerik (CoD) servisinin en büyük payına istek üzerine video servisi (VoD) sahip olacağı düşünülmekte ve sıradan televizyon yayınları kullanıcı etkileşimsiz olması sebebiyle yayıncı tarafından seçilen ve tüm kullanıcıların aynı programları izlediği bir sistem günümüzde kullanılmaktayken, IPTV kullanıcıları indirilebilir büyük bir VoD içerik sistemine sahip olacaklar ve bu sistem ile istedikleri içeriğe erişme imkanı kendilerine sunulacaktır. Ayrıca VoD servisinin kullanıcı açısından büyük bir yenilik olacağı ne kadar kesin ise, bu servisin hayata geçirilmesiyle kullanıcıların rastgele VoD taleplerinin büyük bandgenişliği gerektireceği ve servisin devamlılığını sağlamak için servis sağlayıcılarının da aynı ölçüde problemler ile karşılaşacağı da kesindir.

Tüm bu Bandgenişliği yetersizliğinin çözülebilmesi için IPTV haberleşme ağları üzerinden taşınacak video içeriğinin sıkıştırılarak yeniden kodlanması işlemine ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmış ve bu duruma yönelik altyapısal çalışmalar başlatılmıştır.

Sıkıştırma işleminin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Önemli avantajları

- Video dosyalarının saklanması için gereken sabit disk alanı düşürülmüş olacaktır.

- Sıkıştırılmamış video'nun işlenmesi yüksek bilgisayar gücü gerekmektedir ve sıkıştırma sonucunda gereken bu güç azalmış olur.
- Sıkıştırma sonucunda boyutu küçülen bir dosya ile orijinal video içeriği kıyaslandığında, sıkıştırılmış video'nun haberleşme ağı boyunca taşınması daha kısa sürmektedir.
- Düşük kapasiteli genişband ağlarının kullanılması söz konusu ise bir anda fazla kullanıcıya video taşınabilmesi için içeriğin sıkıştırılmış olması gerekmektedir.

Diğer taraftan sıkıştırmanın getirdiği dezavantajlar ise şunlardır ;

- Sıkıştırma ve sıkıştırılmış paketlerin kullanıcı tarafında açılması işlemi zaman aldığı için gecikmeler meydana gelmektedir.
- Sıkıştırılan işaretin belirli bir bölümü alınarak geri kalan kısmı gözardı edildiği için resim kalitesinde düşüş meydana gelmektedir.
- Bununla birlikte gelen işaretin bir sıkıştırma formatından diğer bir sıkıştırma formatına çevrilme işlemi gerekli olacağı için işaretin kalitesinde azalma meydana gelecektir.

Bu sonuçlar göz önüne alınarak yayın mimarisinde bir değişikliğe gidilmesine karar verilmiştir. Çok noktaya yayın ile trafik belirli bölgelerde hapsedilecek ve bu bölgelerde bulunan cihazlardan kopyalanarak son kullanıcıya ulaştırılacaktır. Böylece trafiğin ağ üzerinde yoğunlaşmasının önüne geçileceği sonucuna ulaşılmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiyede ilk defa son kullanıcıya açılacak olan IPTV servisi açıklanmış ve getirdiği yenilikler ile dünyada kullanıcı sayısının yıllara göre artışı incelenmiştir.

Halen kullandığımız DSL ve telefon hizmetinin son kullanıcıya ulaştırılmasında alt yapı sağlayıcı olan Türk Telekomünikasyon A.Ş. yardımıyla farklı bölgelere ait çeşitli lokasyonlarda yapılan test ve alınan veriler ışığında bakır şebeke ile verilecek IPTV servisi için düşünülen VDSL-2 DSL Teknolojisi arasındaki adaptasyon ve optimizasyona yönelik çalışmalara değinilmiştir.

IPTV verisinin şimdilik var olan DSL teknolojisi ADSL2+ veya Türkiye için yeni bir teknoloji olan VDSL üzerinden son kullanıcıya ulaştırılmasına , ilerde FTTH (Fiber to the Home) , FTTA (Fiber to the Apartment) gibi farklı FTTX yapıya sahip PON (Passive Optical Networks) altyapının kullanılması gerekliliği bilgisi Türk Telekomünikasyon A.Ş. ile görüşülerek doğrulanmıştır.

Ayrıca İçerik sağlayıcıdan alınacak video ve görüntü içeriğinin oluşturulan IPTV Headend (IPTV Data Merkezi) içerisinde MPEG-4 sıkıştırma algoritması ile yeniden kodlanarak taşınması sağlanarak, IPTV verisinin taşınacağı içerik taşıma mimarisi incelenmiştir. Bununla beraber optik kablo sonlandırma ekipmanlarından kurulu fiber altyapı üzerinde yeni bir omurga sistemi oluşturularak ekipmanların uygun şekilde konfigüre edilmesi ile son kullanıcıya sağlanacak olan; izlenen içerikte zaman öteleme, geri sarma, istek üzerine içerik (CoD) gibi yeni deneyimler ve CoD gerçekleşmesi için oluşturulan içerik dağıtım mimarisi ve çok noktaya yayın grupları tanıtılmıştır.

Türk Telekomünikasyon A.Ş. tarafından başlatılan IPTV test yayınına birebir katılarak yapılan yayın ve yayın kalitesi incelenmiştir. IPTV servisinin tanıtımının Ekim 2009 içerisinde yapılması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. O'DRISCOLL GERARD, 2007, *Next Generation IPTV Services and Technologies*, Wiley, USA, ISBN 978-0-470-16372-6
2. LEE Chae-Sub, 21-21 Mayıs 2007, IPTV over Next Generation Networks , *Broadband Convergence Networks, 2007.BcN'07. 2nd IEEE/IFIB International Workshop on*, 2007, Genava. 1-18
3. HJELM JOHAN, 2008, *Why IPTV?*, Wiley, Singapore, ISBN: 978-0-470-99805-2
4. HELD GILBERT, 2007, *Understanding IPTV*, Auerbach Publications, USA , ISBN: 10: 0-8493-7415-4
5. *Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) technical documents*, www.atis.org [Ziyaret Tarihi: 2008]
6. *Internet Streaming Media Alliance technical documents*, www.isma.tv [Ziyaret Tarihi: 2008]
7. *DSL Forum technical reports*, www.dslforum.org [Ziyaret Tarihi: 2008]
8. *Cisco IPTV implementation guides and manuals*, www.cisco.com [Ziyaret Tarihi: 2008]
9. HAN Sunan, LISLE Sam, and NEHIB Greg, Şubat 2008, IPTV Transport Architecture, *IEEE Communications Magazine*, 16 (7), 70-77.
10. *Juniper Networks white papers*, www.juniper.net [Ziyaret Tarihi: 2008]
11. *WIMAX Forum technical documents*, www.wimaxforum.org [Ziyaret Tarihi: 2008]
12. IANO Yuzo, and MAGRI Marcus Pereira, 6-7 Haziran 2007, How to Architect an IPTV System, *Image Analysis for Multimedia Interactive Services, 2007. WIAMIS '07. Eighth International Workshop on, Haziran 2007, Santorini*, 53-53.
13. SIMPSON WES, 2008, *Video over IP*, Focal Press, USA, ISBN: 978-0-240-81084-3

14. XIAO Yang, DU Xiaojiang, ZHANG Jingyuan, HU Fei, GUIZANI Sghaier, Kasim 2007, Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next Generation Internet, *IEEE Communications Magazine*, 45(11) 126-134.


```
z=[80 120 160 200 260 320 400 450 500 570 610 680 710 780 880 960 1050 1100 1180  
1290 1500];  
p=polyfit(z,ortdeg,9);
```

```
%Uydurulan Eğrinin Grafiğinin Oluşturulması..
```

```
plot(polyval(p,[80:1:1500]))  
axis ([1,1600,1,60])  
xlabel('Mesafe (metre)')  
ylabel('Data Hızı (kbit/saniye)')  
grid on;
```

ÖZGEÇMİŞ

Murat PINARBAŞI 1983 yılında İstanbulda doğdu. İlk öğrenimini İstanbul Yavuz Selim İlköğretim Okulunda, orta öğrenimini İstanbul Süleyman Demirel Lisesinde ve İstanbul Pendik Lisesinde sırasıyla 1994 , 1997, 2001 yıllarında mezun olarak tamamladı. 2001 yılında Sakarya Üniversitesinde Lisans öğrenimine başladı ve 2006 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimini tamamladı. 2006-2007 akademik yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2007 yılı ortalarında Türk Telekomünikasyon A.Ş. de çalışma hayatına başladı ve halen görevini Pendik Telekom Müdürlüğü ADSL işletme Amirliğinde sürdürmektedir.