

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

**IPTV Sistemlerde Servis Kalitesi ve Deneyim Kalitesi (QoS/QoE)**  
**Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi ve İyileştirilmesi**

**Sibel MALKOŞ**  
**Doktora Tezi**  
**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç. Dr. Erdem UÇAR**  
**EDİRNE 2013**

**IPTV SİSTEMLERDE SERVİS KALİTESİ ve DENEYİM KALİTESİ (QoS/QoE)  
KONTROL YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ ve  
İYİLEŞTİRİLMESİ**

**SİBEL MALKOŞ**

**DOKTORA TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2013**

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. M.Tolga SAKALLI  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca (tarafımızca) okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erdem UÇAR  
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında bir Doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

İmza

Prof. Dr. A. Coşkun SÖNMEZ

Doç. Dr. Erdem UÇAR

Doç. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN

Yrd. Doç. Dr. Rafet AKDENİZ

Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT

Tarih: 01/03/2013

**T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI**  
**DOĞRULUK BEYANI**

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

01/ 03 / 2013  
Sibel MALKOŞ

**Doktora Tezi**  
**IPTV Sistemlerde Servis Kalitesi ve Deneyim Kalitesi (QoS/QoE)**  
**Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi ve İyileştirilmesi**  
**T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ÖZET**

Bu tez çalışmasında, çoklu ortam servislerinin genişbant ağ üzerinden internet protokolü kullanılarak dağıtıldığı sistemler olan IPTV (İnternet Protokollü Televizyon Sistemleri) sistemlerde servis kalitesi ve deneyim kalitesini etkileyen kontrol yöntemleri çeşitli yaklaşımlar ışığında ele alınmıştır.

Son yıllarda internet protokolünün yaygınlaşması ve internet erişim hızlarında görülen artış ile geleneksel telekomünikasyon sistemleri aracılığı ile sunulması daha önce mümkün olmayan pek çok servisin kullanıcılara uygun fiyat ile sunulması mümkün hale gelmiştir. Veri iletim hızındaki artış ile birlikte görüntü sıkıştırma ve gönderme algoritmalarındaki yenilikler ile canlı yayınların internet üzerinden izlenmesini sağlayan IP tabanlı televizyonlar önümüzdeki yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanacaktır. IPTV, televizyon kanallarına internete bağlanarak erişilebilen, ileri teknolojiye sahip, güvenliğe, servis kalitesine ve tüketici tarafından algılanan deneyim kalitesine önem veren bir sistemdir. IPTV kullanımının yaygınlaşması ile bu sistemlerde servis ve deneyim kalitesi de önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu tez, IPTV sistemlerde deneyim kalitesini belirleyen kontrol yöntemlerinden biri olan kanal zaplama sürelerini iyileştirmek için yeni bir yaklaşım sunar. IPTV sistemlerde canlı televizyon yayınları çoklu gönderim dağıtım tekniği kullanılarak son kullanıcıya dağıtılmaktadır. Bantgenişliği gereksinimi nedeniyle geleneksel dağıtım sistemlerinde olduğu gibi tüm kanallar aynı anda son kullanıcıya gönderilmez. Kullanıcı, kendisinde olmayan bir kanalı izlemek için seçtiğinde IPTV servis merkezine IGMP mesajı gönderir. Bu mesajın işlenip yeni kanala bağlanması sırasında geçen zamanın uzun olması deneyim kalitesini (QoE) azaltır. Bu nedenle, kanal zaplama süresinin minimum seviyede tutulması istenir. Bu çalışmada, kanal zaplama süresini

azaltmak için istenen kanalı izleyen sistemdeki diğerkullanıcı ile kullanıcıdan kullanıcıya (peer-to-peer) iletişim kurularak veri akışı başlatılacaktır. Böylece, IGMP mesajlaşma işlemi için geçen zamanın ortadan kalkarak kanal zaplama süresi azalmış ve dolayısı ile deneyim kalitesi iyileştirilmiş olacaktır. Önerilen yaklaşım OPNET ağ benzetim programı kullanılarak tasarlanmış olan çoklu gönderim IPTV modeli üzerinde uygulanmış ve kanal zaplama sürelerindeki iyileşmeyi gösteren başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

**Yıl** : 2013

**Sayfa Sayısı** : 128

**Anahtar Kelimeler** : IPTV, deneyim kalitesi, p2p iletişim, kanal zaplama süresi.

**Doctorate Thesis**  
**Analysis and Improving QoS/QoE Control**  
**Mechanisms in IPTV Systems**  
**Trakya University Institute of Natural Sciences**  
**Department of Computer Engineering**

**ABSTRACT**

In this study, the control mechanisms affecting quality of service and quality of experience in IPTV systems that the multimedia services are distributed over a broadband network using internet protocol are addressed in the light of various approaches.

In recent years, the services that couldn't be previously possible via telecommunication systems could be possible to provide for a fair price the spread of using of internet protocol and the increase in the speed of internet access. By developments in image compression algorithms and in the increase of data transmission rates, IP-based televisions that allows watching live broadcast channels over the internet will be widely used in the coming years. IPTV is a system with advanced technology that the television channels can be accessed by connecting to internet and cares about security, quality of service and quality of experience perceived by the end-user. As a result of the widespread using of IPTV, quality of service and quality of experience in these systems appear the important parameters.

This thesis presents a new approach to improve the channel zapping times that are the most significant parameter determined the quality of experience in multicast IPTV systems. The live broadcast channels are distributed to end-users by using multicast technique. Due to the need of bandwidth, all channels are not distributed to IPTV users at the same time as well as traditional broadcasting systems. An IGMP message is sent to IPTV head-end center when user selects a new channel to watch. The long zapping time that needs to process this message will decrease the quality of experience. Therefore, the channel zapping time should be kept in the minimum. In this study, peer-to-peer communication will be constructed with the other user watching the requested

channel in the system to decrease the channel zapping time. Thus, the elapsed time during IGMP messaging will be removed and the channel zapping time will be decreased and so hence the quality of experience will be improved. The proposed approach was carried out on the multicast IPTV topology designed by using OPNET Modeler network simulator program and the successful results have been obtained showing the improvement in the channel zapping times.

**Year** : 2013

**Number of Pages** : 128

**Keywords** : IPTV, quality-of-experience, p2p communication, channel zapping time.



## **TEŐEKKÖR**

Bu tez alıőması sırasında her tűrlű katkıyı sağlayan ve sonsuz enerjisi ile beni destekleyen danıőman hocam Sayın Do. Dr. Erdem UAR'a ve ok değerli katkılarından dolayı sayın hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Rafet AKDENİZ'e sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
KISALTMALAR .....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
TABLO LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1    Internet Protokollü TV Sistemleri .....	1
1.2    Konu .....	3
1.3    Amaç .....	3
1.4    Kapsam.....	3
BÖLÜM 2 .....	5
IPTV SİSTEM TASARIM MİMARİSİ.....	5
2.1    Üst Seviye Ağ Mimarisi .....	5
2.1.1    İçerik Sağlayıcı .....	6
2.1.2    Servis Sağlayıcı.....	6
2.1.3    İletim Ağı.....	7
2.1.4    Kullanıcı Cihazları Katmanı .....	9
2.2    IPTV Donanım ve Yazılım Tasarım Mimarisi.....	9
2.2.1    IPTV Donanım Tasarım Mimarisi.....	10
2.2.1.1    Donanım Tasarım Blokları.....	10
2.2.2    IPTV Yazılım Tasarım Mimarisi.....	16
2.2.2.1    Yazılım Tasarım Katmanları .....	16
BÖLÜM 3 .....	22
SERVİS KALİTESİ ve DENEYİM KALİTESİ.....	22
3.1    Servis Kalitesi (QoS).....	22
3.1.1    Servis Kalitesini Etkileyen Parametreler .....	23
3.2    Deneyim Kalitesi (QoE).....	24

3.2.1	Deneyim Kalitesini Etkileyen Ağ Parametreleri .....	24
3.3	IPTV Sistemlerde Deneyim Kalite Metrikleri.....	25
3.3.1	MOS (Mean Opinion Score) Skoru .....	27
3.3.2	Ses ve Görüntü Deneyim Kalite Metrikleri .....	28
3.3.2.1	Medyanın Kodlanması .....	28
3.3.2.2	Ağ İletimi .....	30
3.3.2.3	Ağ Katmanı .....	30
3.3.3	Yazı ve Grafik Bileşeni Deneyim Kalite Metrikleri.....	36
3.3.3.1	Yazı Bileşeni Deneyim Kalitesi .....	36
3.3.3.2	Grafik Bileşeni Deneyim Kalitesi .....	38
3.3.4	Kontrol Fonksiyonları Deneyim Kalitesi.....	38
3.3.4.1	Kanal Zaplama .....	39
3.3.5	İzle/Öde Servisleri Deneyim Kalite Metrikleri.....	40
3.3.6	Metadata Deneyim Kalite Metrikleri.....	41
3.3.7	Elektronik Program Rehberi Deneyim Kalitesi .....	44
3.3.8	Tarama Motoru Deneyim Kalitesi .....	47
3.3.9	Navigasyon Fonksiyonları Deneyim Kalitesi .....	54
3.3.10	Ödeme Sistemleri Deneyim Kalite Metrikleri .....	55
BÖLÜM 4	.....	56
IPTV ÇOKLU GÖNDERİM MİMARİSİ ve KANAL ZAPLAMA	.....	56
4.1	IPTV Dağıtım Mimarisi .....	57
4.1.1	Tekli Gönderim.....	57
4.1.2	Çoklu Gönderim .....	57
4.2	Çoklu Gönderim Ağ Mimarisi .....	59
4.2.1	IGMP Cihazları.....	60
4.2.2	Çoklu Gönderim Grup Teorisi ve Adresleme.....	61
4.2.3	IGMP Protokolü.....	63
4.2.3.1	IGMPv1 .....	63
4.2.3.2	IGMPv2 .....	64
4.2.3.3	IGMPv3 .....	65
4.3	IPv6 Ağlarda Çoklu Gönderim.....	67
4.4	IPTV Çoklu Gönderim Sistemlerde Kanal Zaplama.....	68

4.4.1 Kanal Zaplama İşlemi.....	69
4.4.2 Zaplama Süresini Etkileyen Alt Sistemler.....	71
4.4.3 Zaplama Süresini Etkileyen Faktörler .....	74
4.5 Kanal Zaplama Süreleri İle İlgili Çalışmalar .....	75
4.5.1 Zaplama Süresini Hızlandırmak için Kullanılan Yöntemler .....	76
4.5.2 Zaplama Süresini İyileştirmek için Önerilen Yaklaşımlar .....	79
BÖLÜM 5 .....	81
KANAL BAZLI EŞ SEÇME YAKLAŞIMI İLE ZAPLAMA SÜRESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ .....	81
5.1 Sistem Tanımı.....	81
5.2 Algoritma.....	83
5.3 Simülasyon Programı .....	85
5.4 Önerilen Algoritmanın OPNET Ağ Modeli .....	87
5.5 Simülasyon Sonuçları.....	88
BÖLÜM 6 .....	97
SONUÇLAR ve TARTIŞMA .....	97
ÖZGEÇMİŞ .....	110
TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	111

## KISALTMALAR

<b>AJAX</b>	: Asenkron javascript ve XML programlama tekniği
<b>API</b>	: Uygulama programlama arayüzü
<b>CMTS</b>	: Kablo modem sonlandırma sistemi
<b>CSS</b>	: Basamaklı biçim sayfaları tekniği
<b>DHT</b>	: Distributed hash tablosu
<b>DRAM</b>	: Dinamik rastgele erişimli bellek
<b>DRM</b>	: Sayısal haklar yönetimi
<b>DSLAM</b>	: Sayısal abone hattı erişim çoklayıcısı
<b>DVR</b>	: Sayısal yayın kaydı
<b>EEPROM</b>	: Elektriksel olarak silinip programlanabilen salt okunur bellek
<b>EPG</b>	: Elektronik program rehberi
<b>ETSI</b>	: Avrupa telekomünikasyon standartlar komitesi
<b>FEC</b>	: İleri hata doğrulama tekniği
<b>FHR</b>	: İlk yönlendirici
<b>GOP</b>	: Resimler grubu
<b>GWR</b>	: Anagiriş birimi yönlendiricisi
<b>HAL</b>	: Donanım kavramsal katmanı
<b>HDCP</b>	: Yüksek çözünürlüklü içerik koruma protokolü
<b>HDMI</b>	: Yüksek çözünürlüklü çokluortam arayüzü
<b>HDTV</b>	: Yüksek çözünürlüklü televizyon
<b>HG</b>	: Anagiriş birimi
<b>HTTP</b>	: Yüksek hızlı yazı transfer protokolü
<b>IANA</b>	: İnternet atanmış sayılar birimi
<b>IGMP</b>	: İnternet grup yönetim protokolü
<b>IPDR</b>	: İnternet protokolü detay kayıt grubu
<b>IPTV</b>	: İnternet protokollü televizyon
<b>ITU-T FG</b>	: Uluslararası telekomünikasyon standartlar grubu
<b>LAN</b>	: Yerel alan ağı
<b>LHR</b>	: Son yönlendirici
<b>MLD</b>	: Çoklu gönderim dinleyici birimi
<b>MOS</b>	: Ortalama görüş skoru
<b>MPEG</b>	: Hareketli görüntü uzmanları birliği

<b>NDVR</b>	: Ağ tabanlı sayısal kayıt cihazı
<b>NGN</b>	: Yeni nesil ağ
<b>NVRAM</b>	: Kalıcı bellek ünitesi
<b>P2P</b>	: Kullanıcıdan-kullanıcıya
<b>PDV</b>	: Paket gecikme varyasyonu
<b>PER</b>	: Paket hata oranı
<b>PID</b>	: Paket tanımlayıcı
<b>PIM</b>	: Protokol bağımsız çoklu gönderim mesajı
<b>PLR</b>	: Paket kayıp oranı
<b>PPV</b>	: İzle/öde servisleri
<b>PTD</b>	: Paket transfer gecikmesi
<b>QoS</b>	: Servis kalitesi
<b>QoE</b>	: Deneyim kalitesi
<b>RAM</b>	: Yazılıp okunabilir rastgele erişimli bellek ünitesi
<b>ROM</b>	: Salt okunur bellek ünitesi
<b>RTOS</b>	: Gerçek zamanlı işletim sistemi
<b>RTSP</b>	: Gerçek zamanlı akış protokolü
<b>SPDIF</b>	: Sayısal ses çıkış birimi
<b>SSM</b>	: Kaynak bağımlı çoklu gönderim mesajı
<b>UDP</b>	: Kullanıcı veribloğu iletişim protokolü
<b>VLAN</b>	: Sanal yerel alan ağı
<b>VOIP</b>	: İnternet protokolü üzerinde ses gönderim teknolojisi
<b>XML</b>	: Genişletilebilir işaretleme dili
<b>VOD</b>	: İsteğe bağlı yayın
<b>W3C</b>	: Dünya çapında ağ birliği
<b>WAN</b>	: Geniş alan ağı
<b>WiFi</b>	: Kablosuz bağlantı alanı

## ŞEKİL LİSTESİ

2.1	IPTV üst seviye sistem mimarisi.....	5
2.2	İnternet protokollü TV arakatman mimarisi.....	7
2.3	IPTV sistemi üzerindeki tekli gönderim trafiği.....	8
2.4	IPTV sistemi üzerinde çoklu gönderim trafiği.....	9
2.5	IPTV referans tasarım blok diyagramı.....	10
2.6	TS ayrıştırıcı bileşeni tasarım bloğu.....	13
2.7	IPTV donanım tasarım blok diyagramı.....	16
2.8	IPTV yazılım tasarım katmanları.....	17
2.9	IPTV yazılım tasarım bileşenleri.....	17
2.10	IPTV sistemlerde yazılım süreci akış diyagramı.....	18
3.1	IPTV deneyim kalitesini belirleyen faktörler.....	26
3.2	Kanal zaplama işlemi sırasında gerçekleşen işlemler ve gecikmeler.....	39
3.3	Metadata bileşenleri.....	42
3.4	TV-Anytime metadata veri modu.....	43
3.5	IP genişbant şebekesine bağlı IPTV cihazına EPG gönderim işlemi.....	46
3.6	IPTV tarama motoru sistemi.....	48
3.7	IPTV cihazları tarafından desteklenen tarama motoru formatları.....	51
4.1	Çoklu gönderim tekniğinde kullanılan IP bağlantıları.....	58
4.2	Kanal değiştirme işlemi sırasında gerçekleşen adımlar.....	71
4.3	Kanal zaplama işlemi etkileyen işlemler.....	71
5.1	Önerilen model.....	83
5.2	Önerilen algoritmanın akış diyagramı.....	85
5.3	Opnet işlem akışı.....	86
5.4	Opnet simülasyon ağ modeli.....	87
5.5	Opnet ağ modelinde tanımlanan IP çoklu gönderim grup adresleri.....	88
5.6	En uygun kullanıcı (peer-partner) seçimi.....	89
5.7	Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (beş dakika).....	91
5.8	Opnet ağ modeli simülasyon süreci (on dakika).....	92
5.9	Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (on dakika).....	92
5.10	Opnet ağ modeli simülasyon süreci (bir saat).....	93
5.11	Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (bir saat).....	93

5.12 İki farklı senaryonun çalıştırıldığı simülasyon ekranı.....	94
5.13 Opnet ağ modeli simülasyon ekranı.....	94
5.14 Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (bir gün).....	95
5.15 Opnet ağ modeli-2.....	96
5.16 Düğüm 3-9 ve düğüm 3-12 arasında çoklu gönderim veri paylaşım süreleri.....	96



## TABLO LİSTESİ

2.1	IPTV gerçek zamanlı işletim sistemi yazılım bileşenleri.....	18
3.1	MOS skor tablosu.....	27
3.2	Öznel kalite metrikleri.....	31
3.3	Görüntü veri akışı tanımı.....	31
3.4	Görüntü veri akışı metrikleri.....	31
3.5	Paket kaybı metrikleri.....	32
3.6	FEC metrikleri.....	33
3.7	UDP metrikleri.....	33
3.8	Jitter ve gecikme metrikleri.....	33
3.9	MPEG2 kodlanmış SDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri....	34
3.10	MPEG4 kodlanmış SDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri....	35
3.11	MPEG2 kodlanmış HDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri...35	
3.12	MPEG4 kodlanmış HDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri...36	
3.13	Yazı bileşeni QoE parametreleri.....	37
4.1	IP çoklu gönderim adres aralıkları ve uygulamaları.....	62
4.2	IGMP protokolü sürümleri karşılaştırma tablosu.....	67
4.3	Kanal zaplama süresini etkileyen parametreler.....	75
6.1	Simülasyonlar sonucu elde edilen istatistiksel değerler.....	99
6.2	Kullanıcı seçimine göre elde edilen kanal zaplama süreleri.....	100

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

### 1.1 İnternet Protokollü TV Sistemleri

IPTV, IP ağları üzerinden görüntü, ses ve çoklu ortam verisinin taşınabildiği televizyon teknolojisidir [1]. İnternet Protokollü TV ya da genişbant TV olarak da adlandırılan IPTV, geniş bant ağı üzerinden yüksek kaliteli TV yayınlarının ve/veya banttan yayın olarak da adlandırılan paralı yayınların güvenilir bir şekilde dağıtılması olarak tanımlanır.

IPTV standartları üzerinde çalışmalar yapan uluslararası telekomünikasyon grubu tarafından yapılan IPTV sistemlerin resmi tanımı aşağıdaki gibidir:

*“IPTV sistemler, belirli bir servis ve deneyim kalitesi (QoS/QoE), güvenlik, çift yönlü etkileşim ve güvenilirlik şartlarını sağlayacak şekilde IP ağlar üzerinden televizyon yayını, ses, görüntü, teleteks, grafik, veri vb. gibi çoklu ortam servislerinin dağıtımına olanak sağlayan sistemlerdir”* [2].

IPTV, farklı tipteki tüm servisleri aynı anda kullanıcıya sunma kabiliyetine sahiptir. IPTV cihazındaki yazılım tasarımına bağlı olarak mozaik özelliği ile aynı anda ekranda en az beş farklı kanalı kullanıcıya sunarken, gelen SMS mesajlarını, elektronik postaları ve arayan bilgisini ekranda kullanıcının önceden tanımlamış olduğu bölgede gösterebilir. Bunların yanı sıra, isteğe göre yüklenebilen filmler, kullanıcı ile iletişim ve sınırsız sayıda yüksek çözünürlüklü kanallarda eklendiğinde diğer televizyon sistemleri ile karşılaştırıldığında IPTV teknolojisi kullanıcılara gelişime açık sınırsız sayıda özellik sağlar.

İnternet protokollü televizyon teknolojisinin kullanıcıya getirdiği özellikler kısaca aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

**Etkileşim:** IPTV sistemlerdeki çift yönlü erişim kabiliyeti, servis sağlayıcılara etkileşimli TV uygulamaları tasarlama olanağını sunar. Yayıncı tarafından sunulan bir IPTV servisi, standart ya da yüksek çözünürlüklü formatta canlı televizyon yayını, banttan yayın, etkileşimli oyunlar ve yüksek hızlı internet tarayıcıdan oluşmaktadır.

**Zamanda Aktarma Özelliği:** Sayısal görüntü kayıt özelliği olan IPTV modelleri, zamanda aktarma özelliğini yani yayınlanan servisin daha sonra seyredilmek üzere kayıt edilmesi ve saklanması özelliğini desteklemektedir [3].

**Kişiyeye Özel:** Çift yönlü iletişim olanağı sunan IPTV sistemi kullanıcılara kendilerine özgü TV izleme alışkanlıklarını belirleme olanağı sunar. Kullanıcı, bu özellik sayesinde neyi ve ne zaman seyretmek istediğine kendisi karar verir.

**Düşük Bantgenişliği Gereksinimi:** IPTV teknolojisinde, diğer TV yayıncılık sistemlerinde kullanıldığı gibi son kullanıcıya tüm kanalları göndermek yerine sadece kullanıcının seçmiş olduğu kanallara ait veri akışları gönderilir. Bu özellik ağ operatörlerine kendi ağları üzerinde bant genişliğini koruma olanağı ve daha az bant genişliği ihtiyacı sağlamaktadır.

**Çoklu Cihazlara Erişim:** IPTV programlarını seyretmek sadece televizyonlar ile sınırlı değildir. Kullanıcılar, IPTV servislere kişisel PC ve mobil cihazlarından da erişebilmektedir.

**Kapalı ve Güvenilir Sistem Garantisi:** IPTV, karasal yayıncılık ya da internet hizmeti gibi kamusal alana iletim yapılan bir sistem değildir [4]. Bu nedenle, kullanıcıların sisteme önceden tanıtılması ve iletişimin güvenilir bir ortamda sağlanması gerekmektedir.

## 1.2 Konu

IPTV, televizyon yayınlarının kablo, uydu veya havadan hedef kitleye iletimi yerine internet genişbant altyapısı kullanılarak gerçekleştirilen bir sistemdir [5]. Bu sistemde yayın özel yönetilen bir ağ üzerinden yapılır. Etkileşimli ve kapalı bir sistem olması nedeniyle güvenli, güvenilir, kaliteli bir sistem olmasını dolayısı ile servis ve deneyim kalitesi garantisi gerektirir. İnternet tabanlı ağlar yayıncılık amacıyla tasarlanmadığı için gerekli servis ve deneyim kalitesini sağlayabilmek için ek kontrol mekanizmalarının geliştirilmelidir. İP tabanlı genişbant ağları, veri iletim ortamlarının ötesine geçirip yayın iletim ortamına dönüştüren bu mekanizmalardır. Bu çalışmada hedeflenen IPTV sistemlerde servis ve deneyim kalitesini etkileyen parametreleri inceleyip, bunların içinde kullanıcıyı doğrudan etkileyen önemli bir faktör olan kanal zaplama sürelerini iyileştiren bir algoritma geliştirmektir.

## 1.3 Amaç

Bu tezin ana amacı, IPTV sistemler için sağlanması gereken deneyim ve servis kalitesini belirleyen metrikleri araştırıp, kaliteyi doğrudan etkileyen kontrol parametrelerinden biri olan kanal zaplama sürelerini incelemek ve kanal zaplama sürelerini iyileştiren bir yaklaşım geliştirmektir. Çoklu gönderim IPTV ağ modeli tasarlayarak tez çalışmasında önerilen kanal bazlı eş seçme algoritmasının kanal zaplama süreleri üzerindeki etkisini tespit etmektir.

## 1.4 Kapsam

Tezin amacı doğrultusunda gerçekleştirilen çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Tez çalışmasının ikinci bölümünde internet protokollü tv sistem tasarım mimarisi, donanım ve yazılım katmanlarını oluşturan bileşenler ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.
2. Üçüncü bölümde IPTV sistemlerde servis ve deneyim kalitesini belirleyen metrikler araştırılarak kaliteyi etkileyen parametreler detaylıca açıklanmaktadır.
3. Dördüncü bölümde IPTV sistemlerde canlı yayınların dağıtımı için kullanılan çoklu gönderim mimarisi ve protokoller anlatılmaktadır. Çoklu gönderim iptv

sistemlerde kanal zaplama sürelerini etkileyen faktörler ile süreleri iyileştirmek için yapılan literatür çalışmaları ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

4. Beşinci bölümde tez çalışmasının literatüre katkı sağlayan kanal bazlı eş seçme yaklaşımı ayrıntılı olarak anlatılarak, önerilen algoritmanın kanal zaplama süreleri üzerindeki etkisini göstermek için tasarlanan çoklu gönderim ağ modeli ile simülasyonları yapılmakta ve simülasyon sonuçları verilmektedir.

5. Tez çalışmasının son bölümünde sonuçların karşılaştırmalı tartışması yapılmaktadır.

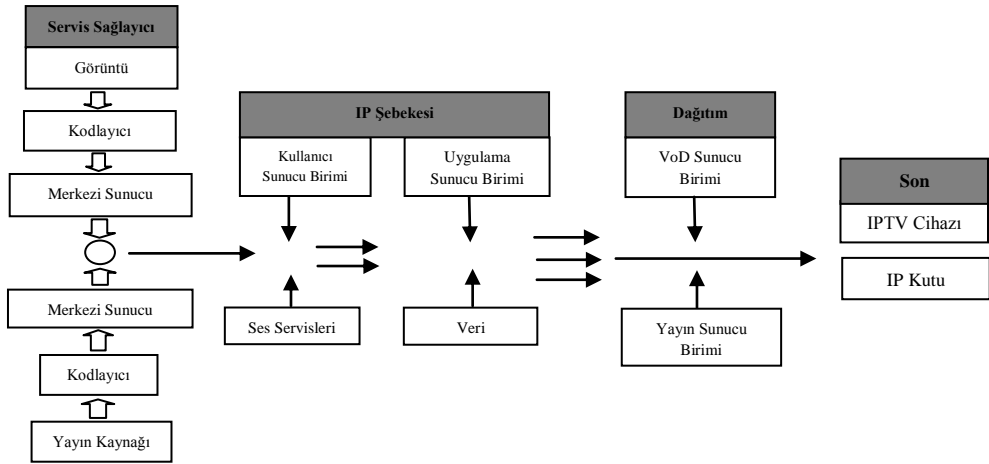
## BÖLÜM 2

### IPTV SİSTEM TASARIM MİMARİSİ

Bu bölümde kısaca IPTV olarak adlandırılan internet protokollü televizyon sistemlerine ilişkin teknik tanımlamalar, sistem özellikleri ve üst seviye sistem mimarisi anlatılmaktadır. IPTV donanım tasarım ve yazılım tasarım mimarileri detaylıca açıklanmaktadır.

#### 2.1 Üst Seviye Ağ Mimarisi

IPTV üst seviye ağ mimarisi, içerik sağlayıcı, servis sağlayıcı, şebeke sağlayıcı, kullanıcı katmanı olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır. Şekil 2.1’de üst seviye sistem mimarisi blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 2.1 IPTV üst seviye sistem mimarisi [6].

IPTV içerik sağlayıcılar tarafından özel stüdyolarda hazırlanmış olan içerik paketleri servis sağlayıcılarına gönderilir ve bu içerikler özel hatlar üzerinden kullanıcıya sunulmaktadır.

IPTV servis sağlayıcısı, içeriği hazırlamak, hazırlanan içeriği IP formatına çevirmek ve internet ağı üzerinden kullanıcıya göndermekten sorumludur. IPTV servis sağlayıcıları, kendi altyapılarına uygun olarak farklı servisler sunabilmektedir. Yaygın olarak sunulan servislerden bazıları, içerik yayını, paralı kanal ve oyunlardır. İçerik yayını, önceden belirlenmiş zaman slotunda yayınlanacak olan TV programlarıdır. Bu programlar, kullanıcıya çoklu gönderim yöntemi ile iletilmektedir. Paralı kanal ise kullanıcının talebine bağlı olarak satın alabileceği özel kanallardır. Bu kanalların iletilmesinde ise tekli gönderim iletişim protokolleri kullanılmaktadır.

IPTV ağ sağlayıcısı, dağıtım sisteminin yapısı, servis sağlayıcıdan kullanıcıya gönderilen bilginin durumu, güncellenmesi ve kontrolünden sorumludur. Kullanıcı katmanı, IPTV altyapısının son elemanıdır ve IPTV servis sağlayıcısı tarafından gönderilen içeriği izleyebilmek için IPTV uyumlu cihazı kullanmak zorundadır.

### **2.1.1 İçerik Sağlayıcı**

İçerik sağlayıcı katmanı, paralı yayın servislerinin yanı sıra yayıncı kuruluşlar tarafından yayınlanan haber, film, spor, eğlence, magazin gibi servislerin hazırlandığı katmandır [5]. Bu katman, IPTV sistemlerde kullanılacak olan yayın içeriğinin hazırlandığı katmandır.

### **2.1.2 Servis Sağlayıcı**

IPTV altyapısının merkez elemanı servis sağlayıcıdır. Yayın içeriğini hazırlamak, IP formatına çevirmek ve kullanıcı ile yapılan anlaşma çeşidine göre yayını kullanıcıya göndermekten sorumludur [7]. Servis sağlayıcı, kullanıcının taleplerini karşılamak zorundadır [8].

IPTV merkezi sistem olarakta adlandırılan servis sağlayıcı katmanı oluşturan bileşenler aşağıda gibi sıralanmaktadır:

- (i) Uydu, kablo ya da karasal alıcılar,
- (ii) İçerik yönetim sistemi ve görüntü dosyaları bölümü,

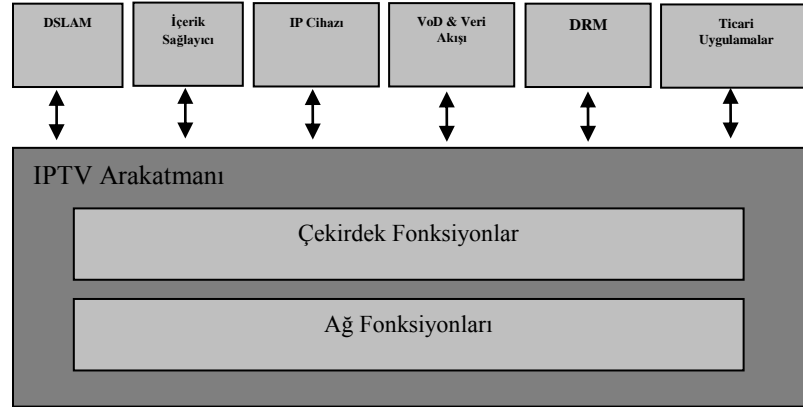
- (iii) Duraksız görüntü gönderme bölümü/oyun sunucusu,
- (iv) Ağ kaynaklarının kayıt altına alındığı bölüm,
- (v) Görüntü dosyalarının ön bellekten okunduğu bölüm,
- (vi) Arakatman sunucusu.

Servis sağlayıcı, kullanıcılar ile olan iletişimi arakatman sunucusu aracılığı ile gerçekleştirmektedir. Tüm IPTV uyumlu cihazlar, izlemek istedikleri yayını alabilmek için arakatman sunucu ile iletişime geçer. Şekil 2.2’de IPTV arakatman yazılım blokları gösterilmektedir.

İletişim, HTTP protokolü kullanılarak gerçekleşir. IPTV cihazındaki tarama motoru yazılımı, talepleri göndermek ve elektronik program rehberi bilgilerini cihaza yükleyebilmek için arakatman sunucu ile iletişime geçer. Arakatman sunucusu, sayısal abone hat erişim çoklayıcısı (DSLAM), içerik sunucuları, IPTV cihazları, isteğe bağlı yayın (VoD), duraksız içerik gönderimi ve DRM (dijital haklar yönetimi) sunucuları ile etkileşim halindedir [7].

### 2.1.3 İletim Ağı

İletim ağı, IPTV servis sağlayıcı ile kullanıcıları birbirine bağlayan altyapıdır [9]. Yayın merkezinden çıkan veri, ağ üzerinden uzak mesafeleri kat eder ve kullanıcılara daha yakın mesafelere kurulmuş çekirdek yapıya ulaşır. Çekirdek yapıdan kullanıcının evine kadar veriyi ulaştıran erişim ağları genellikle yüksek veri hızı sağlayan ağlardır.

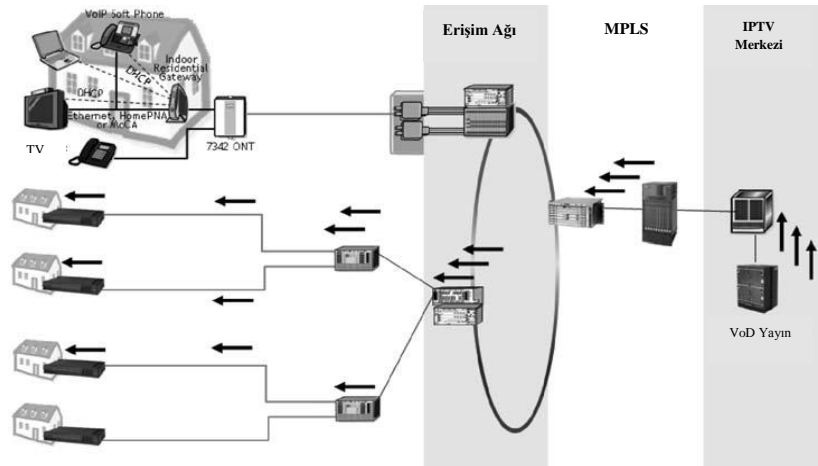


Şekil 2.2 İnternet protokollü TV arakatman mimarisi [7]

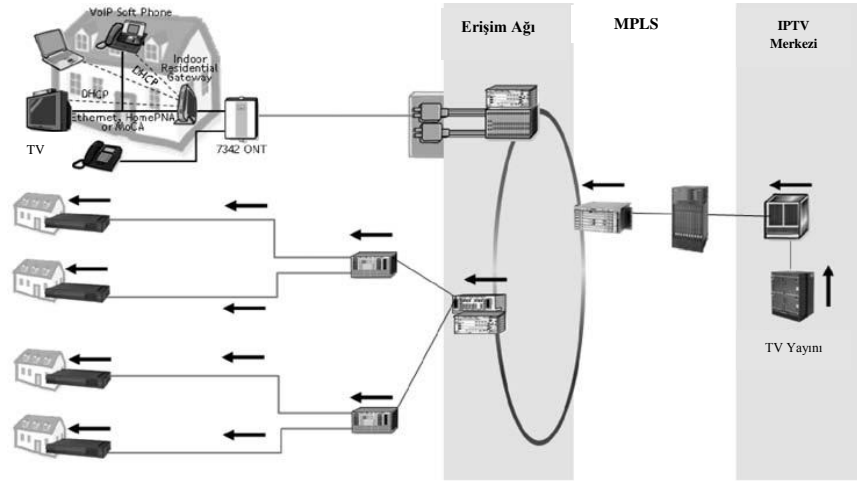


Servis sağlayıcı tarafından gönderilen içerik kullanıcının abonelik şartlarına göre tekli gönderim ya da çoklu gönderim olmak üzere iki farklı şekilde gönderilmektedir. Tekli gönderim yöntemi, isteğe bağlı paralı programlar için kullanılır. Çoklu gönderim trafiği ise belli bir gruba gönderilecek olan yayınların gönderilmesi durumunda kullanılır. Bu iki farklı protokol, IPTV altyapısında farklı güvenlik ve teknik özelliklere sahiptir. Tekli gönderim yöntemi, kullanıcı tarafından satın alınan isteğe bağlı program sunucusundan gönderilecek olan programların iletilmesinde kullanılır. Tekli gönderim trafiği, ağ üzerinde aşırı yüklenmelere sebep olacağından çoklu gruplarda kullanılması önerilmez. Şekil 2.3'te IPTV sisteminde kullanılan tekli gönderim yöntemi gösterilmektedir. Şekilde her bir ok farklı yayını göstermektedir.

Çoklu gönderim trafiği ise servis sağlayıcısı tarafından yayınlanan ve çoklu gruplara gönderilen programlar için kullanılır. Yayıncı tarafından gönderilen yayın özel anahtarlar ve yönlendiriciler aracılığı ile farklı cihazlara dağıtılır. Şekil 2.4'te çoklu gönderim dağıtım yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 2.3 IPTV sistemi üzerindeki tekli gönderim trafiği [7]



Şekil 2.4 IPTV sistemi üzerinde çoklu gönderim trafiği [7]

### 2.1.4 Kullanıcı Cihazları Katmanı

Kullanıcı cihazları, son kullanıcının evinde ya da işyerinde bulunan cihazlardır. Ağın sonlandığı bölümdür. Ağ sonlandırılması işlevlerinin yanısıra yönlendirici, set üstü kutu ya da ev içi ağ oluşturma gibi başka özellikler de taşıyabilirler. Kullanıcı cihazları katmanı, ağ sonlandırma cihazı, anagiriş sistemi ve alıcı cihazından oluşmaktadır [10]. IPTV trafiğinin kullanıcı tarafında sonlandığı birim IPTV alıcı cihazıdır. Bu cihaz, servis sağlayıcısına bağlanmak için gereklidir. Alıcı cihazın temel işlevleri, hizmet noktası ile bağlantı ve hizmet kalitesinin kurulması, kullanıcıdan gelen mesajların servis sağlayıcısına gönderilmesi, kodlanmış görüntünün çözülmesi, kanal değiştirilme işleminin sağlanması, program bilgilerinin gösterilmesi, navigasyon kontrolünün sağlanması, ekran kontrol işlemlerini sağlamaktır. Alıcı cihazın aynı zamanda istenmeyen yayın içeriklerini filtreleyebilme özelliğini desteklemesi gerekmektedir [2].

### 2.2 IPTV Donanım ve Yazılım Tasarım Mimarisi

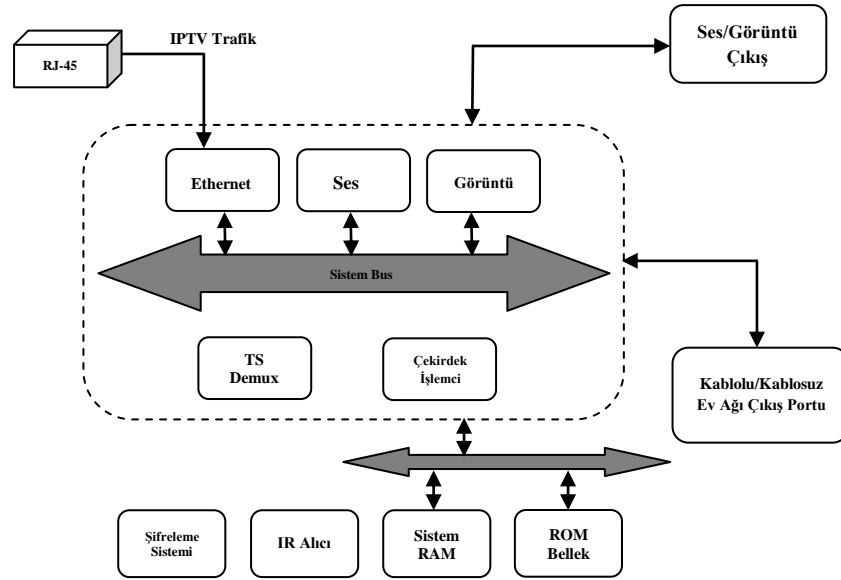
IP tabanlı alıcı cihazlarda diğer RF tabanlı alıcı cihazlarda olduğu gibi tünere bulunmaz. Bu cihazlar, servis sağlayıcısına ait merkezi sunucular ile sürekli olarak iletişim halindedir. Cihaz özelliklerinden bazıları aşağıda sıralanmaktadır.

- IP tabanlı ses ve görüntü sinyallerini senkronize olarak gösterebilmek,

- İleri ağ tabanlı etkileşimli servisleri desteklemek,
- Çoklu gönderim TV uygulamalarını alabilmek,
- Servisler üzerinde oluşabilecek bozulmaları düzeltbilme özelliğini desteklemek,
- Değiştirilebilir bir kullanıcı arayüz yazılımına sahip olmak.

### 2.2.1 IPTV Donanım Tasarım Mimarisi

Bu bölümde, IPTV uyumlu cihazların donanım tasarım mimarisi ele alınacaktır. Şekil 2.5'te IPTV referans tasarım blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 2.5 IPTV Referans Tasarım Blok Diyagramı [11]

#### 2.2.1.1 Donanım Tasarım Blokları

Tekli gönderim ve çoklu gönderim yayınları alabilme kapasitesindeki bir IPTV cihazı donanım mimari aşağıdaki donanım bloklarından oluşmaktadır.

##### Çekirdek İşlemci Bloğu:

IP tabanlı alıcı cihazlarda GHz'ler mertebesinde yüksek hızlı işlemciler kullanılır. Çekirdek işlemci, IP tabanlı cihazın donanım bloklarını çalıştırmak, IPTV paket akışlarını okumak, IP tabanlı cihazdaki gerçek zamanlı işletim sistemini çalıştırmak,

hafızaya veri yazmak ya da hafızadan veri okumak, donanım bileşenlerini görüntülemek, farklı servisleri çalıştırmak vb. fonksiyonları yerine getirir [11]. İleri IPTV uygulamalardaki gelişmeler, çoklu çekirdek işlemcilerin kullanılmasını gerektirmektedir.

IPTV işlemcisindeki fonksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [11]:

- IPTV donanım bileşenlerini ilişkilendirmek,
- IPTV paket akışlarını okumak,
- Belleğe veri yazmak ya da bellekten veri okumak,
- IPTV gerçek zamanlı işletim sistemini çalıştırmak,
- Donanım bileşenlerini izlemek,
- IPTV servislerini çalıştırabilmek.

İşlemciler farklı şekillerde, farklı pin yapısı, farklı mimarilerde ve farklı hızlarda olabilir. İleri seviyede IPTV (internet protokollü TV), HDTV (yüksek çözünürlüklü TV) ve VoD (isteğe bağlı) uygulamaları, tek çekirdekli işlemcilerde komut işleme gereksinimlerini önemli seviyede arttıracaktır. Bu problemi çözmek için IP üreticileri çok çekirdekli işlemciler üretmeye başlamıştır. Çok çekirdekli işlemciler de, iki ya da daha fazla sayıda birbirinden bağımsız işlemciler tek bir silikon yonga içinde birleştirilmektedir. Çok çekirdekli işlemciler, görev komutlarının işleme alınma hızının artmasını sağlar.

### **Bellek Bloğu:**

Diğer alıcı cihazlarda olduğu gibi IPTV cihazlarda da, televizyon sinyallerinin işlenebilmesi için görüntü RAM bellek, ilk açılıştaki bilgileri okumak için dinamik RAM bellek ve pin kodu gibi kişisel ayarların kaydedilmesi için de NVRAM (Non-Volatile Random Access Memory) bellek kullanılır. Etkileşimli IPTV uygulamalarını ve grafik uygulamalarını çalıştırmak içinde ilave RAM bellek üniteleri kullanılır. Bellek ünitesi, cihazdaki diğer uygulamaların da eş zamanlı olarak çalışmasını sağlar. IPTV cihazlarında kullanılan bellek üniteleri temel olarak RAM ve ROM bellekler olmak üzere ikiye ayrılır. RAM bellekler, ana işlemci ile diğer donanım bileşenleri arasındaki

veriyi geçici olarak kaydetmek için kullanılır. RAM bellekler, görüntü işleme RAM belleği, dinamik RAM (DRAM) ve NVRAM olmak üzere çeşitlere ayrılır.

Görüntü RAM bellek ünitesi, televizyondaki görüntü sinyallerini işlemek için kullanılır [11]. Dinamik RAM bellek üniteleri, cihazı ilk açıldığında kullanılacak olan verilerin saklandığı bellek üniteleridir. Ana işlemci, yazılımı DRAM bellek üniteleri üzerinden çalıştırır. NVRAM bellek üniteleri ise PIN sayısı, son seyredilen kanal bilgileri, kullanıcının menüde seçmiş olduğu tercihler, favori kanalları gibi bilgilerin kaydedildiği bellek üniteleridir. ROM bellek üniteleri, üzerine bir kez yazılabilen salt okunur bellek üniteleridir. IPTV cihazındaki ağ ayarları, işletim sistemi ve diğer önemli bilgilerin saklandığı bellek üniteleridir. IPTV cihazlarının çoğunda ROM bellek teknolojisi tabanlı EEPROM (elektriksel olarak silinip programlanabilen salt okunur bellek ünitesi) bellek üniteleri kullanılmaktadır.

### **RF Sinyalini İşleme Bloğu:**

Kablolu, uydu ya da karasal modülasyon tipini destekleyen melez IPTV cihazlarda, yayıncı ile cihaz arasındaki çift yönlü iletişimi destekleyen ve modüle edilmiş olan RF sinyalinin alınıp demodüle edildiği donanım modülüdür. RF sinyalini işleme bloğunu oluşturan iki temel bileşen silikon tüneler ve demodulator yongasıdır. Silikon tüneler, gerek performans ve kalite açısından gerekse maliyet açısından diğer tünelere göre çok daha uygundur. Özellikle yüksek frekanslarda frekansa kilitlenmede daha başarılı olduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır.

Melez IPTV cihazlarında kullanılan demodulator yongası, kablo, uydu ve karasal modülasyon algoritmalarını destekleyecek şekilde tasarlanmaktadır. Modüle edilmiş sinyalin alıcı cihaz tarafında bilgi işaretinin yeniden elde edilmesi için dönüştürülmesi işlemine demodülasyon adı verilir. Dönüştürme işlemi yapan yongalar ise demodulator yongası olarak adlandırılır. Silikon tüneler ile demodulator yongası ayrı ayrı kullanılabildiği gibi bunların fonksiyonlarının birleştirildiği tek bir silikon yonga mevcuttur.

### **TS Ayırıştırıcı (Demux) Bloğu:**

IP ve UDP protokolleri ile tanımlanmış MPEG veri akışı paketleri ethernet portu üzerinden TS ayırıştırıcı bloğuna gelir. Gelen MPEG paketindeki mevcut başlık bilgisine

göre ses, görüntü ve veri paketleri ayrıştırılarak uygun çözücü işlemcilerle gönderilir [11]. Şekil 2.6'da TS ayrıştırıcı bileşeninde bulunan bloklar gösterilmektedir. TS ayrıştırıcı bloğuna gelen her bir paket yüz seksen dört byte'lık görüntü payload ve dört byte'lık başlık bilgisinden oluşmaktadır. PID bilgisini tanımlayan ilk on üç bit paket içeriğini tanımlamak için kullanılır. PID bilgisi, ses, görüntü ve veri paketlerini birbirinden ayırmak için tanımlanır [12].

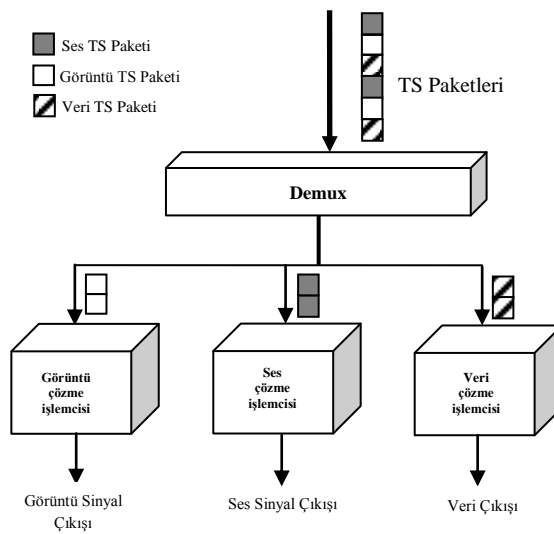
TS (yayın akışı) ayrıştırıcı bloğu, PID (paket belirleyici) bilgisini ses, görüntü ve veri paketlerini işlemek ve programı seçmek için kullanır. TS ayrıştırıcı bloğundan çıkan işlenmiş olan paketler çözüme işlemi için ana işlemciye gönderilir.

### Şifreleme Sistemi Bloğu:

IPTV cihazlarda bulunan diğer bir önemli donanım bileşeni de şifre çözme işlemlerinin gerçekleştirildiği donanım bileşenidir [11]. Onaylama işlemi ve kanallara yasal olarak erişime izin veren şifre çözme işlemleri için ana işlemci içinde ayrı bir işlemci kullanılmaktadır.

### Görüntü İşleme Bloğu:

Görüntü işleme bloğu, MPEG formatında kodlanmış olan görüntü veri akışlarını işlemekten sorumludur.



Şekil 2.6 TS ayrıştırıcı bileşeni tasarım bloğu [11]

Yaygın olarak kullanılan görüntü sıkıştırma algoritmaları MPEG-2 ve MPEG-4 algoritmalarıdır. Servis sağlayıcı MPEG-2 formatında hazırlamış olduğu IPTV içeriğinin formatını MPEG-4 ile değiştirdiğinde yeni algoritmayı cihazdaki işlemciye yazılım güncelleme işlemi aracılığı ile kolaylıkla yükleyebilecektir.

### **Ses İşleme Bloğu:**

Ses işleme bloğu, MPEG, Dolby Digital Plus, Dolby Digital 5.1 gibi çeşitli formatlarda sıkıştırılmış ses verisini işlemekten sorumludur. Havada bulunan ses frekansları, bir mikrofon ya da kuvvetlendirici tarafından alındığında farklı gerilim seviyelerine dönüştürülür. Bu gerilim saniyede pek çok kez örneklenmektedir. İnsan kulağının sesi duyabilmesi için saniyede yirmi ile yirmi bin arasında örnekleme hızı gerekir. Nyquist teoremine göre analog işaretin sayısallaştırıldıktan sonra tekrar elde edilebilmesi için bu sinyal içerisindeki en yüksek frekanslı bileşenden en az iki katı frekansta örneklenmesi gerekmektedir [13]. Nyquist örnekleme hızı matematiksel olarak,

$$f_s \geq 2f_a \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir.

$f_s$  = Minimum Nyquist örnekleme hızı

$f_a$  = Örneklenebilecek en yüksek frekans

CD'deki ses kalitesi saniyede 44100 kez örneklenmektedir. Bu örnekleme hızı, CD kalitesindeki 1 sn'lik stereo müziği sunan 1.4 Mbps veri hızı üretmektedir. IPTV alıcı cihazındaki ses işleme bloğu, RF sinyali işleme bloğundan çıkan ses bilgisini içeren veri paketlerini alır, ses bilgisini işler ve IPTV kullanıcısının seçtiği uygun formata çevirir. Ses işlemcisi, lip-sink adı verilen görüntüdeki sesin görüntü verisi ile eşleşmesi, programdaki kişilerin dudak hareketleri ile eşlenmesi işleminden sorumludur. Ham görüntü verisini işlemek çok fazla zaman tükettiği için bazı uygulamalarda problemler olabilir. Bu problemin kullanıcı tarafından görülmemesi için ses paketlerinin işlenmesi sırasında algoritmaya gecikmeler eklenmektedir.

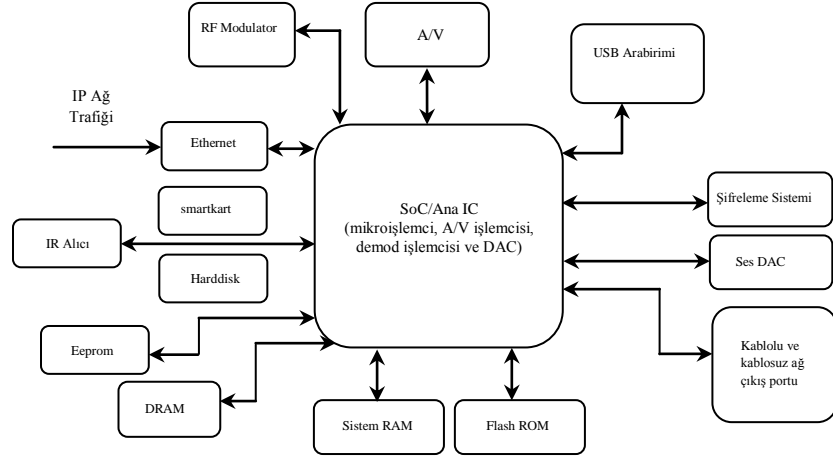
### **Grafik İşlemci Bloğu:**

IPTV cihazlarda, etkileşimli TV, 3D oyunlar gibi uygulamaları destekleyebilecek kapasitede grafik işlemciler kullanılır [11]. IPTV uyumlu cihazlar ile kişisel bilgisayarlar, grafik işlemlerini farklı şekillerde ele alırlar. IPTV cihazlarında grafik işleme fonksiyonları, görüntü işleme bloğunda gerçekleşir. Böylece, cihaz görüntü işleme fonksiyonlarına ek olarak çeşitli kullanıcı arayüzü çoklu ortam bileşenlerini oluşturmak için grafik işleme fonksiyonlarını da desteklemektedir. Görsel uygulamalar geliştirebilmek ve etkileşimli TV dosya formatlarının desteklenebilmesi için platforma ek bir grafik hızlandırıcı yongası eklenir. Grafik hızlandırıcılar, 3D oyunlar gibi yeni uygulamaların kullanıcıya sunulması sayesinde TV tasarımının farklılaşmasında büyük rol oynar.

### **Konnektörler:**

IP tabanlı cihazlarda, diğer cihazlar ile iletişimi sağlayan giriş ve çıkış bağlantıları bulunur. Bunlar, ethernet girişi, uzaktan kumanda alıcı girişi, analog RF çıkışı, analog ses çıkışları, SPDIF (Sony/Philips Dijital Arayüz Formatı), HDMI (Yüksek Çözünürlüklü Çoklu Ortam Arayüzü), kablolu ve kablosuz ev ağı çıkışları ve IP tabanlı cihaz ile uzaktan kumanda ya da kablosuz klavye arasında çift yönlü iletişimi sağlayan ve doğrudan işlemciye bağlı olan kızılötesi bağlantısıdır. IPTV cihazlarda, ağ ile bağlantının kurulabilmesi için ethernet girişi olmak zorundadır. Kumandadan gönderilen sinyallerin işlenmesi için cihazın ön kısmında kızılötesi alıcı devresi bulunur. Debug amaçlı kullanımlar için bazı donanım platformlarında RS-232 portu da bulunmaktadır. Analog görüntü sinyali, aktif görüntü, sink ve çözünürlük olmak üzere üç temel bilgiyi içerir. Aktif görüntü bilgisi, hangi görüntünün gösterileceği, parlaklık seviyeleri gibi resmin her bir parçası ile ilgili detayları taşır. Sink bilgisi, aktif görüntü bilgisinin ekran üzerindeki yerini belirler. Çözünürlük (blanking) bilgisi, görüntünün yeniden konumlandırılması için kullanılır. IPTV cihazlarında bulunan çıkış bağlantıları, standart RF çıkışı, komposit görüntü çıkışı, süper görüntü çıkışı, komponent çıkışı, skart çıkışı, analog ses çıkışı, sayısal ses çıkışı, IEEE 1394, kablolu ve kablosuz ev ağı arabirimi, kızılötesi arabirimi, xDSL modem, HDMI çıkışı ve kayıt işlemleri için USB arabirimi olarak sıralanabilir. Şekil 2.7'de donanım tasarım bileşenlerine ilişkin blok diyagramı gösterilmektedir.





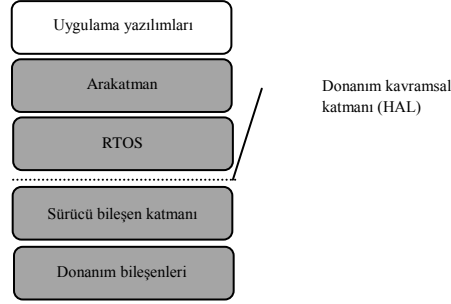
Şekil 2.7 Donanım tasarım blok diyagramı [11]

## 2.2.2 IPTV Yazılım Tasarım Mimarisi

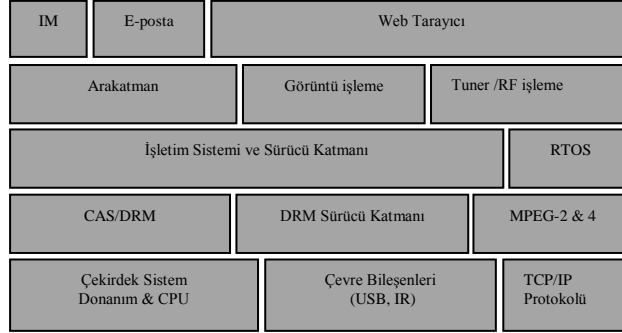
IPTV yazılım mimarisi, en genel anlamda sürücü bileşenleri, gerçek zamanlı işletim sistemi, arakatman yazılımı ve şifreleme sistemi/DRM yazılımı olmak üzere dört ana bölümden oluşur. Sürücü yazılım bileşenlerinin temel fonksiyonu platform üzerindeki donanım bileşenlerine erişimi sağlamaktır. Gerçek zamanlı işletim sistemi, işletim sistemine ait görevleri yerine getirmek için kullanılır. Arakatman yazılımı ise gerçek zamanlı işletim sistemi ile etkileşimli IPTV yazılımı arasında iletişimi sağlayan ara katman yazılımıdır.

### 2.2.2.1 Yazılım Tasarım Katmanları

IPTV cihazı üzerinde çalışan çok sayıda yazılım bileşeni bulunmaktadır. Bu yazılım bileşenleri, sürücüler, gömülü gerçek zamanlı işletim sistemi ve arakatman yazılımı olmak üzere üç temel katmandan oluşmaktadır. Gerçek zamanlı işletim sistemi yazılım bloğu, gelen akışların işlenmesinden temel görevlerini uygulamaya kadar çeşitli fonksiyonları sağlar. IPTV cihazlarında kullanılan yazılım mimarisinin diğer bir önemli bileşeni, etkileşimli IPTV uygulaması ile gerçek zamanlı işletim sistemi arasında bir köprü görevi sağlayan arakatman yazılım bloğudur. Şekil 2.8 ve 2.9'da IPTV sistemlerdeki yazılım tasarım katmanları ve yazılım tasarım bileşenleri blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 2.8 IPTV yazılım tasarım katmanları [11]



Şekil 2.9 IPTV yazılım tasarım bileşenleri [7]

- **Donanım Sürücü Yazılım Katmanı**

Donanımı çalıştıracak ve donanım ile olan kontrolü sağlayacak olan yazılım bileşenleridir. Ethernet portu, hard disk, ana işlemci, ram bellek gibi donanım platformu üzerindeki her bir bileşen için ayrı bir sürücü yazılım bileşeni bulunmaktadır.

- **Gerçek Zamanlı İşletim Sistemi Katmanı**

Gerçek zamanlı işletim sistemi yazılımı, alıcı cihaz üzerinde koşan yazılımın en önemli kısmıdır. Bellek kaynaklarını yönetmek, işlemci tarafından verilen görevleri belirli bir sırada uygulanmasını sağlamak, iç ve dış kesintileri anlamak ve ilişkilendirmekten sorumludur. Çoklu kullanım (multithread) ve çok görevli (multitasking) özelliklerini destekler. Tablo 2.1’de IPTV alıcı cihazında kullanılan gerçek zamanlı işletim sistemi yazılım bileşenleri gösterilmektedir.

Tablo 2.1 IPTV gerçek zamanlı işletim sistemi yazılım bileşenleri [11]

IPTV RTOS Bileşenleri	Tanımı
<b>Çekirdek Yazılım</b>	Bellek kaynaklarını yönetir. Görevleri belirli sıraya göre yerleştirir.
<b>Olay Yöneticisi</b>	Olayları ilişkilendirir.
<b>Yükleyici</b>	RTOS exe dosyalarını yerleştirip, cihaz açıldığında onları RAM'e yükler.
<b>HAL (Donanım Kavramsal Katmanı)</b>	Donanım arayüz yazılımı.
<b>İleri Program Arayüz Yazılımı</b>	Üst seviye yazılımı API fonksiyonları sunar.

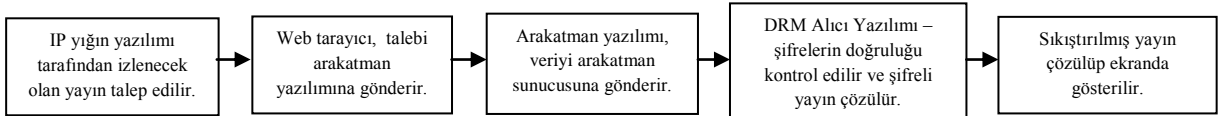
- **Arakatman Yazılımı**

IPTV arakatman yazılımı, işletim sistemi ile etkileşimli IPTV uygulama yazılımları arasındaki iletişimi sağlayan ara yazılımdır [11]. Arakatman yazılımı, etkileşimli IPTV uygulama yazılımlarını, donanım ve ağ yazılımlarından ayırmak için kullanılır.

- **DRM ve Şifreleme Sistemi Yazılım Bileşeni**

Şifreleri yayınların çözülmesi, DRM şifre bilgilerinin istenmesi, güncellenmesi, cihaz yetkilendirme işleminin gerçekleştirilmesi için gereken DRM ve şifreleme sistemine ait fonksiyonları içeren yazılım bileşenidir. Buradaki problem her bir servis sağlayıcısının kullandığı DRM ve şifreleme sisteminin farklı olmasıdır. Bu durum, cihazın hangi servis sağlayıcısına destek vereceğine bağlı olarak farklı DRM ve şifreleme sistemi yazılımını desteklemesini gerektirir.

Şekil 2.10'da en temel hatlarıyla bir IPTV yazılımında, yayın içeriğinin alınması, web tarama fonksiyonları, arakatman ile olan etkileşim, şifreli yayının çözülmesi ve MPEG formatında sıkıştırılmış olan yayın içeriğinin çözülüp ekranda kullanıcıya gösterilmesi sırasında geçen adımlar gösterilmektedir.



Şekil 2.10 IPTV sistemlerde yazılım süreci akış diyagramı [7]

IPTV yazılımı üzerinde koşan uygulama yazılımlarından bazıları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- **Servis Sağlayıcı ile Alıcı Arasındaki Arakatman Yazılım Bileşeni:** IPTV servis sağlayıcısındaki arakatman sunucu ile iletişimin kurulmasını sağlayan yazılım bileşenidir. Bu bileşen, kullanıcıya gosterilecek olan elektronik program rehberi bilgilerinin yüklenmesi gibi arakatman sunucu ile ilgili olan bilgi alışverişlerinde bir web tarama kullanır.

- **Web Tarama Yazılım Bileşeni:** IPTV servis sağlayıcısı tarafından gönderilen içeriğe erişebilmek ve kullanıcıya göstermek için kullanılan yazılım bileşenidir.

- **Anlık IPTV Mesaj Alıcı Yazılım Bileşeni:** Anlık mesajların kullanıcıya gösterilmesini sağlayan fonksiyonları içeren uygulama yazılımıdır.

- **Elektronik Posta Alıcı Yazılım Bileşeni:** Kullanıcıya gelen elektronik postaların alınması ve gönderilmesi için gereken fonksiyonları içeren uygulama yazılımıdır.

- **Elektronik Program Rehberi Yazılım Bileşeni:** IPTV kullanıcılarının, çeşitli IP tabanlı servisleri seçebilmesi, izleyebilmesi, servisler arasında geçiş yapabilmesi, yayıncı tarafından gönderilen program bilgilerinin gösterilebilmesi için geliştirilen etkileşimli uygulama yazılımıdır. EPG yazılımı, HTML formatında hazırlanmış bir arayüz yazılımıdır.

Standart bir IPTV EPG yazılımında olması gereken fonksiyonlar şunlardır:

- 1) Canlı yayınların haftalık programlarını göstermek,
- 2) Otomatik olarak yayınları kaydetmek,
- 3) Yeni mesaj gelmesi halinde aboneye bildirmek,

- 4) Kullanıcı tarafından önceden seçilen programı başlama zamanı yaklaştığında hatırlatmak,
- 5) İzlenilmesi istenmeyen kanallara çocuk kilidi şifresi eklemek,
- 6) Programları, konularına, zamana, çeşidine göre aramak,
- 7) Kanalları ön izleme olanağı sunmak,
- 8) Kişiyeye özel TV izleme özelliğı sunmak.

- **VoD Yazılım Bileşeni:** IP tabanlı VoD servislerini alabilmek ve kullanıcıya gösterebilmek için tasarlanmış uygulama yazılımıdır. Kullanıcılara satın almak istedikleri film, müzik yayınlarını seçebilme olanağı ile içerik arama ve yayın kontrolü fonksiyonlarını da sağlar.

- **DVR (Dijital Yayın Kaydedici) Uygulama Yazılım Bileşeni:** Canlı yayını kaydedip, izleyebilmek için geliştirilen etkileşimli uygulama yazılımıdır.

- **Tarama Motoru Yazılım Bileşeni:** Kullanıcılara TV tabanlı web tarayıcısı özelliğini sunan etkileşimli uygulama yazılımıdır.

- **Walled-Garden Portal Yazılım Bileşeni:** Walled-Garden portal yazılımı, özel olarak TV için tasarlanmış bir web portal yazılımıdır. Walled-Garden portal yazılımı ile birlikte kullanıcı, haberler, hava durumu, astroloji, spor, e-posta ve chat gibi internet uygulamalarına erişim hakkına sahiptir.

- **Ticari AlışVeriş Yazılım Bileşeni:** Kullanıcıların, klavyeye gerek kalmadan uzaktan kumanda aracılığı ile TV üzerinden alışveriş ve ticari aktivitelerini desteklemek için geliştirilen etkileşimli uygulama yazılımıdır.

- **Caller-ID Yazılım Bileşeni:** Kullanıcıya TV ekranı üzerinde gelen arayan telefon numarasını ve ismi göstermek amacıyla geliştirilen uygulama yazılımıdır.

- **Kişisel Kanal Hazırlama Yazılım Bileşeni:** Kullanıcıya kendi kişisel TV programlarını hazırlamak ve bunları yayınlamak olanağı sunan etkileşimli uygulama yazılımıdır.

## BÖLÜM 3

### SERVİS KALİTESİ VE DENEYİM KALİTESİ

IPTV sistemlerde, kullanıcının tatmini ve sistemin kabul edilebilirliği açısından tüm sistemi etkileyen servis ve deneyim kalitesinin sağlanması çok önemlidir [14]. Bu bölümde IPTV sistemler için servis ve deneyim kalitesi ele alınmaktadır. Servis ve deneyim kalitesini etkileyen parametreler ile kalite metrikleri araştırılarak servis ve deneyim kalitesini iyileştirmek için kullanılan yöntemler detaylıca açıklanmaktadır.

#### 3.1 Servis Kalitesi (QoS)

IPTV sistemlerde servis kalitesi, ITU-T standardına göre kullanıcının memnuniyet derecesine karar veren performans etkisi olarak tanımlanır. Telekomünikasyon sektöründe servis kalitesi (QoS) çoğunlukla ağ performans ölçütü olarak tanımlanır. QoS yöntemleri, sistem performansını dolayısı ile deneyim kalitesini iyileştirmeye katkıda bulunan tüm mekanizmaları içerir. Servis kalitesini iyileştirmek için kullanılan yöntemler farklı seviyelerde uygulanır. Ağ seviyesinde servis kalitesini iyileştirmek için kullanılan yöntemler, ağ trafiğine uygulanan yedekleme algoritmaları gibi trafik yönetim mekanizmalarını içermektedir. Diğerleri ise, hata saklama, FEC (Forward Error Correction) gibi yöntemlerdir. Servis kalitesini etkileyen parametreler, servis kalitesi performans parametreleri olarak tanımlanır. Servis kalitesini iyileştirme yöntemlerinde olduğu gibi, servis kalitesi parametreleri de farklı katmanlar için tanımlanabilir. Ağ seviyesindeki servis kalitesi parametreleri genellikle paket kayıp oranı, bilgi gecikmesi ve gecikme farklılıkları gibi parametreleri içermektedir [15].

### 3.1.1 Servis Kalitesini Etkileyen Parametreler

Servis kalitesi, ağ trafiği üzerinde daha kaliteli servisler sunabilmek için desteklenmesi gereken minimum ağ kapasitesidir. Bantgenişliği, tek yönlü gecikme, gecikme varyasyonu ve paket kaybı gibi parametreler servis kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerdir [16].

**Trafik hızı:** Gönderilen toplam byte sayısının iletim süresine oranıdır [15].

$$\text{Trafik\_hızı} = \text{Toplam\_bayt\_sayısı} / \text{İletim\_süresi} [\text{Bps}] \quad (3.1)$$

**Tek yönlü gecikme:** İlk bit'in gönderildiği andan son bit'in alındığı ana kadar geçen zaman olarak tanımlanır. Tek yönlü gecikme parametresini ölçmek için sunucu ve alıcı arasındaki eşleşmesini garantilemek önemlidir [16].

**Jitter:** Kaynak noktasından varış noktasına giden paketlerin farklı yollardan gitmesi nedeniyle oluşan gecikme varyasyonudur [15].

**Kayıp paket sayısı:** Paketlerin elenmesi sadece şebekenin mevcut durumuna bağlıdır and tahmin edilemez. Bu parametreye karar vermek için kullanılan algoritma sunucu tarafından gönderilen her bir paketi tanır ve alınan paket listesi içinde arar [15].

**Yeniden istenen paket sayısı:** Paketler uygulama tarafından belirli bir sırada gönderilir. Ancak alıcı tarafında ağdaki farklı yollar nedeni ile gönderilen sıranın dışında alınabilir. Eğer bir paketin sıra numarası, önce alınan paketin sıra numarasından küçük ise paket yeniden istenecektir [16].

**Tekrarlanan paket sayısı:** Tekrarlanan paketleri saymak ağ konfigürasyonunu onaylamak anlamına gelir. Tekrarlanan paketler, ağ konfigürasyon hatalarını ve cihaz arızalarını gösterir [16].

**Paket hata oranı (PER):** Paket hata oranı, bir paketin bozulup bozulmadığını ya da sunucu ve alıcı tarafında her bir paketin veri alanının karşılaştırılmadığını gösterir [16].

$$\text{PER} = (\text{bozuk\_paket\_sayısı} / \text{alınan\_paket\_sayısı}) \times 100\% \quad (3.2)$$



### **3.2 Deneyim Kalitesi (QoE)**

Deneyim kalitesi, son kullanıcı tarafından algılanan ve tüm sistemin kabul edilebilirliğini belirleyen kalite olarak tanımlanır. Deneyim kalitesi, son kullanıcının tatmini açısından son derece önemlidir. IPTV sistemlerde deneyim kalitesi parametreleri bir sonraki bölümde tüm yönleriyle detaylıca incelenmiş ve açıklanmıştır. Bu alt bölümde deneyim kalitesini etkileyen ağ servis kalitesi parametrelerinden kısaca bahsedilecektir.

#### **3.2.1 Deneyim Kalitesini Etkileyen Ağ Parametreleri**

Genel olarak dört temel ağ segmenti olarak, içerik kazanımı, kodlama ve oynatma, çekirdek ağ, erişim ağı ve ev ağı, bir IPTV ağını oluşturmaktadır. Çekirdek ağ, farklı sınıflardaki trafiği ilişkilendirmek için iyi tasarlanmış bir IP ağıdır. İyi tasarlanmış ağlar, farklı uygulamalara ait trafiği yönetebilme kabiliyeti gerektirir. IPTV gibi gerçek zamanlı uygulamaları içeren paketler, elektronik posta, dosya gönderimi gibi gerçek zamanlı olmayan uygulamalara ait olan paketlerden önce gönderilmelidir. Bu farklılaşım, genellikle IP'den türetilmiş servis, ilişkili trafik şartları ve yönlendirici sayısı davranış yöntemleri uygulanarak sağlanabilir.

Erişim ağı, ethernet, WiFi gibi teknolojileri kullanmaktadır. Erişim ağının kapasitesi, son kullanıcının ne kadar çok kanala erişebileceği kararı için bir sınırlama faktörünü oluşturur. Ev ağında, ethernet gibi kablolu ağ ya da WiFi ürünleri gibi kablosuz olarak bağlanılabilen çok sayıda tüketici elektroniği ürünler bulunmaktadır. İnternet ağlarında servis kalitesi, ağ üzerinde meydana gelen iletim bozukluklarındaki performans ile ölçülmektedir. Ağ üzerinde iletim bozukluklarına sebep olan parametreler, paket gecikmeleri ve paket kayıplarıdır [17].

#### **Paket Transfer Gecikmesi**

IP paket transfer gecikmesi (PTD), birinci ölçüm noktasındaki paket çıkış olayı (paketlerin gönderildiği kısım) ile ikinci ölçüm noktasındaki (kullanıcı tarafındaki IP cihazı vb.) ilişkili paketin giriş olayı arasında geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Uçtan uca iki gecikme parametresi aşağıdaki gibi kabul edilmektedir:

- *Paket Gecikme Varyasyonu (PDV)*: Seçme fonksiyonuna göre seçilmiş olan aynı akışın iki paketi tarafından karşılaşılan gecikmelerdeki farklılık olarak tanımlanır [18]. PDV değeri, maksimum ve minimum transfer gecikmesi arasında ölçülen en kötü gecikme durumu olarak belirlenir [19].

$$PDV = PTD \max - PTD \min \quad (3.3)$$

- *Azami transfer gecikmesi*: PTD dağılımına göre tanımlanmış olan azami transfer gecikmesi olarak ifade edilmektedir.

**Paket Kaybı Oranı (PLR)**: IP paket kaybı oranı, kayıp paket sayısının iletilen paket sayısına oranı olarak tanımlanır [19].

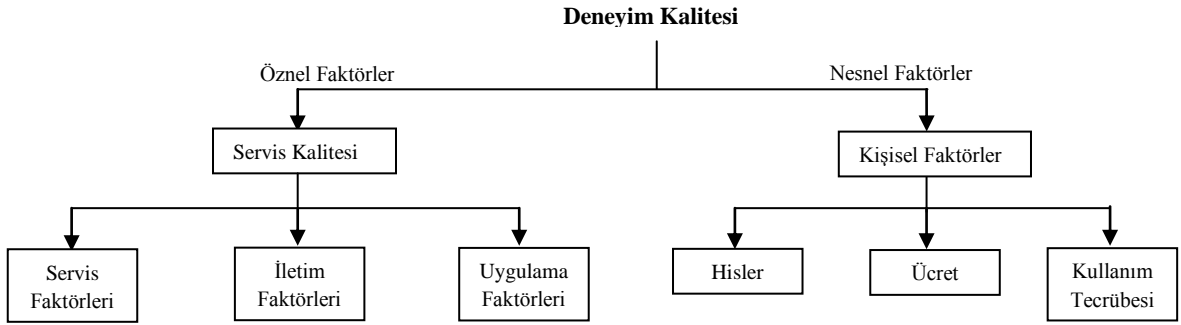
$$PLR = \text{Kayıp Paket Sayısı} / \text{İletilen Paket Sayısı} \quad (3.4)$$

PLR, zaman ölçekleri üzerinde tanımlanabilir. Yaygın olarak kullanılan zaman ölçeği, bir TV programı süresini içerir. Uzun süreli zaman ölçeğinin kullanımı mühendislik amaçlı denemeler için yararlı olabilir ancak kısa süreli zaman ölçeğinde paket kayıplarından kaynaklanan görüntü bozulmalarını yansıtması için yararlı olmayabilir. Görüntü kalitesi üzerindeki paket kaybı etkileri paket kayıp profili ile ilgilidir. Görüntü servis paket kayıplarının tek yönlü kayıp patern örneği metriklerinde tanımlandığı şekilde kayıp aralığı ile ifade edilmesi önerilir [18]. Esas olarak kayıp aralığı, ardışıl ağ paket kaybı ile hata olayları arasındaki boşluk ölçüsü olarak tanımlanır.

### 3.3 IPTV Sistemlerde Deneyim Kalite Metrikleri

Deneyim kalitesi, kullanıcı cihazı, terminal, ağ ve servis altyapısı vb gibi tüm sistemde oluşabilecek etkileri içerir ve kullanıcının beklentileri doğrultusunda etkilenir. Deneyim kalitesi son kullanıcı tarafından öznel olarak ölçülür ve kullanıcıdan kullanıcıya farklılık gösterebilir. Buna rağmen deneyim kalitesi nesnel ölçümler kullanılarak tahmin edilmektedir. Paket kaybı ve gecikme gibi nesnel servis performans ölçümleri deneyim kalitesinin belirlenmesine katkıda bulunan faktörlerdendir [17].

Kullanıcının edindiği tecrübe ile kazanılan ölçümler, tüm sistemin son kullanıcı tarafından kabul edilmesine karar verir. Şekil 3.1’de IPTV deneyim kalitesini etkileyen faktörler gösterilmektedir. Bu faktörler, servis kalitesi ile ilişkili olanlar ve insan faktörü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 3.1 IPTV deneyim kalitesini etkileyen faktörler [19]

Deneyim kalitesi, kontrol edilebilen öznel testler ile ölçülmektedir [19]. Bu testlerde, izleyicilere görüntü örnekleri gösterilir ve onlardan bir ölçek üzerinde puan vermeleri istenir. Bu hesaplama yöntemine MOS (mean opinion score) skoru adı verilmektedir. Genellikle MOS skoru ile ölçülen öznel deneyim kalitesi ile paket kayıpları, gecikme, servis erişilebilirliği, kodlanmış bit hızı gibi performansı etkileyen nesnel faktörler arasında bir ilişki bulunmaktadır. Deneyim kalitesi ve servis performans metrikleri arasındaki ilişki edinilen tecrübelerden elde edilmektedir. Deneyim kalitesi ve servis kalitesi arasındaki ilişki aşağıdaki gibi iki şekilde açıklanmaktadır:

1. Servis kalitesi ölçümü verildiğinde son kullanıcının beklediği deneyim kalitesi tahmin edilebilmektedir.
2. Kullanıcı için istenen deneyim kalitesi hedefi verildiğinde gerekli olan servis katmanına doğru olarak karar verilecektir.

Dağıtılacak servisin kalitesinden emin olmak için, her bir servise ait deneyim kalite hedefi belirlenmelidir ve tasarım gereksinimlerin belirlendiği aşamada öznel servis performans metriklerine dönüştürülebilir şekilde mühendislik süreçlerinde

kullanılmalıdır. Deneyim kalitesi, üçlü servislerin başarısını belirleyecek ve farklılaşmayı sağlayacak olan önemli bir faktör olarak düşünülmektedir. Kullanıcı, servis kalitesinin nasıl sağlanacağı ile ilgilenmez, ancak sunulan servisin talepleri ne ölçüde karşıladığı kullanıcılar için son derece önemlidir.

### 3.3.1 MOS (Mean Opinion Score) Skoru

Deneyim kalitesini belirlemek amacıyla kullanılan test yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, görüntü kalitesini belirlemek ve derecelendirmek için bir grup katılımcı kullanılmaktadır. Testlerde kullanılan kişiler ve ortam servis sağlayıcılar tarafından belirlenmektedir. Test adımları aşağıdaki gibi uygulanmaktadır:

- (1) Test için kullanılacak görüntü resimlerini belirle.
- (2) Konfigürasyon parametrelerini seç ve test düzeneğini hazırla.
- (3) Testlerde yer alacak olan kişi sayısını belirle.
- (4) Testleri uygula ve sonuçları incele.

Resmi test ortamlarında genellikle ITU standartlar grubu tarafından tanımlanmış olan MOS skoru adı verilen teknikler uygulanmaktadır. IPTV deneyim kalitesi MOS skoruna göre belirlenirken son kullanıcılar dikkate alınmak zorundadır. MOS sisteminde, izleyicilerin algılama kalitesi bir ile beş arasında nümerik değerler verilecek şekilde bir izleyici grubu kullanılır MOS değeri, sonuçların ortalaması alınarak hesaplanır [20].

Tablo 3.1 MOS skor tablosu [21]

<b>IPTV Kanal Algılanabilir Kalite</b>	<b>MOS Skoru</b>
Mükemmel	5
İyi	4
Orta	3
Zayıf	2
Kötü	1

IPTV deneyim kalitesini belirlemede kullanılan dört farklı MOS tipi bulunmaktadır:

**MOS-V:** IPTV veri akışındaki izleme kalitesini belirleyen skordur.

**MOA-A:** IPTV veri akışındaki ses kalitesini belirlemek için kullanılan skordur.

**MOS-AV:** IPTV veri akışındaki ses ve görüntü kalitesini belirlemek için kullanılır.

**MOS-C:** IPTV sistemlerde kontrol etkileşim kalitesini belirlemek için kullanılır.

Kanal zaplama işlemi, EPG kullanımı, MOS skor tablosu kullanılarak ölçülebilen parametreler arasındadır. DSL Forum tarafından belirlenen TR-126 gibi standartlar ve tüketici elektroniği speklerinde, görüntü servisleri deneyim kalitesine karar vermek için MOS skoru kullanımı önerilmektedir [19].

### **3.3.2 Ses ve Görüntü Deneyim Kalite Metrikleri**

Ses ve görüntü kalitesini belirleyen deneyim kalitesi gereksinimleri MOS skoru gibi ITU-T/R tarafından önerilen öznel deneyim kalitesi ölçü birimleri kullanılarak ölçülmelidir [22]. Ancak öznel testleri uygulamak, zaman kaybı ve maliyet açısından masraflı olduğu için pek çok IPTV servis sağlayıcısı için zordur. Ayrıca iletilen ses ve görüntü için nesnel kalite yöntemleri de belirlenmiştir. Bu nedenle, görüntü ve ses için deneyim kalitesi gereksinimleri kodlama teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak belirlenmektedir.

#### **3.3.2.1 Medyanın Kodlanması**

Görüntü ve ses için deneyim kalitesini belirleyen temel bileşenlerden biri, görüntü ve ses kaynak materyalinin sıkıştırılması, sayısal hale getirilmesi ve çeşitli ayarların ve parametrelerin seçilmesidir [19]. MPEG gibi görüntü sıkıştırma yöntemlerinde orjinal resmin birebir aynısı elde edilemediğinden, görüntü kalitesi üzerinde ve dolayısı ile kullanıcı açısından deneyim kalitesi üzerinde olumsuz etkilere sebep olacaktır [23].

Sıkıştırma nedeniyle uygulama katmanında görüntü deneyim kalitesini etkileyen temel faktörler şunlardır:

- *Kaynak materyalinin kalitesi:* Sıkıştırma işlemi uygulanacak olan kaynak ses ve görüntü verisinde bozulmalar, kesintiler olmamalıdır [24].

- *Kullanılan kodlama standardı:* TV uygulamalarında, MPEG-2, MPEG-4 AVC (H.264) kullanılmaktadır [25].
- *Çözünürlük:* Görüntü formatı standart ya da yüksek çözünürlükte olabilir.
- *Bit Oranı:* Düşük bit oranlarında sıkıştırma süreleri boyunca gözle görülür bozulmalar oluşabilir.
- *Uygulama Katmanı Görüntü Kodlama:* Görüntü kodlama, değişken bit hızına sahiptir oysa dağıtım sistemlerindeki ağ mühendislik işlemlerini basitleştirmek için görüntü kodlayıcılar sabit bit hızını sağlayacak şekilde ayarlanmaktadır. DVD kodlama yöntemlerinde kullanılan değişken bit hızlı veri akışları sabit kaliteli iken, sabit bit hızlı veri akışları değişken bir kaliteye sahiptir.
- *Resimler Grubu Yapısı:* Küçük boyutlu resimler grubu, hata tanıma ya da erişim performansını iyileştirirken, sıkıştırma bit hızı performansını kötüleştirecektir. Büyük boyutlu resimler grubu ise sıkıştırma oranını iyileştirirken kanal zaplama sürelerini arttıracak ve paket kayıplarına neden olacaktır. Dinamik resim grupları, sahne değişikliklerinin ve diğer efektlerin daha iyi anlaşılabilmesi için kullanılabilir fakat cihazlar üzerinde uygulamak her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca kanal zaplama sürelerine de ilave bir gecikme getirecektir.
- *Hareket Vektörünü Arama Aralığı:* Aramayı genişletmek kaliteyi iyileştirecek ancak karmaşıklığı ve kodlama gecikmesini arttıracaktır. Uzun arama aralıkları spor gibi, hareketli sahnelerin fazla olduğu içerikler için gerekmektedir.
- *Önişleme:* Gürültü azaltımı amacıyla uygulanan tekniklerdir. Standart bir uygulama değildir.

Ses ve görüntü üzerinde oluşan bozulmaların iyileştirilmesinin yanısıra deneyim kalitesini sağlayabilmek için ses ve görüntü bileşenleri arasındaki eşleşmenin de sağlanması gerekmektedir [21, 26].

### 3.3.2.2 Ağ İletimi

Ağ iletiminde deneyim kalitesini etkileyen temel faktörler, paket kayıpları, gecikmeler ve jitter'dır [27]. Belirli bir değere kadar olan gecikme ve jitter değerleri, alıcı cihaz'daki jitter'i engelleyici (de-jitter) bellekler sayesinde büyük problem oluşturmaz. Ancak, görüntü akışları, bilgi kaybına son derece duyarlıdır ve görüntü deneyim kalitesi aşağıdaki değişkenlere bağlı olarak değişir [19]:

- Kayıp veri tipi,
  - Sistem bilgisi ve başlık kayıpları farklı bozulmalara neden olacaktır.
  - I ve P paket kayıpları, B paket kayıplarından farklı bozulmalara sebep olacaktır.
- Kullanılan kodek çeşidi, veri akışı paket formatı,
- Kayıp aralığı ve profili,
- Karmaşık kodlanmış bit oranlarından oluşan veri akışları, paket kayıplarındaki bozulmalara daha duyarlıdır [25],
- Alıcı cihaz tarafındaki bozulmaları düzeltme algoritmaları, kayıp algılama etkisini azaltabilir.

### 3.3.2.3 Ağ Katmanı

Ağ katmanı performansı doğrudan paket kayıp oranlarına bağlıdır [28]. Şebeke gecikmesi ve jitter gecikmesi, tüm ağ tasarımı etkileyeceği için uygulamadan uygulamaya değişiklik gösterebilir. Genellikle alıcı cihaz de-jitter depolama birimi ortalama 100-500 milisaniye civarında bir görüntüyü kaydedebilir. Bu nedenle ağ jitter kayıpları bu limitlerin içinde kalmak zorundadır ve bu limitlerin altındaki gecikme değişimi sorun olmayacaktır. Arabellekleme süresinin artması kanal geçiş süresini negatif olarak etkileyeceği için alıcı cihaz tarafındaki de-jitter arabellekleme işlemi için ayrılan bölgenin küçük olması önerilir. Görüntü ve ses için ITU-FG IPTV grup tarafından belirlenmiş olan deneyim kalitesi metrikleri aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 3.2 Öznel kalite metrikleri [19]

<b>Öznel Kalite Metrikleri</b>	
<b>Metrik</b>	<b>Tanım</b>
MOS-V	GoP yapısı, paket kayıp dağılımı, görüntü kodek tipi ve paket hızını dikkate alan Görüntü MOS skoru
MOS-A	Paket kaybı, örnekleme hızı, bit hızı ve ses kodek çeşidinin etkisini dikkate alan Ses MOS skoru
MOS-AV	Resim&ses kalitesi ile ses-görüntü senkronizasyon etkisini dikkate alan Ses-Görüntü MOS skoru
Görüntü İletim Kalitesi	Güvenilir görüntü bilgisini taşıyan IP ağ yeteneğini ölçen 0-50 arasında değer alabilen kodek bağımsız iletim kalitesi skoru
MOS-C	Kanal zaplama gibi kontrol etkileşimlerinin ölçümünü veren 1-5 arasındaki kontrol düzlemi MOS skoru
Öngörülen Gürültü Sinyal Oranı	dB birimi ile ifade edilen Öngörülen Tepe Sinyal Gürültü Oranı. Kaynak görüntü akışı ile çıkış görüntü akışı arasında ortaya çıkan öngörülen bozulmadır.

Görüntü veri akışı kullanılan kodek tipi, resim gruplarının yapısı ve uzunluğu, görüntü boyutu ve diğer önemli faktörler hakkında bilgi verir.

Tablo 3.3 Görüntü veri akışı tanımı [29]

<b>Görüntü Akışı Tanımı</b>	
<b>Metrik</b>	<b>Tanım</b>
Kodek Tipi	Kullanılan kodek çeşidi (MPEG2, MPEG4 vs)
GoP Tipi	Resim gruplarının tipi (IBBP...)
GoP Uzunluğu	Resim gruplarındaki paket sayısı
Görüntü Boyutu	Piksel değerleri ile ölçülen görüntü boyutu (X x Y)
Saniyedeki Paket Sayısı	Saniyede ölçülen paket sayısı
Tarama Tipi	Interlaced/ Progressive tarama

Tablo 3.4 Görüntü veri akışı metrikleri [19]

<b>Görüntü Akışı Metrikleri</b>	
<b>Metrik</b>	<b>Tanım</b>
Bozuk I-paket oranı	Kaybolan ya da atılan I-paket yüzdesi
Bozuk P-paket oranı	Kaybolan ya da atılan P-paket yüzdesi
Bozuk B-paket oranı	Kaybolan ya da atılan B-paket yüzdesi
Alınan I, P, B paket sayısı	Alınan I, P ve B paket sayısı hesabı
Kayıp I, P, B paket sayısı	Kaybolmuş I, P ve B paket sayısı
İptal edilen I, P, B paket sayısı	Atılan I, P ve B paket sayısı



Paket kaybı, RFC3357 tek yönlü kayıp patern örnek metriklerinde tanımlanmış kayıp uzunluğu ve kayıp aralığı ile ifade edilir. Kayıp uzunluğu, şebeke paket kaybı ya da hata olayları arasındaki uzaklık ölçü birimidir. Kayıp aralığı ise belirli bir sürede oluşan kayıp ya da hata olayı olarak tanımlanır. Paket kaybı metrikleri, hata doğrulamadan önce ve sonra IP paketleri üzerindeki asıl veriyi verir. Aşağıdaki tablolarda verilen, paket kaybı, FEC, UDP, jitter ve gecikme metrikleri iletim için belirlenmiş metriklerdir. Tablo 3.5'te deneyim kalitesi için gereken paket kaybı metrikleri tanımlanmaktadır.

Tablo 3.5 Paket kaybı metrikleri [29]

<b>Paket Kaybı Metrikleri</b>	
<b>Metrik</b>	<b>Tanım</b>
Doğrulanmamış Paket Kayıp Oranı	Ağda kaybolan IP paket yüzdesi
Doğrulanmış Paket Kayıp Oranı	FEC ya da yeniden iletim ile doğrulandıktan sonraki paket kayıp oranı
Paket Atma Oranı	Geç varma nedeniyle atılan paketlerin yüzdesi
Zincir dışındaki paket oranı	Dizinin dışında varan paketlerin yüzdesi
Tekrarlanan Paket Oranı	Tekrarlanan paketlerin yüzdesi
Burst Kayıp Oranı	Burst sinyali aralığı içinde paket kayıplarının yüzdesi
Burst Uzunluğu	Burst sinyali aralığının ortalama uzunluğu
Boşluk Kayıp Oranı	Boşluk periyodları içindeki paket kaybının yüzdesi
Boşluk Uzunluğu	Burst'ler arasındaki boşlukların ortalama uzunluğu
Ortalama Ardışıl Kayıp Aralığı	Ardışıl kayıp aralıklarının ortalama uzunluğu
Maksimum Ardışıl Kayıp Aralığı	Ardışıl kayıp aralıklarının maksimum uzunluğu

FEC (ileri hata doğrulama) işlemi, paket kayıplarının onarımı için uygulanan bir tekniktir. IPTV standartlarına göre paket kayıplarının onarımı için kullanılan temel iki yaklaşımdan biri FEC işlemi diğeri de yerel yeniden iletimlerdir [30]. FEC metrikleri, kullanılan FEC algoritmasının etkinliği hakkında bilgi verir.

Tablo 3.6 FEC metrikleri [19]

<b>FEC Metrikleri</b>	
<b>Metrik</b>	<b>Tanım</b>
FEC Etkisi	FEC işlemi nedeniyle paket kayıplarında iyileştirme yüzdesi

UDP metrikleri, yeniden iletim performansı hakkında bilgi verir. Bu protokoller, paket kayıp oranını iyileştirir ancak bantgenişliğinin değişkenliğini artırır.

Tablo 3.7 UDP metrikleri [19]

<b>UDP Metrikleri</b>	
<b>Metrik</b>	<b>Tanım</b>
Yeniden iletilen paketlerin oranı	Yeniden iletilen paketlerin yüzdesi
Tepe bantgenişliğinin ortalama bantgenişliğine oranı	Yeniden iletim nedeniyle tepe bantgenişliğinin ortalama bantgenişliğine oranı

Jitter ve gecikme metrikleri, tüm gecikmelerin ve gecikme varyasyonları üzerinde şebeke tıkanıklığı açısından bilgi vermektedir.

Tablo 3.8 Jitter ve gecikme metrikleri [19]

<b>Jitter ve Gecikme Metrikleri</b>	
<b>Metrik</b>	<b>Tanım</b>
Pürüzlerin giderildiği jitter	Paket akışlarının düzeltilmesi nedeniyle ortaya çıkan gecikme varyasyonları
Düzeltilme işleminden bağımsız olarak ölçülen Jitter	
Pozitif Jitter Eşik Değeri	
Pozitif jitter eşik değerinde varan paketlerin yüzdesi	
Negatif Jitter Eşik Değeri	
Negatif jitter eşik değerinde varan paket yüzdesi	

Genellikle gelişigüzel bit hataları, bir paketlik kayıp aralığı olan ayrı bir kayıp olayına sebep olur. DSL hataları ise farklıdır. Hata doğrulama kodları genellikle DSL

fiziksel katmanında kullanılır. FEC kodları güçlü bir gürültü işareti ile kontrol edildiğinde DSL kod çözücü çıkışında bir paketten daha büyük kayıp aralığı olan ve düzeltilemeyen hataya sebep olur. Görüntü bit hızına bağlı olarak, kayıp aralığı, farklı sayıdaki kayıp görüntü IP paketleri ile ilişkili olacaktır [19].

Standart çözünürlüklü görüntü akışları için bir saatlik ortalama sürede görülür bozulmaları azaltmak için kayıp paket aralığının onaltı milisaniye'den az olması önerilmektedir. Kayıp azaltma, kayıp arama yöntemleri ve ağ performans gereksinimleri kullanılarak görüntüdeki görülebilir bozulmalar en az seviyeye indirilebilir. Resim ve kalitesini etkileyen ortalama paket kayıp oranlarına ek olarak, kötü bozulmalar üzerinde bir saniyelik limitleri tanımlamak avantajlı olacaktır. Bu limitler, siyah ekran vb. toplam servis metrikleri ve paket kayıp limitleri ile üretilmiş olan bozulmalar arasına düşen kalite kayıplarına uygulanabilir. Bu tip bozulmalar, görüntü paket bozulmaları, paket tekrarları ya da ses, görüntü ve cihaz kontrolü üzerinde kısa süreli kayıpları içermektedir. Tablo 3.9'da MPEG-2 kodlanmış SDTV IPTV servisleri için iletim katmanı deneyim kalitesi parametreleri gösterilmektedir [31].

Tablo 3.9 MPEG-2 kodlanmış SDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri [31]

<i>Yayın Akışı Bit Hızı (Mb/s)</i>	<i>Gecikme</i>	<i>Jitter</i>	<i>Maksimum Hata Süresi</i>	<i>IP Paketlerinde Kayıp Periyodu</i>	<i>Kayıp Uzunluğu</i>	<i>Ortalama IP Görüntü Akışı Paket Kayıp Oranı</i>
3.0	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	6 IP paketi	Saat'te 1 hata olayı	<= 5.85E-06
3.75	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	7 IP paketi	Saat'te 1 hata olayı	<= 5.46E-06
5.0	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	9 IP paketi	Saat'te 1 hata olayı	<= 5.26E-06

Tablo 3.10'da MPEG-4 AVC ile kodlanmış standart tanımlı IPTV servisleri için iletim katmanı deneyim kalitesi parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 3.10 MPEG4 kodlanmış SDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri [31]

<i>Yayın Akışı Bit Hızı (Mb/s)</i>	<i>Gecikme</i>	<i>Jitter</i>	<i>Maksimum Hata Süresi</i>	<i>IP Paketleri Kayıp Aralığı</i>	<i>Kayıp Uzunluğu</i>	<i>Ortalama IP Görüntü Akışı Paket Kayıp Oranı</i>
1.75	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	4 IP paketi	Saat'te 1 hata olayı	<= 6.68E-06
2.0	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	5 IP paketi	Saat'te 1 hata olayı	<= 7.31E-06
2.5	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	5 IP paketi	Saat'te 1 hata olayı	<= 5.85E-06
3.0	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	6 IP paketi	Saat'te 1 hata olayı	<= 5.85E-06

Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da verilen deneyim kalitesi parametreleri aynı zamanda SDTV izle/öde servisleri içinde geçerlidir. Tablo 3.11'de MPEG-2 ile kodlanmış HDTV IPTV servisleri için sağlanması gereken iletim katmanı deneyim kalitesi parametreleri gösterilmektedir. Tablo 3.12'de MPEG-4 AVC ile kodlanmış yüksek çözünürlüklü IPTV servisleri için deneyim kalitesi parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 3.11 MPEG- kodlanmış HDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri [31]

<i>Yayın Akışı Bit Hızı (Mb/s)</i>	<i>Gecikme</i>	<i>Jitter</i>	<i>Hata Başına Maksimum Süre</i>	<i>IP Paketleri Kayıp Aralığı</i>	<i>Kayıp Uzunluğu</i>	<i>Ortalama IP Görüntü Akışı Paket Kayıp Oranı</i>
15.0	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	24 IP paketi	4 saatte 1 hata olayı	<= 1.17E-06
17	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	27 IP paketi	4 saatte 1 hata olayı	<= 1.16E-06
18.1	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	29 IP paketi	4 saatte 1 hata olayı	<= 1.17E-06

Tablo 3.12 MPEG-4 AVC kodlanmış HDTV IPTV servisleri iletim katmanı QoE parametreleri [31]

<i>Yayın Akışı Bit Hızı (Mbps/s)</i>	<i>Gecikme</i>	<i>Jitter</i>	<i>Hata Başına Maksimum Süre</i>	<i>IP Paketleri Kayıp Aralığı</i>	<i>Kayıp Uzunluğu</i>	<i>Ortalama IP Görüntü Akışı Paket Kayıp Oranı</i>
8	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	14 IP paketi	4 saat'te 1 hata olayı	<= 1.28E-06
10	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	17 IP paketi	4 saat'te 1 hata olayı	<= 1.24E-06
12	<200 ms	<50 ms	<= 16 ms	20 IP paketi	4 saat'te 1 hata olayı	<= 1.22E-06

### 3.3.3 Yazı ve Grafik Bileşeni Deneyim Kalite Metrikleri

IPTV sistemlerde kullanılan yazı ve grafik bileşenleri için sağlanması gereken deneyim kalitesi metrikleri ITU-T F.700 standardı ile belirlenmiştir. Bu bölümde yazı ve grafik bileşenleri metriklerinin belirlenmesinde etkili olan faktörler detaylıca incelenmektedir.

#### 3.3.3.1 Yazı Bileşeni Deneyim Kalitesi

Yazı bileşeni bilgisinin alınması, ekranda kullanıcıya gösterilmesi, kaynak kullanıcıdan son kullanıcıya gönderilmesi, verinin işlenmesi ve tekrar alınması gibi adımları içermektedir. Yazı bileşeni, formatlanmış yazı karakterlerinden oluşan bir sunum ortamıdır. Kod dizileri olarak kaydedilir ve iletilir. Her ne kadar aynı görüntü ve resimler üzerinde gösterilse de, kullanıcıya gösterilebilmesi için ekran ya da sayfa üzerinde özel tanımlı yazı fontlarının çözülmesi işlemini gerektirir. Giriş birimi olarak klavye kullanılır. Çıkış birimi ise ekran ya da yazıcıdır. IPTV sistemlerde kullanılacak olan yazı metni için tanımlanmış olan kalite seviyeleri aşağıdaki gibidir [19]:

T0: Minimum kalite olarak tanımlanır. Alfabede kullanılan harfler ve noktalama işaretlerini içermektedir. Özel bir format ya da yazı font'u seçimi yoktur.

T0 bis: Alfabe'deki temel karakterler, noktalama işaretlerini ve temel grafik karakter kümesini içermektedir. Özel bir format ya da yazı fontu kullanılmaz.

T1: ISO-10646-1 lisan bölgesini destekleyen fontlar tarafından sınıflandırılan yazı konuşma kalitesi olarak tanımlanır. Yüz adet karakter arasında bir adet karakterden daha fazla bozuk ya da karışmış karakter olmasına izin verilmez. Yazının iletildiği karakter girişi ile yazının gösterileceği alıcı arasındaki gecikme süresi iki saniyeden kısa olmalıdır.

T2: Üst seviye yazı konuşma kalitesi olarak tanımlanmaktadır. ISO-10646-1 standardı ile tanımlı karakterler için font desteğinin olması gerekir. Beşyüz adet karakteri arasında en fazla bir adet bozuk karakter kabul edilmektedir. Yazı karakterlerinin girişi ile gösterimi arasındaki gecikme süresi bir saniyeden daha az olmalıdır. Sunum ve yazım fonksiyonları ile kullanıcıya yazı metni üzerinde kontrol seçeneği verilebilir. Kullanıcı, yazı bilgisinin içine grafik ve animasyonlu resim verisi ekleyebilir.

Yazı, karşılıklı konuşma servisleri için desteklendiğinde yazı girişi ve gösterimi arasındaki zamanlama çok kritiktir. Yazı bilgisi, girildiği ana yakın gerçek zamanlı bir süre içinde iletilir ve gösterilir. Yazı metni aynı zamanda özel bir cümlenin sonunda ya da özel bir gönderme talebi üzerine iletilebilir. İki kullanıcı arasındaki karşılıklı konuşmada gerçek zamanlı konuşma işlemi konuşmanın en ideal şekilde sağlanması açısından önemlidir.

Bilgi elde etme işlemi, metnin herhangi bir yerine çeşitli formattaki görsel etkileri yerleştirme fonksiyonunu içermesi gerekirken karşılıklı konuşma işlemi için yazma işleminde fonksiyonlar sadece yeni hatta geçiş ya da son karakteri silme fonksiyonları olacak şekilde azaltılabilir. Tablo 3.13'te sağlanması gereken yazı kalitesi seviyeleri gösterilmektedir.

Tablo 3.13 Yazı bileşeni QoE parametreleri [19]

Service	T0	T0 bis	T1	T2
Teleks	X			
Videoteks		X		
Yazı telefonu			X	X
Karşılıklı konuşma				X
Mesaj servisleri			X	X

Yazı kalitesi esas olarak formatlama yeteneği ile farklı formattaki fontların ve karakterlerin kullanılmasına bağlıdır. Hata doğrulama işlemi yapılmadığında, yazı kalitesi bozulmuş, eksik ve yanlış yerleştirilmiş karakterlere bakılarak ölçülür [32].

### **3.3.3.2 Grafik Bileşeni Deneyim Kalitesi**

Grafik bileşeni, grafik bilgisinin alınması, kullanıcıya sunulması, kaynak kullanıcıdan alıcı kullanıcıya gönderilmesi, diğer gruplara sunulması, işlenmesi ve yeniden düzenlenmesi işlemlerini sağlar. Grafik bileşeni, görsel resimlerin alınması ve geometrik nesnelere koordinat, şekil ve renk bilgisi ile iletilmesini sağlar. Grafik işlemi, koordinat, şekil ve renk bilgisi ile belirlenmiş geometrik nesnelere oluşan bir sunum ortamıdır. Kodlar kümesi ve parametreler olarak kaydedilir ve iletilir. Görüntü ve resimler olarak aynı ekran üzerinde gösterilse de kullanıcıya gösterilebilmesi için özel geometrik resimlerin çözülmesi işlemi gerektirir. Giriş birimi, bir grafik tablet, elektronik kalem ya da mikroişlemci üzerinde koşan bir grafik yazılımı olabilir. Çıkış birimi ise yazıcı ya da bir ekrandır. Grafik kalitesi, gösterilecek olan nesnelere karmaşıklığı ve sayısı, boyutları ve koordinatlarının kesinliği ile olası renklerinin sayısına bağlıdır. Kullanıcı tarafından algılanan toplam deneyim kalitesi ise giriş ve çıkış sistemlerinin çözünürlüğüne bağlıdır.

### **3.3.4 Kontrol Fonksiyonları Deneyim Kalitesi**

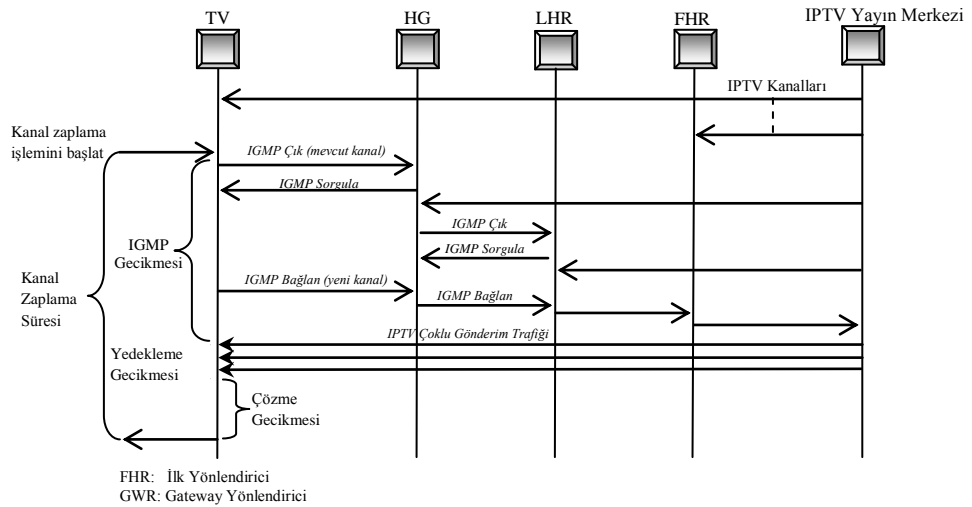
IPTV kontrol fonksiyonları, IPTV servislerin en önemli kısmını oluşturmaktadır. IPTV kontrol fonksiyonları, diğer tüm fonksiyonlar ile olan bağlantıdan, servislerin kullanıcının memnuniyetini sağlayacak şekilde uygun seviyelerde işletildiğini garantilemekten sorumludur. Güvenlik açısından bakıldığında da, IPTV kontrol fonksiyonları, abonelerin istediği içerikler için bir anagiriş sistemi rolü oynadığı ve bileşenler arasında veri akışını yönlendirdiği için son derece önemlidir. IPTV kontrol fonksiyonları, kullanıcıdan istekleri alır. Kullanıcıya doğru içeriğin gönderildiğini garantilemek için iletim fonksiyonları ve içerik dağıtım fonksiyonları ile beraber çalışır. IPTV kontrol fonksiyonları içinde en önemlileri, kanal zaplama işlemi, elektronik yayın rehberi ve şifreleme haklarından sorumlu DRM fonksiyonlarıdır.

### 3.3.4.1 Kanal Zaplama

IPTV sistemlerde, kanal değiştirme işlemi mevcut yayıncılık sistemlerinde olduğu gibi cihaz üzerinde değil bir merkezi sunucu sistem üzerinde gerçekleştirilir. Cihazın ağ ile iletişimde olması nedeniyle bazı gecikmeler oluşacaktır. Bu gecikmelerin yanısıra ağ ve IPTV veri merkezi de kanal zaplama işlemine ilave gecikmeler getirecektir. Kanal zaplama işlemi genellikle aşağıdaki Şekilde başlatılmaktadır [33]:

- EPG/IPG üzerindeki bir metadata kanalının seçimi,
- Kanal numarası girilerek ya da Prg+/- tuşları ile kanalın seçilmesi,
- Cihaz üzerindeki kanal aşağı/yukarı tuşlarını kullanarak kanalın seçilmesi,
- İnternet program rehberi uygulama menüsünden bir kanalın seçilmesi,
- İlk açılışta belirlenmiş olan ilk kanala ya da son izlenen kanala bağlanması,
- Favori kanal listesinden bir kanalın seçilmesi,
- Program tablosu listesinden bir kanalın seçilmesi.

En önemli deneyim kalitesi parametresi olan kanal zaplama süresi, IGMP gecikmesi, yedekleme gecikmesi ve çözme gecikmesi olmak üzere üç temel faktör ile tanımlanabilir [34]. Şekil 3.2’de kanal zaplama işlemi süresince gerçekleşen adımlar ve gecikmeler gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Kanal zaplama işlemi sırasındaki gerçekleşen işlemler ve gecikmeler [19]



**IGMP Gecikmesi:**

Kanal zaplama işlemi, IPTV cihazı tarafından IGMP mesajının içeriğinde taşınan bilginin çoklu gönderim grup adresine gönderilmesi ile başlar. IGMP Bağlan mesajı ana giriş cihazına gönderilir. Anagiriş birimi cihazı, IGMP mesajını işleyerek yönlendiriciye gönderir. Alınan mesaj anagiriş yönlendiricisi tarafından talep edilen noktaya gönderildikten sonra bağlanmak istenen kanal dağıtılmaya başlanır [35].

**Yedekleme Gecikmesi:**

IPTV cihazı, çoklu gönderim trafiğini almaya başladığında aldığı paketleri bir yedekleme ünitesi içinde yedeklemeye başlar. Yedekleme işlemi, alınan görüntü paketleri gösterilmeye başlamadan önce yapılmalıdır [36]. Yedekleme gecikmesi, yedekleme ünitesi içinde çoklu gönderim trafiğinin alınması ile cihazın ekranda oynatması için yeterli veriye sahip olması arasındaki zamandır [37].

**Çözme Gecikmesi:**

IPTV cihazı çoklu gönderim yayını alma ve yedekleme işlemi başladıktan sonra yayının işlenmesi ve ekrana basılması işlemi başlar. Bu gecikme tipi, I-paketlerini alma gecikmesi ile çözme gecikmelerini içermektedir [38]. IPTV mimarisinde, kanal zaplama işleminin deneyim kalitesini karşılayacak şekilde olması gerekir. Bu konu dördüncü bölümde detaylı olarak ele alınacaktır.

**3.3.5 İzle/Öde Servisleri Deneyim Kalite Metrikleri**

VoD kontrol fonksiyonları, paralı servisler için VCR özelliklerini sağlamaktadır. Kullanıcı yayın içeriğini görmek istediğinde, içerik arama motoru olan bir elektronik program rehberi aracılığı ile içerik bilgilerine erişebilir. VCR'ın getirdiği özelliklerin sağlanabilmesi için VoD kontrol fonksiyonları, yayını durdurma, tekrar izleme, hızlı ileri ve geri sarma özelliklerini sağlamaktadır [39].

**VoD Kontrol Fonksiyonları Gecikmesi:**

Yayının seçimi, durdurulması, oynatımı, hızlı ve yavaş ileri/geri oynatımı gibi VoD kontrol fonksiyonları belirli bir gecikmeye sahiptir. VoD deneyim kalitesi metrikleri aşağıda belirtilen göstergeler ile ifade edilmektedir:

- **Yayın seçimi işleme gecikmesi:** İstenilen yayının seçildiği an ile gösterilmesi arasında geçen zaman aralığıdır.
- **Yayını Oynatma gecikmesi:** Oynat işlemi yapılması ile yayının gösterilmesi arasında geçen zaman aralığıdır.
- **Sonlandırma (stop) gecikmesi:** Sonlandırma (stop) seçimi yapıldıktan sonra oynatılan yayının durması arasında geçen zaman aralığıdır.
- **Tekrar başlat gecikmesi:** Tekrar başlat seçimi yapıldığı an ile cihaz üzerinde tekrar başlatma işleminin yapılmasına kadar geçen zaman aralığıdır.
- **Durdur işlemi gecikmesi:** Durdur işlemi seçildiği an ile bu işlemin gerçekleştiği ana kadar geçen zaman aralığıdır.
- **Hızlı ileri sarma gecikmesi:** Hızlı ileri sarma işleminin seçildiği an ile bir işlemin gerçekleştiği ana kadar geçen zaman aralığıdır.

VoD kontrol fonksiyonlarındaki gecikmeler, VoD deneyim kalitesini belirleyen önemli parametrelerden biridir. Kaliteyi doğrudan etkileyeceği için VoD kontrol fonksiyonlarındaki gecikmelerin en az seviyede olması gerekmektedir.

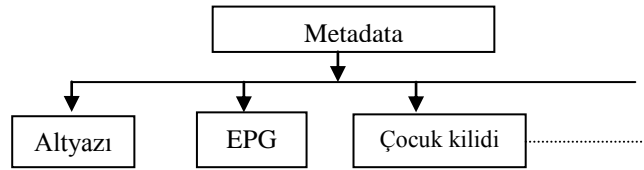
### 3.3.6 Metadata Deneyim Kalite Metrikleri

IPTV sistemlerde metadata kavramı, IPTV verisi hakkındaki bilgiyi tanımlamak için kullanılır ve XML formatında oluşturulur. Metadata verisi, hem içerik sağlayıcı hemde ağ operatöründen gelen yayın içerik bilgisini birleştirir. Metadata verisinin içerdiği bilgiler şunlardır [11]:

- Çeşitli katmanlardaki paketler için erişilebilir kanallar listesi,
- Kanal adı, tanımı, logosu,
- Yayın sağlayıcı, web adresi,
- Program başlık bilgisi, başlangıç ve bitiş saatleri, dil seçenekleri,

- Program içeriklerinin detaylı tanımı,
- Çocuk kilidi bilgisi ve yaş sınırı standartları,
- İçerik görüntü oranları,
- Altyazı bilgisinin olup olmadığını bildiren gösterge,
- Gömülü reklamların tanımı,
- Ses ve görüntü içeriğinde kullanılan sıkıştırma teknikleri,
- Farklı IPTV içerikleri için fiyat ve erişim şartları,
- IP genişbant şebekesindeki planlanmış dağıtım süresi,
- Yayınlanacak olan içerik için kullanılan protokoller hakkında açıklama,
- Önbelleğe alma işlemi detayları,
- İzle Öde servisleri için önizleme süresi,
- Kayıt hakları, izleyici profili.

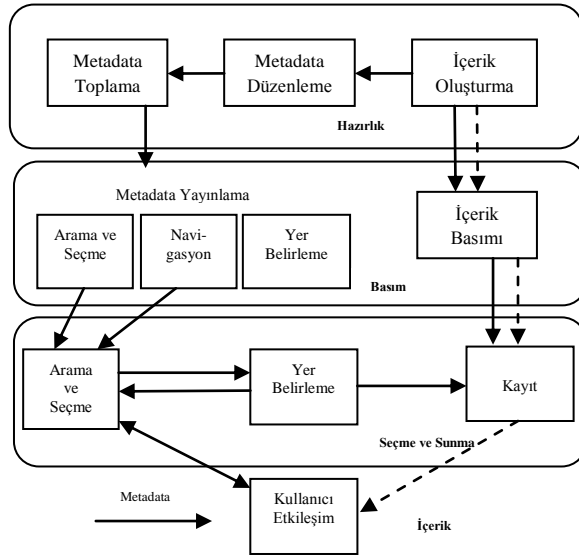
Metadata genellikle VoD içeriğini taramak ve araştırmak için kullanılmaktadır. Standart bir film ile birleştirilmiş olan metadata verisi, filmin türü, saati, özeti, yapılış tarihi, film üreticileri, oyuncular ve yönetmen hakkında bilgi, yaş sınırı, lisans ücreti ve diğer detay bilgileri içermektedir. Şekil 3.3'te metadata'yı oluşturan bileşenler gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Metadata bileşenleri [19]

IPTV sistemlerde kullanılan pek çok teknoloji ile birlikte, metadata endüstri kuruluşları ve standartları oluşturulmaktadır. Tüketici elektroniği alanında kullanılan en başarılı formatlardan ikisi MPEG-7 ve TVAnyTime'dir. MPEG-7, ISO/IEC 15938 olarak adlandırılan bir ISO/IEC metadata standardıdır. Aynı zamanda "çoklu ortam içerik tanımlama arayüzü" olarak bilinen MPEG-7 standardı, gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan ses ve görüntü içeriğini tanımlamak için kullanılan çekirdek

teknolojileri tanımlar. MPEG-7 standardında olduğu gibi TV-AnyTime standardında da metadata verisini sunmak ve formatlamak için XML kullanılmaktadır [40]. XML'e ek olarak, TVAnyTime spekleri aynı zamanda ses, görüntü, resim ve oyunlar olmak üzere dört çoklu ortam bileşenine ait IPTV sistemlerde kullanılabilen özellikleri de tanımlamaktadır. Bunun yanı sıra, TVAnyTime speği ayrıca servis sağlayıcılarına, farklı IPTV cihaz tipleri ve ağ karakteristiklerine göre yayın içeriğini hedefleme özelliği de sağlamaktadır. Şekil 3.4'te IPTV sistemlerde kullanılan metadata tasarım akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Metadata akış diyagramı [11]

İçerik oluşturma katmanı, yayın içerik verisinin oluşturulmasından sorumludur. En temel metadata verisi bu aşamada oluşturulmaktadır. İçeriğin basımı bölümünde ise kullanıcıya gönderilecek olan yayın içeriğinin canlı ya da banttan yayınlanmasından sorumludur. Metadata düzenleme birimi, kullanıcıya uygun metadata verisinin oluşturulmasından sorumludur. IPTV veri merkezindeki tüm kaynaklardan metadatanın toplanması işlemi metadata toplama bölümünde gerçekleştirilir. İçerik ile birleştirilmiş metadata verisinin yayınlanması işlemi ise metadata basımı bölümünde gerçekleştirilmektedir. Bu işlem genellikle EPG aracılığı ile gerçekleştirilir. İçerik seçimi birimi, kullanıcının içerik seçimi yapabilmesinden sorumludur. Görüntü

verisinin yerinin belirlenmesini sağlayan birim yer belirleme birimidir. Kayıt bölümünde, görüntü kayıt işlemi için olan gereksinimler tanımlanır. Metadata verisinin arama ve ilişkili seçme fonksiyonlarının gerçekleştirildiği birim arama ve seçme birimidir. IPTV sistemlerde metadata deneyim kalitesi için aşağıdaki parametrelerin sağlanması gerekir [19]:

**Erişilebilirlik:** Ağ üzerinde metadata iletimini garantilemek için yüksek oranda erişilebilirliğin desteklenmesi önerilmektedir.

**Veri boyutu:** Ağ bantgenişliği, içerik sayısı, toplam servis sayısı gibi faktörlerle ilişkili iletilecek metadata veri boyutunun olabileceği kadar küçük olması önerilmektedir.

**Doğruluk:** Servis sağlayıcısı, özel bir içerik ile etiketlenmiş olan metadata verisinin doğruluğundan emin olmalıdır. Metadata verisinin doğruluğunun önemini açıklayan bir örnek, yayının yaş sınırı bilgisinin doğruluğudur. Yayının doğru yaş sınırı bilgisi müşterinin beklentileri ile doğrudan ilişkilidir.

### 3.3.7 Elektronik Program Rehberi Deneyim Kalitesi

IPTV teknolojisi evlere çok sayıda kanal ve servis sunmaya başladığından beri, IPTV kullanıcıları çok sayıdaki seçeneği kolayca tarama ihtiyacı hissetmeye başlamıştır. Bu ihtiyaç için tasarlanan ve akıllı program rehberi (IPG) olarak adlandırılan elektronik program rehberi (EPG), çeşitli servislere kolayca bağlanabilmek, ön izleme yapabilmek ve servisleri seçebilmek amacıyla tasarlanan bir arayüz yazılımıdır [11].

EPG uygulaması, IPTV servislerinin standart bir parçasıdır ve yaygın olarak kanallar arasında navigasyon yapabilmek ile yayın içeriğinin kaynaklarını kullanıcıya sunabilmek için kullanılmaktadır. EPG, IPTV abonelerine HTML formatında erişilebilir kanallar bilgisini sunar. Uzaktan kumanda ile kolaylıkla bu menü üzerinde seçim yapılabilmektedir. IPTV ağlarının çift yönlü erişim özelliği sayesinde her kanala ait günlük/aylık program bilgisini ve her programın detaylı tanımını içermesi mümkündür. Buna ek olarak, IPTV aboneleri programları, tipine, başlığına ve hatta zamana göre arayabilme olanağına sahiptir. Bir kanal IPTV abonesi tarafından seçildiğinde, yayın içeriği hemen izlenebilmesi için geniş bant şebeke üzerinden cihaza indirilmektedir.

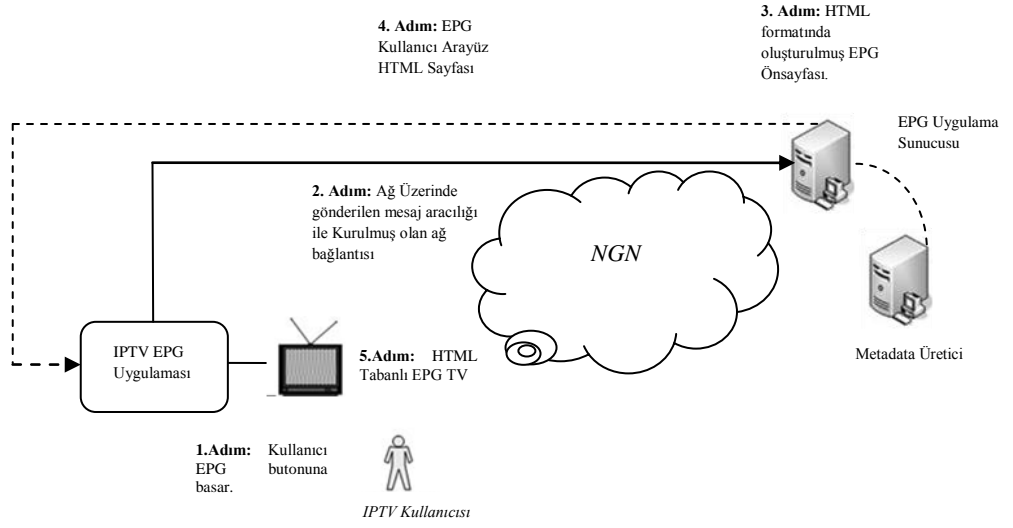
EPG uygulaması, genellikle grid formatında ya da liste formatındadır. Kolay okunması ve anlaşılması için bu şekilde tasarlanmaktadır. Ancak farklı IPTV servis sağlayıcılarının marka gereksinimlerini karşılamak için EPG arayüzünün görünüş tasarımını değiştirmek mümkündür. IP cihazı üzerinde çalışan client EPG uygulaması ile sunucu uygulaması arasındaki iletişim işleminde standart IP protokolleri kullanılmaktadır. IPTV iletişim ağı canlı yayınlar için kullanıldığında IPTV cihazı tarafından alınan program bilgileri port numaralarını ve ilişkili çoklu gönderim IP adreslerini de içerecektir. IPTV EPG uygulaması, mevcut ve gelecek program ait bilgileri gösterir. EPG uygulamasının içerdiği fonksiyonlar aşağıdaki gibidir:

- IPTV çoklu gönderim kanalların haftalık programının gösterilmesi,
- Otomatik yayın kaydı,
- Yeni bir e-posta alındığında kullanıcıyı uyarmak,
- Seçilen bir program ya da konuyu içeren programları kullanıcıya hatırlatmak,
- Yaş sınırı olan kanallara erişimi engellemek,
- Belirli bir zaman ya da tarih için belirli konudaki programları bulabilmek,
- IPTV cihazındaki kayıt depolama aygıtını kontrol edebilmek,
- Özel programları ön izleme yapabilmek ve TV izlemeyi kişiselleştirmek.

İleri seviye IPTV sistemlerde, kullanıcılar istedikleri şekilde EPG'yi programlayabilmektedir. EPG ekranı üzerinde kanalın başlık, bitiş ve başlangıç zamanı ile ilgili bilgiler de gösterilmektedir. Etkileşimli IPTV uygulamalarının desteklenebilmesi için EPG'de rehber içinde resim özelliğinin desteklenmesi gerekmektedir.

IPTV EPG uygulaması fonksiyonel olarak aşağıdaki özelliklerin hepsini ya da bazısını sağlamak zorundadır:

- Kullanıcılar kendi favori canlı yayın (multicast) ve banttan yayın (VoD) listesini oluşturabilmelidir, EPG ekranının görünüşünü değiştirebilmelidir.
- Ağ operatörü tarafından sunulan IPTV servisleri ve kanalları arasında hızlı bir şekilde navigasyon ve arama yapabilmelidir.



Şekil 3.5 IP genişbant şebekesine bağlı IPTV cihazına EPG gönderim işlemi [11]

Şekil 3.5'te gösterilen EPG uygulamasının gönderim işlemi sırasında gerçekleşen adımlar aşağıdaki gibidir:

1. EPG tuşuna basılır ve IPTV cihazı üzerindeki EPG uygulaması, kumandadan gelen komutu işler.
2. IPTV ağı üzerinden EPG gönderilmesi işlemi, tarama tabanlı kullanıcı-sunucu ağ modelini kullanmaktadır.
3. Komut IP paketleri formunda alınır, yetkilendirme işlemi gerçekleştirilir ve sunucu birim tarafından bir web sayfası üretilir. Web sayfası son kullanıcı için gerekli olan kanal bilgisini içerir. Bu bilgi ya IPTV EPG sunucu biriminde yedeklenmiş olarak tutulacaktır ya da metadata üreticisi tarafından istenecektir.
4. IPTV EPG sunucu birimi, son kullanıcının istediği sonuçları IPTV cihazı üzerindeki EPG tarama uygulamasına gönderir.
5. Sonuçlar alınır ve EPG sayfası ekranda gösterilir.

Yukarda tanımlanan EPG ağ mimarisinde, sunucu birimlerinin EPG komutlarına hemen cevap verebilme yeteneği son derece önemlidir. Bazı durumlarda kullanıcılar EPG taleplerinin yavaş işlenmesi ve bazı gecikmelerle karşı karşıya kalacaktır. Bu durumun sürekli olması halinde, servis sağlayıcılar IPTV cihazı üzerindeki EPG uygulamasını kontrol edebilmeye izin veren bir mimari kullanma seçeneğine sahiptir. Bu yaklaşımda, temel EPG uygulaması cihazın belleğinde saklanmakta ve IP ağı üzerinden mevcut metadata verisine erişilmektedir. EPG uygulamasının IPTV cihazı içinde kayıtlı olarak tutulması, IPTV cihazı ilk açıldığında bir kez ve hemen yüklendiği için kullanıcının taleplerine olan yanıt sürelerini hızlandıracaktır.

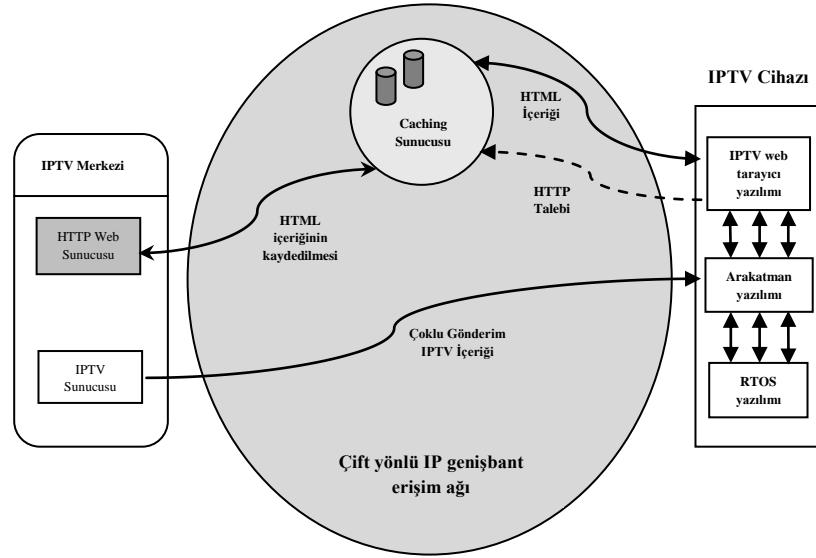
IPTV sistemlerde EPG deneyim kalitesinin tatmini için kolay kullanım, EPG sayfasının açılış süresi ve program bilgilerinin ekranda gösterilme süresi gibi faktörlerin deneyim kalitesi speklerini sağlaması gerekmektedir.

### **3.3.8 Tarama Motoru Deneyim Kalitesi**

IPTV ağ operatörleri, IPTV kullanıcılarına web erişim olanağı sağlar. Bu özellik, ya TV tabanlı web tarama motoru uygulaması ya da diğer tarama motoru uygulamaları (walled-garden uygulama yazılımı) şeklinde desteklenmektedir. TV tabanlı web tarama uygulaması, PC ortamındaki web tarama motoru uygulaması ile benzerdir. Tek farkı uygulamanın PC üzerinde değilde TV üzerinde çalışmasıdır. Pek çok web sayfaları TV izleyicisi için uygun olacak şekilde değiştirilememesi nedeniyle, bu sayfaları otomatik olarak değiştirecek IPTV cihazı üzerinde çalışan gömülü tarama motoru uygulamasının desteklenmesi gerekmektedir. Gömülü tarama yazılımı, IPTV cihazı üzerinde koşan IPTV platform yazılımının bir parçası olarak tasarlanmaktadır.

Web tarama motoru uygulaması, bir IPTV sistemde önemli bileşenlerden biridir. Şekil 3.6'da yüksek hızlı web erişimi için IPTV operatörleri tarafından kullanılan sistemin altyapı mimarisi gösterilmektedir. Aşağıdaki şekilden de görüldüğü bu sistemdeki bloklar, IPTV cihazındaki web tarama uygulaması, http web sunucu ve yüksek hızlı internet bağlantısından oluşmaktadır.





Şekil 3.6 IPTV tarama motoru sistemi [11]

IPTV cihazlarının sağladığı tarama motoru uygulamalarının performansı, masaüstü bilgisayarların sağladığı tarama motoru uygulamaları ile aynı seviyede işlevselliği desteklemek zorundadır. Tarama motoru uygulaması, IPTV cihazı, mobil telefon ve internet uyumlu cihazlar gibi kaynak kısıtlı platformlarda çalışacak şekilde tasarlanmaktadır.

Tarama motoru yazılımı, gerçek zamanlı işletim sisteminin ve arakatman yazılımının üstünde çalışan yazılım katmanıdır ve aşağıdaki özellikleri destekleyecek şekilde tasarlanmaktadır [11]:

- *İnternet ağı (web) sayfalarının gösterilmesi:* İnternet ağı sayfasının televizyon ekranı üzerinde gösterimi, bir bilgisayar monitörü üzerinde aynı sayfanın gösterilmesi işleminden çok farklıdır. TV'lerin uzun yıllardır kullanıldığı unutulmamalı ve bu nedenle IPTV cihazı, TV ekranı üzerinde kullanıcıların internet ağı sayfalarını kolayca izleyebilmesini sağlayan karmaşık tarama yazılım uygulamasını destekleyebilmelidir. Tarama motoru uygulaması, düşük çözünürlüklü cihaz üzerinde izlenen yayının etkilerini sınırlayarak internet sayfasının içeriğini ekran üzerine yerleştirebilmelidir. Bu işleme “Kodlama Değiştirme (transcoding)” adı verilir ve internet ağı içeriğini standart televizyon ekranında gösterebilmek için daha basit bir formata çevirme işlemi içerir.

Kodlama değiştirme (transcoding) işlemi, HTML ve Görüntü Kodlama Değiştirme olmak üzere iki bölüme ayrılır.

HTML içeriğini değiştirme (transcoding) işlemi, hataları bulmak için kodun kontrol edilmesi işlemidir. HTML hatasına ilişkin bir örnek için standart bir internet ağı sayfası üzerinde </html> etiketinin olmayışı verilebilir. Kodlama değiştirme işlemi bu tip html hatalarını filtreler ve cihazın tarama motoru uygulaması aracılığı ile kolaylıkla çevrilebilen bir HTML sürümü üretir. Hata kontrollerine ek olarak html kodlama değiştirme birimi, aynı zamanda internet ağı sayfasının planını TV merkezli bir formata da çevirebilmektedir. Örneğin internet ağı tarama uygulamasının desteklediği başlangıç yazı font boyutu on olarak tanımlansın. Bu yazı fontu boyutu ekranda gösterilmek üzere kullanıldığında yazı karakterlerinin okunması çok zor olacaktır. Kodlama değiştirme tarama motoru yazılımı ile yazı fontunun boyutu yirmi ya da yirmi iki puntoya otomatik olarak çevrilecektir. Bu yaklaşım ile TV ekranı üzerinde bilgisayar monitöründe gösterilen bölgeye oranla daha az yazı gösterilecektir ancak TV ekranı üzerinde gösterilen yazı kullanıcılar tarafından kolaylıkla okunabilir olacaktır. Yazı font boyutlarının otomatik olarak ayarlanabilmesi özelliğine ek olarak, kodlama değiştirme işlemi ile sayfa boyutu televizyon ekran boyutlarına uygun olacak şekilde ayarlanacaktır.

Görüntü kodlama dönüştürme işlemi ise kullanılacak olan resim formatlarının IPTV ortamı için uygun olan bir formata çevrilmesi işlemidir. Kullanıcı JPEG resimleri içeren bir internet ağı sayfasına erişmek istediğinde, görüntü kodlama değiştirme işlemi ile JPEG formatındaki resimler GIF formatına çevrilir. Ayrıca bazı ileri seviye tarama motoru uygulamaları, grafikleri televizyon ekranına uygun olacak şekilde değiştirebilmektedir. Bu zellik sayesinde internet ağı sayfaları üzerindeki resimler ve renkler televizyon ekranının çözünürlüğüne uygun olacak şekilde yeniden ayarlanmaktadır.

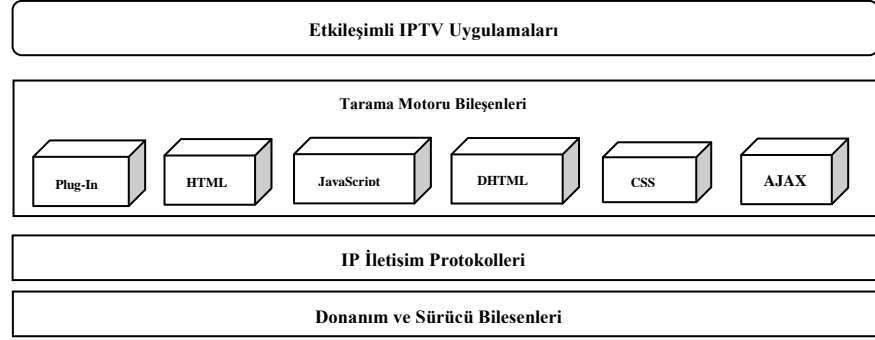
- *IPTV kullanıcısından gelen komutların alınması ve yorumlanması:* Televizyon zerindeki internet tarama sistemlerinin başarılı olması için kullanımının kolay olması gerekmektedir. Bu düşünceden hareketle tarama motoru uygulamalarında, uzaktan kumanda ile ya da kablosuz klavye ile erişilebilen televizyon ekranı üzerinde navigasyon kontrol fonksiyonları kullanılır. Tarama motoru uygulamasının kullanıcı

arayüzü genellikle sunucu tarafından üretilen bir HTML sayfasından oluşur. Kullanıcılar, TV ekranı üzerindeki menü seçeneklerini seçebilmek için uzaktan kumanda ya da kablosuz klavye üzerindeki ok tuşlarını kullanır. Menü seçenekleri arasında farklı renk ile gösterilmiş olan kutucuk, kullanıcı tarafından seçilmiş olandır. Navigasyon butonlarından herhangi birine basıldığında seçilmiş olan menü kutucuğu ona en yakın olan seçeneğe geçer. Tercih edilmiş olan seçenek eğer bir bağlantı adresi içeriyorsa ve kullanıcı OK tuşuna basarsa, tarama motoru uygulaması seçilen adresteki internet sitesini ya da seçilen adresteki yayını gösterecektir.

- *Yerel Lisan'a Tercüme İşlemi:* Bu özellik IPTV servislerinin, dünyada farklı kültürlerde ve coğrafi olarak farklı bölgelerde gösterilebilmesini sağlar.
- *Kişiselleştirme:* IPTV uyumlu cihazlarda desteklenen tarama motoru uygulamaları, internet kişiselleştirme teknolojisini desteklemektedir. Küçük uygulamalar, merkezi sunucudan tarama motoru uygulamasına iletilen mesajlar olarak tanımlanmakta ve bir metin dosyası olarak kaydedilmektedir. Küçük uygulamaların temel amacı, kullanıcılarının alışkanlıklarını belirlemek ve kullanıcılar için geliştirilmiş TV sayfaları oluşturabilmektir.
- *Özelleştirebilme:* Tarama motoru uygulamalarının kullanıcı arayüzü, özel logo ve diğer marka etiketlerini içerebilecek şekilde değiştirilebilmektedir. Yayın tabanlı internet standartlarını desteklemek, IPTV servis sağlayıcılarına mevcut internet içeriğini ve servisleri yüksek hızlı IP tabanlı genişbant ağı üzerinde tekrar kullanabilme olanağı sağlar.

Şekil 3.7'de IPTV cihazındaki bir tarama motoru uygulamasını oluşturan katmanlar gösterilmektedir.

- *HTML Lisansı:* HTML, etkileşimli TV uygulamalarında başlık, tablo, metin, liste, fotoğraf, kısa film, gibi IP tabanlı içeriği yayınlayabilme olanağı sağlayan metin tabanlı bir lisandır. Tarama motoru uygulamasında ilk olarak IP şebekesinden internet sayfası alınır ve HTML kodu olarak işlenir. HTML bileşenleri TV ekranında izlenebilecek şekilde formatlandıktan sonra internet sayfası uygun çıkış portuna gönderilir.



Şekil 3.7 IPTV cihazları tarafından desteklenen tarama motoru formatları [11]

Sayısal TV ve IPTV standart toplulukları, TV ve internet içeriğinin aynı sayfa üzerinde gösterilebilmesi için HTML lisanına TV uyumlu özellikler eklemiştir. HTML lisanına eklenen bu ilave özelliklerin bazıları şunlardır [11]:

- *Resim İçinde Resim (PIP)*: İnternet sayfası içinde canlı yayının gösterilebilmesini sağlar.
- *Üst üste gösterme*: TV kanalı üzerinde internet sayfasının gösterilebilmesini sağlar.
- *Pencere*: Uzaktan kumanda üzerindeki kontrol tuşlarını kullanarak görüntü akışını pencereler halinde yeniden boyutlandırabilme, kapatabilme ve gizleyebilme özelliklerini sağlar.
- *Şeffaflık*: Bu teknolojiyi destekleyebilmek için resim dosya formatları, tamamen ya da kısmen şeffaf olabilecek şekilde hazırlanmalıdır.
- *Bileşenlerin Yerleştirilmesi*: Tablo ve özel HTML etiketlerinin kullanımı, IPTV içerik tasarımcılarına televizyon ekranı üzerinde çoklu ortam bileşenlerinin koordinatları üzerinde kontrol olanağı sunar.
- *JavaScript*: Javascript, HTML dökümanlarını genişletebilmek için tasarlanmış açık kaynak kodlu, nesne tabanlı bir yazılım lisanıdır. Javascript yazılım bileşeni, IPTV

servis sağlayıcılarına ve içerik tasarımcılarına etkileşimli uygulamalar geliştirmelerini sağlar.

- *Kaskad Tipli Sayfalar (CSS)*: CSS özelliği, IPTV içerik tasarımcılarına sayfaların görünüşleri üzerinde kontrol olanağı sağlayan HTML lisanının bir uzantısıdır. CSS standardı, CSS1, CSS2 ve CSS-TV olmak üzere üç temel bölümden oluşmaktadır. CSS-TV standardı, TV ekranı üzerinde izlenebilmesi için internet içerik şeklini tanımlayan standartları içermektedir.

- *Dinamik HTML (DHTML)*: Dinamik HTML, animasyonlu dökümanların gösterilebilmesini sağlayan oluşan HTML tipidir. DHTML, JavaScript gibi bir yazılım lisansı değil, HTML için uygulama programlama arayüz (API) katmanıdır. Bu özellik, IPTV içerik tasarımcılarına sunucuya bağlanmadan cihaz üzerinde sayfaların değiştirebilmelerini sağlar.

- *Döküman Nesne Modeli*: İnternet sayfası içinde nesnelerin tanımlanmasını sağlayan bir yazılımdır. İnternet dökümanı içinde gömülüdür ve tarama uygulaması tarafından HTML kodu ile beraber işlenir.

- *AJAX*: Asenkron JavaScript ve XML (AJAX) yazılım lisansı, internet tabanlı IPTV uygulamaları tasarlamak için kullanılan bir teknoloji platformudur.

- *Plug-In*: Bu özelliğin kullanımı ile animasyonlar ve çoklu ortam bileşenleri tarama motoru uygulaması ile anında tanınmaktadır. Plug-in yazılımı, bir servis ya da bir özelliğin eklenmesi sağlayan bir yazılım bileşenidir. Örneğin yeni bir plug-in özelliği ile IPTV cihazındaki tarama motoru yazılımı Flash tabanlı oyunları, animasyonları, filmleri ve çift yönlü etkileşimli sunumları gösterebilecektir.

IPTV cihazındaki bellek kısıtları nedeniyle, televizyonun tüm özelliklerini ve yukarda tanımlanan internet tabanlı standartları destekleyecek şekilde bir tarama yazılımı tasarlamak bazen zor olabilir. Ancak W3C teknolojilerini tarama yazılımlarında destekleyebilmek hem servis sağlayıcıları hemde son kullanıcılar için gereklidir. Son kullanıcı açısından, açık internet üzerinde erişilebilir yayının tamamını izleyebilmesini sağlar. Servis sağlayıcıları açısından da mevcut internet içeriğini

yeniden kullanabilmeyi ve hızlı bir şekilde etkileşimli TV uygulamaları tasarlayabilmelerini sağlar.

İnternet Sunucusu, http sunucusu olarak bilinir ve temel olarak bir dosya sunucusudur. Web sunucusunun IPTV şebekesindeki temel fonksiyonu IPTV tarama client cihazlarından gelen http isteklerini dinlemek ve bunlara yanıt vermektir. Bir talep alındığında, sunucu tarama ile bağlantı kurar ve istenen dosya ya da internet sayfasını gönderir. İstek sunulduktan sonra, sunucu bir sonraki http isteğini beklemek için dinleme durumuna geçer. http son derece hızlıdır. Yüz milisaniyelik devirler ile istek yapılır ve isteğe yanıt verilir. Gecikmeler çoğunlukla IP tabanlı şebekelerdeki karışıklık nedeniyle olmaktadır. Bunların yanı sıra internet sunucuları, IPTV ağına bağlanma (login olma) aktivitesi, kullanıcıların yasal olmayan internet sayfalarından korunması, açık internet üzerinde eş internet sunucularına isteklerin gönderilmesi gibi görevlerden de sorumludur. İnternet sunucusu için donanım gereksinimleri IPTV uyumlu cihaz ile internet sunucusu arasındaki etkileşim seviyesine göre değişecektir.

Yedekleme Sunucusu, IPTV uyumlu cihazlar üzerinden internet bağlanıldığında yedekleme işlemi için kullanılmaktadır. Yedekleme sunucuları, IPTV servis sağlayıcılarının bölgesel ofislerinde kurulur. IPTV sistemlerde uygulanan yedekleme tekniği, sunucu üzerinde en çok tercih edilen internet sayfalarının kaydedilip saklanmasıdır. Tarama motoru uygulaması tarafından kullanılan çeşitli yedekleme sunucuları standart iletişim protokollerini kullanır. Yedekleme sunucuları, standart sunucu üzerinde çalışan yazılım ve belirli bir donanım platformu olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Tarama motoru uygulaması, servis sağlayıcıdan gelen etkileşimli içeriğin IPTV kullanıcısı tarafından kullanılabilmesi için geliştirildiğinde aşağıdaki özellikleri destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır [19]:

1) *TV özellikleri:* Televizyon kullanıcılarının kullanım tecrübesi dolayısı ile beklentileri de bilgisayar kullanıcılarından farklıdır. Tarama motoru deneyim kalitesinin belirlenmesinde beklentilerdeki farklılık son derece önem taşımaktadır. Deneyim kalitesi ölçütleri belirlenirken, PC ve TV arasındaki işlemci performans farklılığında dikkate alınmalıdır. IPTV cihazı üzerindeki bir tarama motoru uygulaması da PC için tasarlanmış olan tarama uygulaması ile benzer kapasiteye sahip olmayacaktır.

- 2) *Monitör ekranlar:* Ekran özellikleri, tarama motoru uygulamalarının deneyim kalitesi ölçümleri için düşünülmesi gereken özelliklerdendir.
- 3) *Yazı Karakteri Boyutu:* Ekranda gösterilecek olan yazı karakterleri kullanıcının belli bir uzaklıktan rahatlıkla görebileceği boyutta tasarlanmalıdır.
- 4) *Navigasyon:* Tarama motoru uygulaması üzerindeki navigasyon kontrolünün, doğru, hızlı ve işlevsel olacak şekilde tasarlanması gerekir.

### 3.3.9 Navigasyon Fonksiyonları Deneyim Kalitesi

İçerik navigasyon işlemi, içeriklerin araştırılması ve seçilmesi için gereken fonksiyonlar olarak tanımlanır. Bu durumda içerik navigasyonu, doğrudan kanal seçimi, elektronik program rehberi ya da kanal öneri rehberi gibi çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir. Navigasyon yöntemleri için tanımlanan deneyim kalitesi metrikleri aşağıdaki gibidir.

- **Nümerik tuşlar ya da program+/- tuşları ile kanal navigasyonu**

Özellikle çok sayıda program listeleri olması durumunda kolay kanal seçimi yöntemlerinin düşünülmesi ve geliştirilmesi önerilmektedir. Sistemdeki ağ üzerinde yüzlerce kanalın var olduğu düşünüldüğünde etkili kanal navigasyonu kullanıcı açısından son derece önemli olmaktadır [41].

- **EPG ile kanal navigasyonu**

Elektronik Program Rehberi, içerik navigasyon işlemi için en kullanışlı yöntemlerden biridir. Yayın içeriklerini araştırmak ve seçmek için harcanan zaman ile kolay kullanım nesnel ölçüm değerleri, elektronik program rehberi ile kanal navigasyon işlemi için de deneyim kalitesi gereksinimleri olarak düşünülmektedir.

- **Kanal önerim yöntemi ile kanal navigasyonu**

Yayın içeriği önerim yöntemleri IPTV kullanıcısı için son derece yararlıdır. IPTV yayın operatörleri, kullanıcıların tercihlerine göre yayınlar önerebilmektedir. İçerik önerim yöntemlerinde, kişisel bilgilerin güvenliği ve önerilen doğruluğu dikkate alınması gereken parametreler arasındadır. Önerilen içerikler çok tercih edilen yayınları

kapsıyorsa, öneri deneyim kalitesi gereksinimi yüksek olacaktır. Kişisel bilgilerin güvenliği de deneyim kalitesini etkileyen parametrelerden biridir. Diğer operatörlerin metadata bilgisini alabilmek için tasarlanan iletişim fonksiyonu da deneyim kalitesini etkileyen parametreler arasında düşünülmektedir.

### **3.3.10 Ödeme Sistemleri Deneyim Kalite Metrikleri**

IPTV servisleri için ödeme bilgisi, kullanıcının izle öde (PPV) ya da VoD gibi isteğe bağlı yayınları seçip izlemesi durumunda oluşturulmaktadır. IPTV cihazındaki ya da DSLAM üzerinde kaydedilmiş olan IPTV fatura bilgisi, korsan yönetim aktiviteleri ile yasal olmayan bir şekilde silinebilir. Merkez sunucuya yasal olmayan erişim VLAN yönetimi üzerinden komutlar göndermek için kullanılabilir ya da IPTV cihazı veya DSLAM üzerinde kayıtlı olan IPTV fatura bilgisini silmek için ev ağı üzerinden erişebilir. Bu tip korsan erişimler içten ya da dıştan yapılan saldırıların sonucu olarak ortaya çıkabilir. IPTV ödeme bilgisinin yasal olmayan bir şekilde değiştirilmesi için yapılan bu tip saldırılar ya ev ağı ortamından ya da DSLAM ile anagiriş birimi arasındaki VLAN yönetimi tarafından kaynaklanmaktadır [7]. IPDR (Internet Protocol Detail Record) grubu, IPTV ödeme sistemleri ve ağ yönetimi ile ilgili standartların oluşturulmasından sorumludur.



## BÖLÜM 4

### IPTV ÇOKLU GÖNDERİM MİMARİSİ VE KANAL ZAPLAMA

IPTV servis sağlayıcıları, etkileşimli servislerin yanı sıra aynı zamanda diğer yayıncılık sistemlerindeki TV programlarını da sunmaktadır. İzle öde servislerinde IPTV veri merkezleri ile IPTV cihazları arasında bağlantıları ve oturumları kurmak için tekli gönderişim iletişim sistemi kullanılmaktadır. Tekli gönderim iletişim yöntemi, noktadan noktaya kurulan oturumlar çok büyük ağlar gerektirdiğinden geleneksel yayıncılık sistemlerindeki kanalların dağıtılması için etkili bir yöntem değildir. Bu nedenle, canlı TV kanalının birden fazla kullanıcıya aynı anda dağıtılması için çoklu gönderim adı verilen teknik kullanılmaktadır.

Çoklu gönderim teknolojilerin temel amacı, TV izleme oturumu süresince kullanıcıların kanalları anında ve güvenilir bir şekilde değiştirebilmesini garantilemektir. Telekom şirketleri, geleneksel paralı TV servisleri üzerinde IPTV'nin bir avantajı olarak hızlı kanal değiştirme özelliğini pazarlamaktadır. Televizyon yayınlarının IPTV kullanıcılarına dağıtımında çoklu gönderim ağlar tarafından IGMP (Internet grup yönetim protokolü) protokolü kullanılmaktadır. IGMP protokolünün üç farklı sürümü bulunmaktadır. Bu bölümde ilk olarak IPTV ağ yapısı üzerinde kullanılan dağıtım protokolleri ile canlı yayınların gönderiminde yaygın olarak kullanılan çoklu gönderim mimarisi ve kullanılan yönlendirme protokolleri ile IPv6 ağları üzerinde çoklu gönderim işlemini uygulamak için kullanılan teknolojiler incelenecektir. Bu bölümdeki diğer alt bölümlerde ise çoklu gönderim sistemlerde deneyim kalitesini doğrudan etkileyen kanal zaplama işlemi ve kanal zaplama süresini etkileyen faktörler detaylıca incelenecektir.

## **4.1 IPTV Dağıtım Mimarisi**

Gerçek zamanlı IP tabanlı TV'lerdeki ağ trafik paternleri, VoIP ve yüksek hızlı internet erişimi gibi diğer IP servisleri tarafından üretilen paternlerden farklıdır. Örneğin, internet trafiği yüksek ve düşük aktivite seviyeleri arasında değişirken, görüntü trafiği yüksek üretim seviyelerine dayanır. Görüntü trafiği ile tekil paternleri uyumlandırmak için tekli gönderim, yayınlama ve çoklu gönderim olmak üzere üç farklı teknik kullanılmaktadır. Bu bölümde sadece tekli gönderim ve çoklu gönderim kavramlarına ilişkin tanımlar verilmektedir.

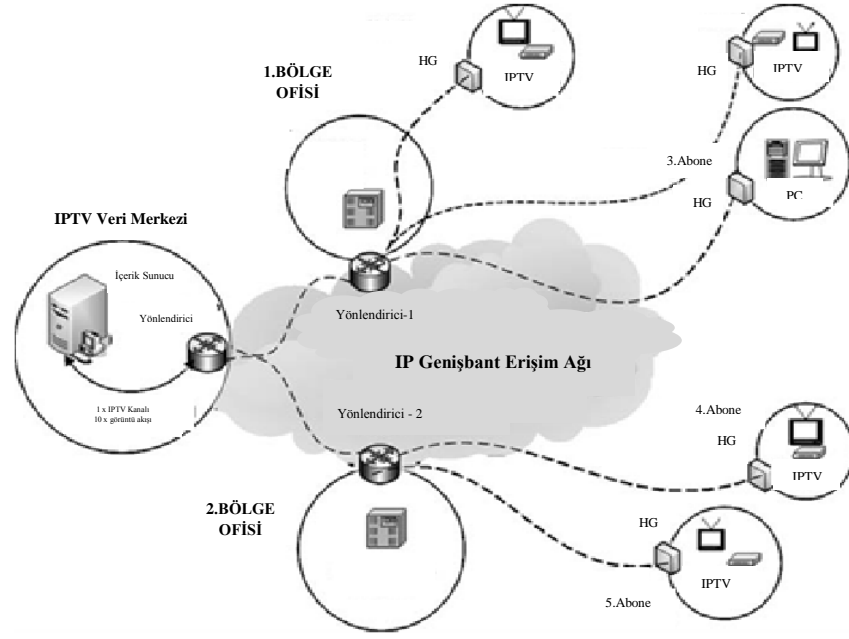
### **4.1.1 Tekli Gönderim**

Tekli gönderim tekniğinde her bir IPTV görüntü akışı tek bir IPTV cihazına gönderilmektedir [11]. Bu nedenle, eğer birden fazla IPTV kullanıcısı aynı kanalı seçtiğinde her bir IPTV cihazına ayrı bir tekli gönderim yayın akışı gönderilecektir. Bu yayın akışlarının her biri yüksek hızlı IP şebekesi gerektirir. IP şebekesi üzerinde tekli gönderim tekniği uygulanması prensibi, her bir kullanıcıya özel içerik akışı gönderilmesine dayanır. Teknik açıdan incelendiğinde tekli gönderim tekniğinin uygulanması kolaydır ancak ağ üzerindeki mevcut bant genişliği bu yöntem ile efektif bir şekilde kullanılamaz.

Tekli gönderim ortamdaki çoklu IP bağlantı ihtiyacı, çok yüksek kapasiteli şebeke bağlantıları gerektirecektir. IP görüntünün bu yöntem ile taşınması, VoD (izle öde) ve NDVR (ağ tabanlı sayısal görüntü kayıt işlemi) gibi her bir abonenin tek bir yayın akışı alabileceği sistemler için uygundur.

### **4.1.2 Çoklu Gönderim**

Çoklu gönderim yöntemi, canlı TV kanallarını yayınlamak için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. IPTV çoklu gönderim tekniği ile kanalı izleyen kişilerin sayısı hesaplanmaksızın her bir yayın kanalının bir kopyası şebekeye iletilmektedir. Bu yöntem, ağ trafik ve bantgenişliği korunumu gereksinimlerini azaltmak için kullanılan en uygun yöntemdir. Gruplar ve üyelik, çoklu gönderim işleminin nasıl işletileceğinin temelini şekillendirir.



Şekil 4.1 Çoklu gönderim tekniğinde kullanılan IP bağlantıları [11]

Bu teknik, bantgenişliği tüketimini nispeten düşük tutar ve tekli gönderim sistemi altında bulunan sunucu üzerinde küçük bir kısmın işlem sorumluluğunu azaltır. Şekil 4.1’de çoklu gönderim tekniği kullanılarak beş farklı kullanıcının aynı anda aynı kanala erişimi gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, içerik sunucudan dağıtıcı yönlendiriciye sadece tek bir kopya gönderilir. Bu yönlendirici akışın iki kopyasını alır ve onları belirlenmiş IP bağlantıları üzerinden bölge ofislerindeki yönlendiricilere gönderir. Daha sonra bu yönlendiricilerin her biri yayın akışını izlemek isteyen arayüz portlarına bağlı evler için akışların kopyasını alır. Bu yaklaşım, IP bağlantılarının sayısını ve ağ üzerinde hareket eden görüntü akışlarının sayısını önemli derecede azaltacaktır [11].

Çoklu gönderim tekniği, servis sağlayıcıları tarafından canlı IPTV programlarının yayınlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut IP ağı altyapısının kullanılabilmesi açısından da etkili bir tekniktir. Çoklu gönderim tekniği, IPTV cihazları ve yayıncı arasındaki bağlantı için yukarı akış yolunu kullanmaz. IPTV içeriğinin çoklu gönderim işlemi, tekli gönderim ve yayıncı iletişim modelleri ile karşılaştırıldığında daha karmaşık bir yöntemdir. Daha sonraki bölümlerde, çoklu

gönderim tekniğinin IPTV içeriğinin iletilmesinde nasıl kullanıldığı detaylıca anlatılmaktadır.

## 4.2 Çoklu Gönderim Ağ Mimarisi

IPTV tabanlı sistemlerde, kullanıcılara aktarılan canlı yayın içeriği IPTV merkez sunucularında saklanmaktadır. İçeriğin kaynaktan varış noktasına çoğaltılmadan eş zamanlı olarak aktarılması bantgenişliğini önemli ölçüde koruyacaktır. Çoklu gönderim tekniği, kaynak bilgisinin çok sayıda alıcıya minimum bantgenişliği ve kaynak ya da alıcı tarafında ilave bir yüklenme olmaksızın gönderilmesini sağlar. Diğer bir deyişle, canlı yayın içeriğinin gönderilmesi için kullanılan bantgenişliği miktarı abone sayısının artması ile değişmeyecektir. Çoklu gönderim paketleri, ağ üzerinde bulunan çoklu gönderim özelliğine sahip yönlendiriciler tarafından çoğaltılır. Çoklu gönderim özellikli yönlendiriciler, çoklu gönderim yönlendirme protokolleri aracılığı ile paketlerin iletilmesini sağlar.

Çoklu gönderim tekniği, IPTV'nin abone tabanlı bir sistem olduğu gerçeğine dayanarak servis sağlayıcıların alıcı grupları tanımlayabilmesine olanak sağlar. IPTV sistemlerde paralı uygulamaların kullanıcılara gönderilmesinde yaygın olarak kullanılan tekli gönderim tekniği, canlı yayın içeriğinin kullanıcılara gönderilmesi için uygun değildir. 50000 kullanıcı sayısı ile birlikte ortalama bir IPTV sistemi, 1Mbps standart tanımlı canlı yayının kullanıcılara tekli gönderim tekniği ile kullanıcılara gönderilmesi durumunda 50Gb bantgenişliği tüketecektir. Oysa çoklu gönderim tekniği kullanılarak gönderildiğinde sadece 1Mb bantgenişliği tüketecektir [6].

Tekli gönderim tekniği ile paketler varış noktasının IP adresine göre gönderilir. Böylece güvenilir şebeke şartları altında IP tekli gönderim paketleri kaynaktan varış noktasına özel bir yol boyunca ağ üzerinden gönderilir. Oysa çoklu gönderim yönteminde, içerik çoklu gönderim grup adresleri ile temsil edilen bir gruba gönderilmektedir. Çoklu gönderim yönlendiricisi akışın yönüne karar verebilme kabiliyetinde olmalıdır. Çoklu gönderim uyumlu yönlendiriciler, ağ üzerinde çoklu gönderim trafiğini kontrol eden çoklu gönderim dağıtım ağaçları yaratmak için çoklu gönderim yönlendirme protokollerini kullanır. Yönlendiriciler, bilinen grup üyelerinin aktif olup olmadığını anlamak için IGMP protokolü ile LAN'ü belirli aralıklar ile sorgular. Eğer ağ üzerinde iki ya da daha fazla sayıda çoklu gönderim yönlendiricisi var

ise, grup üyelerinin durumunu sorgulamak için bu yönlendiricilerden biri sorumlu olarak seçilir. IGMP'den öğrenilen bilgiye dayanılarak yönlendirici hangi çoklu gönderim trafiğinin her bir IP altağı'na iletilmesi gerektiğine karar verir. Başka bir deyişle IGMP, çoklu gönderim grup dağıtım ağacının tamamlanması için kullanılır. Çoklu gönderim bir sistemin uygulanması, dağıtık ağ mimarisine dayanır. IP çoklu gönderim servislerin dağıtımı için gereken lojik ve fiziksel bileşenler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır.

- IGMP cihazları, çoklu gönderim gruplar ve adresleme,
- Çoklu gönderim protokolleri ve iletim teknolojileri.

#### **4.2.1 IGMP Cihazları**

Çoklu gönderim seçimli bir anasistem cihazı çoklu gönderim veriyi alabilecek ve gönderebilecek ya da sadece gönderebilecek şekilde biçimlendirilir. IGMP iletişim işlemlerinde kullanılan iki tip cihaz bulunmaktadır.

- IGMP anasistem cihazı, IPTV şebekesine bağlı bir sistem cihazı ya da alıcı cihazdır. IGMP anasistem cihazlara örnek olarak, alıcı cihaz, mobil telefon ya da standart bir PC verilebilir.
- IGMP yönlendirici olarak adlandırılan çoklu gönderim yönlendiriciler, IPTV ağ altyapısının en önemli bileşenidir.

IPTV ağı üzerindeki yönlendiriciler, dağıtım ve toplama yönlendiricileri olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

Dağıtım yönlendiricileri, IPTV veri merkezinde bulunur ve kaynak içerik sunucuları ile doğrudan iletişim halindedir. Tüm IPTV kanalları, dağıtım yönlendiricisinde erişilebilirdir. Toplama yönlendiricisi, şebekede aşağı akış yönündedir ve son kullanıcıya yakındır. Şebekenin bu noktasında sadece toplama yönlendiricisine bağlı IPTV cihazlar tarafından izlenen kanallara erişilebilir.

Çoklu gönderim IPTV yönlendiricileri, bütün sistemin ayrılmaz bir parçası ve lineer IPTV yayıncı kanallarının dağıtılmasında kullanılan ana malzemedir. Çoklu

gönderim IPTV yönlendiricileri, IPTV iletim şebekesine bağlıdır ve aşağıdaki fonksiyonları desteklemektedir [11].

1) *Çoklu Gönderim IPTV yayın içeriğinin alınması:* IPTV şebekesi üzerindeki pek çok yönlendirici arabirimi çoklu gönderim modda çalışmaktadır. Yönlendirici, gelen paketlerin işlenip işlenmeyeceğini anlamak için inceler. Çoklu gönderim yönlendirici, paket başlığında bire eşitlenmiş özel bir bit değerine sahip paketi aldığı anda, paketin ileride işlenmesi için IP iletişim protokolü aracılığı ile paketi gönderir. Çoklu gönderim yönlendiriciler aynı zamanda IPTV çoklu gönderim trafiğinin naklinin sağlanması için karmaşık algoritmalar kullanmaktadır.

2) *IGMP mesajlarının yönetimi ve işlenmesi:* Çoklu gönderim yönlendiriciler, çeşitli IGMP mesajlarını alabilme, işleyebilme ve yönetebilmelidir.

3) *Yönlendirici tabloların saklanması:* Çoklu gönderim yönlendiriciler, yönlendiricinin konfigüre edildiği tekli gönderim protokoller için kullanılan aynı tablolar kullanabilir. Bu tablolar, yönlendiricinin işletim sistemi tarafından güncellenmektedir.

4) *IPTV akışların kopyasının çıkarılması:* Kopyalama işlemi, gelen IPTV görüntü akışının alınmasındaki yönlendiricinin bir özelliği olarak tanımlanır ve bu yayın akışı tek ya da çoklu yönlendirici portlar aracılığı ile IPTV abonelerine bireysel olarak kopyalanır.

Yukarıda tanımlanan işlerin hepsi yönlendiricinin işletim gereksinimlerine eklenir. Böylece çoklu gönderim teknolojilerin uygulanması yönlendiricilerin performansı üzerinde ciddi bir etkiye sahiptir ve IPTV içeriğinin etkili bir şekilde dağıtılması için sıklıkla güncellenmesi gerekmektedir.

#### **4.2.2 Çoklu Gönderim Grup Teorisi ve Adresleme**

Özel bir veri akışını alan alıcı cihazlar topluluğu, çoklu gönderim grubu olarak tanımlanır. Grup üyeleri ne düzenlenmiş ağ topolojisine ne de ortam sınırlarına sahiptir. Her bir alıcı, çoklu gönderim uyumlu yönlendiriciler ile birbirine bağlı olarak ağ

üzerinde herhangi bir yere yerleştirilmiş olabilir. Herhangibir çoklu gönderim grubuna bağlanmak için IP sunucuları IGMP protokolünü kullanır. IPTV cihazı, veri akışlarını alabilmek için bir IP grubun üyesi olmalıdır. IPTV ağı üzerinde çoklu gönderim işlemi, özel bir IPTV kanalını alan IPTV cihazlar grubuna görüntü paketlerinin gönderilmesi ile aktif olur. Çoklu gönderim grup adresleri, ilk dört bit 1110 ile başlar ve adres uzunluğu 224.0.0.0 ‘dan 239.255.255.255’e kadar değişir. Bu uzunluk, 268.435.436 çoklu gönderim grubun toplam adres boşluğuna denktir [11]. Çoklu gönderim adres aralığı, farklı uygulama tiplerini destekleyebilmesi için alt bölümlere ayrılır. Tablo 4.1’de çoklu gönderim adres aralıkları ve uygulama alanları gösterilmektedir.

Tekil çoklu gönderim varış adres aralığı IP host dinleyici gruplarını sınıflandırmak için kullanılır. Çoklu gönderim adres aralığı, sadece çoklu gönderim trafiğinin varış adresi için tanımlanır. Çoklu gönderim paketleri için kaynak adresi, veri akışının tekli gönderim kaynak adresidir. IANA (internet atanmış sayılar birimi), çoklu gönderim adreslerindeki atamaları kontrol eder. Çoklu gönderim grup adresleri, 224.0.0.0 ile 239.255.255.255 adres aralığı ile tanımlanmaktadır.

Tablo 4.1 IP çoklu gönderim adres aralıkları ve uygulamaları [11]

Adres Aralığı	Adres Çeşidi	Tanım
224.0.0.0 – 224.0.0.255	Sürekli	Tek sekmeli çoklu gönderim uygulamalar için kullanılır. 224.0.0.2 adresi yerel ağ’a bağlı tüm yönlendiricileri gösteren özel bir adrestir. 224.0.0.22 adresi ticari IPTV uygulamaları için kullanılan bir diğer özel adrestir. Grup adresleri, grup üyeliği düşse bile kalmaya devam eder.
224.0.1.0 – 238.255.255.255	Küresel kapsamda	Bu aralıktaki adresler, yayının kamuya özel internet arasında gönderilmesi için kullanılır. Bu gruplar, erişilebilir üyeler olduğu sürece kalmaya devam edecektir.
239.0.0.0-239.255.255.255	Admin kapsamında	Bu adres aralığı, yerel grup ya da organizasyonlar ile sınırlı IP çoklu gönderim uygulamalar için kullanılır.

### 4.2.3 IGMP Protokolü

IPTV çoklu gönderim işleminde, IPTV içeriğinin dağıtılması ve kopyalanması için özel tanımlı protokoller kullanılır. IGMP protokolü, çoklu gönderim grup adreslerine bağlanabilmek ve adresten çıkabilmek için IPTV cihazları tarafından kullanılan iletişim protokolüdür. Üç farklı sürümü bulunmaktadır [11].

#### 4.2.3.1 IGMPv1

IGMPv1 standardı 1989 yılında yayınlandı ve RFC 1112 dökümanından bulunabilir. IGMP protokolünün ilk sürümüdür ve UNIX ile Microsoft tabanlı işletim sistemlerinde uygulanmıştır. IGMPv1 protokolünde kullanılan mesaj yapısında, üyelik sorgulama ve rapor olmak üzere iki tip mesaj desteklenmektedir.

1) *Üyelik Sorgulama:* Üyelik sorgulama mesajları, çoklu gönderim tekniğini destekleyen yerel yönlendiriciler tarafından kullanılmaktadır. Grup üyelik detaylarının incelenmesini ve çoklu gönderim gruplarındaki üyeler hakkında bilgi sahibi olunmasına olanak sağlar. Arka arkaya gönderilen üç üyelik sorgulama mesajından herhangi bir yanıt alınmaz ise yönlendirici o gruba veri göndermeyi durdurur.

2) *Rapor:* Üyelik rapor mesajları, yerel IP alıcı cihazların özel bir IGMP gruba bağlanmak için kullanılmaktadır.

IGMPv1 protokolün temel özellikleri aşağıda sıralanmaktadır.

- *Çoklu gönderim trafiğinin gönderilmesi:* Bu özellik, çoklu gönderim IP verilerinin gönderilmesi için gerekli bilgilerin sağlanması ile IP protokolünü genişletir.
- *Çoklu gönderim trafiğinin alınması:* Bu özellik, IP çoklu gönderim gruplara bağlanmak için ilave bilgiler kullanarak ile IP protokolünü genişletir.
- *Ethernet desteği (encapsulation):* Ethernet ağı üzerinde çoklu gönderim adresleri doğrudan ethernet paketlerinin varış alanı ile eşleştirmek suretiyle çoklu gönderim trafiğinin iletilmesi bu özellik ile desteklenmektedir.



#### 4.2.3.2 IGMPv2

IGMP sürüm 2.0 protokolü (IGMPv2), özel kanalların alınması için geliştirilen IGMP protokolüdür. RFC2236 dökümanında yayınlanmıştır [42]. Bu sürümde, sorgulama mesajlarının neden olduğu gecikmeleri azaltmak için ilave mesajlar tanımlanmaktadır. IGMPv1 sürümü ile ilave mesajlar dışında genel olarak aynıdır.

- *Çıkış Grup Mesajı:* Kullanıcı tanımlı olduğu çoklu gönderim grupta uzun bir süredir aktif değilse ve veri almıyorsa yeni bir mesaj olarak kullanıcıdan çoklu gönderim grubuna “Çıkış Grup” mesajı gönderilir.
- *Üyelik Sorgulama Mesajı:* Çoklu gönderim yönlendiricisinin çoklu gönderim grubundaki diğer üyelerin çoklu gönderim paketlerini almak isteyip istemediklerini sorgulamak amacıyla tanımlanmıştır. Bazı yönlendiriciler üyelik sorgulama mesajları yerine düzenli sorgulama mesajlarını kullanmaktadır.

IGMPv2 protokolünün temel özellikleri aşağıdaki gibidir [11]:

- 1) *İyileştirilmiş çıkış gecikmesi:* IGMPv2 protokolündeki çoklu gönderim yönlendirici birimi, kullanıcının izlediği kanalı daha uzun süre izlemek isteyip istemediğini öğrenmek için harcanacak zamanı kısaltmaktadır. Bu özellik, istenmeyen yayın akışlarını durdurur. Aynı zamanda ağ üzerindeki karışıklık ve kullanıcıya düşük kaliteli yayın gönderilmesi olasılığını da azaltmaktadır.
- 2) *Yaygın kullanım:* Microsoft’un tüm sürümleri tarafından desteklenmektedir. Aynı zamanda Linux ve Unix işletim sistemlerinin son sürümlerinde de desteklenmektedir.
- 3) *IGMPv1 ile uyumluluk:* İlave fonksiyonların sağlanmasına ek olarak, IGMPv1 sürümü ile de uyumludur.
- 4) *IPv6 tamamlayıcı parçası:* IGMPv2 sürümündeki çoklu gönderim özelliği IPv6 (internet protokolü sürüm 6) ile birleştirilebilir.

#### 4.2.3.3 IGMPv3

IGMPv3 protokolü, RFC 3376 dökümanı ile standartlaştırılıp 2002 yılında yayınlanmıştır [43]. IGMP standardının önceki sürümlerinin üzerine kurulmuş olup desteklediği temel özellikler aşağıdaki gibidir:

1) *SSM (kaynağa özel çoklu gönderim) Desteği:* IGMP standardının eski sürümlerinde IPTV cihazı bir gruba bağlanabilmek için bu isteği belirten bir mesaj gönderir. Mesaj, gruba ait varış adresini ve istenen yayınlanan kanalı içerir. Kanala ait yayın akışı bu isteğe göre yapılacaktır. Çoklu gönderim grubun IP adresi genellikle program bilgisinden çıkarılmaktadır. Kanalın alınması sırasında IPTV cihazı çoklu gönderim gruptaki tüm trafiği dinlemek üzere konfigüre edilir. ASM (herhangi çoklu gönderim kaynağı) olarak adlandırılan bu yaklaşım IGMPv3 protokolünde yeniden düzenlenmiştir. IGMPv3 protokolü ile SSM (kaynağa özel çoklu gönderim) olarak adlandırılan yeni bir yaklaşım desteklenmektedir. Bu ilave IGMPv3 özelliği IPTV cihazının hangi kanalları almak istediğini ve istenen kanalların kaynağının IP adreslerini net bir şekilde bildirebilmesini sağlar. Sadece grup IP adreslerini belirtmek yerine IGMPv3 mesajları çoklu gönderim grup IP adresi ile içerik kaynağının tekli gönderim IP adresini içerir.

Kaynak IP adresi, IPTV ağ ortamı için yararlı bir özelliktir. Bu özellik ile IPTV cihazı, özel bir kaynaktan paketleri almak istediğinde şebeke bileşenlerine talimat verebilmek için cihazlara erişebilmektedir. Ayrıca IGMPv3 protokolü, IPTV cihazında kesinlikle alınması istenmeyen içeriğe ait kaynak adreslerini belirtebilmesine de olanak sağlamaktadır. Bu fonksiyonlar, iki filtre modunun kullanımı ile protokolda uygulanmaktadır.

- *Dahili Filtre Modu:* IPTV cihaz arayüzü dahili mod filtresi ile konfigüre edildiğinde cihaz sadece tanımlanmış olan içerik kaynağından kanalları alabilecektir.
- *Harici Filtre Modu:* IPTV cihaz arayüzü harici mod filtresi ile konfigüre edildiğinde, şebeke özel yayın akışları dışındakileri filtreler, erişim cihazına geçirmez.

IP çoklu gönderim grup adreslemesinde kullanılan SSM modeli, IPTV yayın servisleri için çok yararlı bir özelliktir. ASM modeli ile IPTV yayın akışına bağlanacak olan tüm IPTV cihazları tüm grup üyelerine içerik gönderir. ASM yaklaşımının temel problemi, güvenlik risklerini arttırması ve şebeke trafiğindeki aşırı yüklenmelere neden olmasıdır. ASM modeline alternatif olarak geliştirilen SSM modeli, aynı yayın akışına erişen farklı izleyicileri desteklerken sadece bir kaynak içerik sağlayıcısını kabul etmektedir.

2) *İyileştirilmiş üyelik mesaj yapısı:* IGMPv3 protokolü, IPGMP sürüm 2.0 ile benzer özelliklere sahiptir. Ancak mesaj yapısı bir miktar farklıdır. Her iki sürüm arasındaki en büyük farklılık üyelik rapor mesajının giriş bölümüdür. Bu mesaj tipi genel olarak IP çoklu gönderim TV gruplarına bağlanmak ve ayrılmak için kullanılır. Sorgulamalara cevap verir ve çoklu gönderim alıcı durum bilgilerini sağlar. IPTV cihazı kanal değiştirmek için istenilmeyen bir rapor gönderir. Bu durumda mesaj, ayrılma ve bağlanma işleminin detaylarını içeren iki kayıt içerir. IGMPv3 protokolünde kullanılan sorgulama mesajları IGMPv2 protokolü ile benzerdir. Bu verisyondaki iyileştirme, “Grup ve Kaynak Özel Sorgulama” olarak adlandırılan yeni bir mesaj tipinin tanımlanmış olmasıdır. IGMPv3 mesajları aynı zamanda IPv4 datagramlar ile desteklenmektedir.

3) *Çıkış grup mesajlarının kullanımının bırakılması:* IGMPv3 çıkış grup mesajlarını kullanmaz. Bu özellik kaynak adresi filtreleme sistemi aracılığı ile sağlanmaktadır.

4) *Önceki sürümler ile uyumluluk:* IGMPv3 protokolü, IGMPv1 ve IGMPv2 ile uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır.

5) *İyileştirilmiş bantgenişliği kullanımı ve güvenlik:* IGMPv3 protokolünde görüntü içerik sunucusuna ait IP adresinin tanımlanabilme özelliği, IPTV uyumlu cihazı aynı IGMP çoklu gönderim gruba bağlı diğer cihazlardan alınan trafikten koruması açısından önemli bir iyileştirme değildir. Bu özellik, şebeke üzerinde erişilebilen bantgenişliği miktarını azaltan istenmeyen kaynaklardan gelen içeriği engellemesi açısından önemlidir.

6) *Yeni yönlendirme protokollerinin desteklenmesi:* IGMPv3 standardı ile tanımlanan yeni çoklu gönderim protokolleri, kaynağa özel IP çoklu gönderim teknolojilerini destekleyebilecek şekilde tasarlanmıştır.

7) *Kablo endüstrisi standartlarına uyum:* IGMPv3 protokolü, CableLabs DOCSIS 3.0 iletişim standardının son versiyonun desteklemektedir. Tablo 4.2’de IGMP protokol sürümleri arasındaki özellikler karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.2 IGMP Protokol Sürümleri Karşılaştırma Tablosu [11]

<i>Parametreler</i>	<i>IGMPv1</i>	<i>IGMPv2</i>	<i>IGMPv3</i>
Desteklenen Mesaj Sayısı	2	4	2
IPv6 desteği	Yok	Var	Var
Eski sürümler ile uyum	Yok	Var	Var
SSM desteği	Yok	Var	Var
Güvenlik seviyeleri	Düşük	Orta	Yüksek

Çoklu gönderim şebekesinde yönlendiriciler, kaynak içeriğini kopyalamak ve çoklu cihazlara göndermekten sorumludur. IGMP sorgu işleminin amacı, IGMP üyelik raporlarını izlemek ve görüntülemektir.

### 4.3 IPv6 Ağlarda Çoklu Gönderim

VoIP, IPTV servisleri gibi yeni nesil servislerin artması ile telekomünikasyon şirketleri, genişbant şebekeleri üzerinde IPv6’yı nasıl uygulayabileceklerini araştırmaya başladılar. Bunun gerçekleştirilmesi için canlı yayın kanalları IPTV kullanıcılara dağıtıldığında MLD (Multicast Listener Discovery) Çoklu Gönderim Dinleyici protokolünün servis sağlayıcıları tarafından kullanılması gerekir [11]. MLD (çoklu gönderim dinleyici protokolü), IGMP standardının IPv6 sürümü olarak tanımlanır. IPTV şebekelerinde MLD protokolünden tam olarak yararlanabilmek için hem yönlendiriciler hem de IPTV uyumlu cihazlar IPv6 protokol standardını desteklemek zorundadır. MLD standardının geliştirilen iki sürümü MLDv1 ve MLDv2 olarak tanımlanır. MLDv1, IGMPv2 standardından türetilmiştir ve RFC 2710 dökümanı ile yayınlanmıştır. MLDv2, IGMPv3 standardından türetilmiştir ve RFC 3810 dökümanı ile

yayınlanmıştır İki sürüm arasındaki temel farklılık, MLDv2 sürümünde kaynak çoklu gönderim adresleri filtreleme özelliğinin desteklenmiş olmasıdır.

#### **4.4 IPTV Çoklu Gönderim Sistemlerde Kanal Zaplama**

Uydu, kablolu ya da karasal yayın sistemlerinde tüm kanallar aynı anda kullanıcıya iletiildiği için TV'den kanal seçme işlemi yapıldığı anda seçilen kanal kullanıcıya gösterilecektir [44]. Ancak IPTV sistemlerde, ağ bantgenişliği kısıtı nedeni ile tüm kanallar IPTV kullanıcılarına iletilemez. VoD (isteğe bağlı yayın), nPVR (Ağ Tabanlı Kişisel İçerik Kaydedici) ve diğer servisleri oluşturan banttan yayınlanan özel servislerin kullanımındaki artış, mevcut ağlar üzerinde bantgenişliğinin artmasına neden olacaktır. Her kanalın yüksek bantgenişliği gereksinimi nedeniyle tüm kanallar için bantgenişliğinin etkili bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Kanallardan bazıları cihaz üzerinde erişilebilirdir. Bu kanallar arasında zaplama yapıldığında kanal geçiş süreleri uzun olmayacaktır. Ancak, kullanıcı cihazda erişilebilir olmayan kanallar arasında geçiş yaptığında bu durumda kanal zaplama süresi konvensiyonel yayın sistemlerindeki kanal zaplama süreleri ile karşılaştırıldığında çok uzun olacaktır. Bu nedenle, çoklu gönderim sistemlerde kanal zaplama süresi, en önemli deneyim kalitesi metriği olarak karşımıza çıkar [45] .

IP ağları üzerinde kanal zaplama işlemi, cihaz üzerinde değil IP sunucusu üzerinde gerçekleşir. Kanal zaplama işlemi süresince IPTV cihazının ağ ile olan iletişimi, kullanıcının izleme deneyiminde gecikmelere neden olur. Bu gecikmeye ek olarak cihazdan, ağ ve veri merkezinden kaynaklanan gecikmeler, kanal zaplama işlemi sırasında geçen zamanı daha da arttıracaktır. Kullanıcı kanalları üç farklı şekilde değiştirebilir:

- (1) Uzaktan kumanda ile kanal numarasını tuşlayarak bir kanalı seçmek,
- (2) Prg+/- tuşları ile mevcut kanaldan başka bir kanala geçmek,
- (3) Elektronik program rehberi ya da kanal tablosu aracılığı ile kanal seçmek.

Uydu ya da kablolu vb. gibi mevcut yayın sistemlerinde, tüm kanallar farklı frekanslar üzerinde olduğundan ve cihaz seçilen kanala ait frekansı taradığından kanal seçme işlemi sıradan bir işlemdir. Oysa bir IPTV kanalının seçilmesi işlemi, tüm kanallar aynı anda ağda erişilebilir olmaması nedeniyle çok daha karmaşıktır. Kanal seçme işlemi sırasında gerçekleşen adımlar kullanılan ağ altyapısına bağlı olacaktır. Bir kanalın seçilmesi belirli bir zamanı gerektirir. Seçilen kanala ait lokasyon bilgisi, kanal seçme işleminin tamamlanması için gereken zamanı etkileyecektir. Eğer kanal, ağ anahtarı ya da yönlendiriciye yakın bir yerde erişilebilir ise kanal seçimi sırasında oluşacak olan gecikme ihmal edilebilir. Ancak eğer seçilen kanala ait yayın akışının, IPTV veri merkezindeki sunucudan alınması gerekiyorsa bu durumda yayının IPTV cihazına ulaşması için gereken süre çok uzun olacaktır.

#### **4.4.1 Kanal Zaplama İşlemi**

Kanal zaplama işleminde kullanıcının kanal A 'yı izlediği ve uzaktan kumanda üzerindeki tuşlara basarak suretiyle kanal B'ye geçmek istediği varsayılmaktadır. Kullanıcı, kumandadan prg+prg- tuşlarına basarak, doğrudan kanal numarasını girerek, elektronik program rehberi ya da favori listesini kullanarak kanal zaplama işlemini başlatabilir. Çoklu gönderim sistemlerde kanal zaplama işlemi sırasında gerçekleşen adımlar aşağıdaki gibidir:

1) IPTV kullanıcısı, uzaktan kumanda veya EPG uygulaması aracılığı ile ya kanal numarasını doğrudan girerek ya da Prg+/Prg- tuşları ile kanal değiştirme işlemini başlatır. Uzaktan kumandadan gönderilen komutlar cihaz üzerindeki alıcı göz tarafından alınır ve işlenir.

2) IPTV cihazı kanal değiştirme komutunu alır almaz mevcut kanaldan (kanalA) çıkmak için ilk olarak IGMP Çık komutunu anagiriş birimine gönderir. Anagiriş cihazı IGMP Çık mesajını aldığı anda, IGMP grup-sorgu mesajını ağa gönderir ve maksimum yanıt verme süresi tamamlanıncaya kadar gruptaki diğer üyelerden kanalA için yanıt bekler. Eğer kanalA için herhangi bir rapor alınmaz ise, anagiriş birimi üst seviye yönlendiriciye *IGMP Çık* mesajı göndererek kanalA'yı çoklu gönderim gruba göndermeyi durdurur [46].

3) IPTV cihazı kanalA için *IGMP Çık* mesajını gönderdikten sonra yeni kanala bağlanabilmek için (kanalB) için anagiriş birimine *IGMP Bağlan* mesajını gönderir. Anagiriş cihazı *IGMP Bağlan* mesajını aldığıında izlenmek istenen kanal portlarından birinde mevcut ise komutu işler.

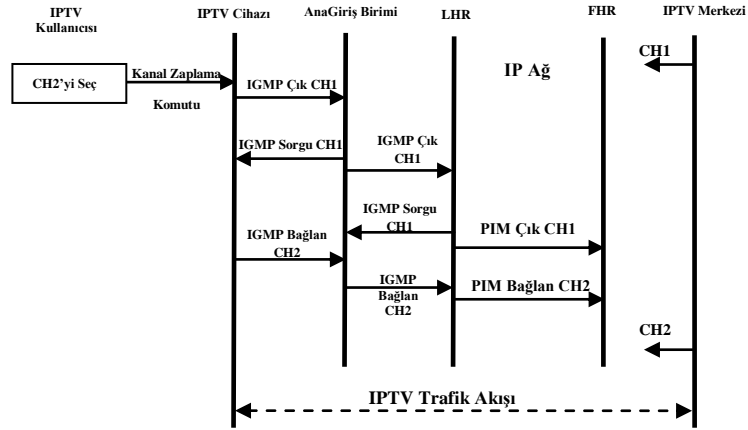
4) Anagiriş birimi kanalB için *IGMP Bağlan* mesajını aldığıında aynı grup üyeliğinde başka kullanıcı yok ise ve seçilen kanal mevcut değilse mesaj üst seviye yönlendiriciye gönderilir.

5) Bölgesel ofislerde yerleştirilmiş olan yönlendiriciler kanala bağlanma talebi aldığıında, seçilen kanalın erişilebilir olması durumunda yayın akışı doğru arayüze kopyalanacak ya da eğer kanal mevcut değil ise kanal seçme talebi dağıtım yönlendiricisine gönderilir. Ağdaki son yönlendirici (LHR), *IGMP Bağlan* komutunu aldığıında diğer yönlendiricilere *PIM Bağlan* komutunu gönderir [46].

6) Yeni kanala bağlanma talep işlemi en son IPTV veri merkezinde sonlanacaktır. IPTV veri merkezinde tüm kanallar mevcuttur. Her bir kanal bir IP adresi ile tanımlanır. Herbir kanal için kullanılan IP adresi, geleneksel RF yayınlarında kullanılan frekans ya da kanal numarası ile eşdeğerdir. Şifreleme sistemi ile kullanıcının istediği kanalı izlemeye yetkisi olup olmadığı kontrol edilir.

7) Yetki kontrolü işlemi tamamlandıktan sonra abonenin kullandığı IP kutu ya da IPTV cihazına ait IP adresi ve diğer bilgiler çoklu gönderim yayın listesine eklenir. Talep edilen yayın, yönlendiriciler ve anagiriş birimi aracılığı ile cihaza iletilir [47].

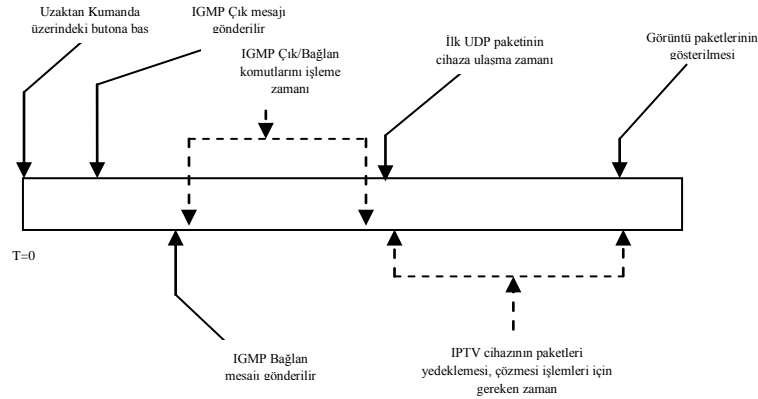
8) IPTV cihazı yeni yayın akışını ve şifreleme tabloları, şifre çözücü anahtarlar vb. gibi ilave güvenlik bilgilerini almaya başlar. Bu bilgileri, bellek ünitesinde depolar ve çözme işlemine başlamadan önce ilk I-paket'lerin gelmesi için bekler. I-paket, yayında gösterilecek olan görüntüyü yeniden kurabilmek için gerekli bilginin tümünü içerir. Paketlerin alınması ile kanal gösterilmeye başlanır. Şekil 4.2'de kanal zaplama işlemi sırasında gerçekleşen adımlar gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Kanal zaplama işlemi sırasında gerçekleşen adımlar [47]

#### 4.4.2 Zaplama Süresini Etkileyen Alt Sistemler

İzlenmek istenen kanalın seçilmesi ile ekranda gösterilmesi arasında oluşan gecikmeye, paket işleme süresi, çözme işlemi, şifrelenmiş yayının çözülmesi ve yedekleme işlemi, IGMP mesajlaşma gecikmesi gibi pek çok faktör etki eder [48]. IPTV sistemlerde, kanal zaplama işlemine etki eden çeşitli alt sistemlerin getirdiği gecikmeler Şekil 4.3 ve aşağıdaki bölümlerde detaylıca açıklanmaktadır.



Şekil 4.3 Kanal zaplama işlemi etkileyen işlemler [11]

#### IPTV Veri Merkezi:

TV kanallarını zaplama işlemi sırasında geçen süreyi etkileyebilecek olan veri merkezindeki sistemler aşağıdaki gibi tanımlanabilir:



1) *Kodlama Sistemi*: Seçilen yayının kodlanması ve işlenmesi için gereken süre izlenmek için yeni talep edilen kanallara geçiş süresini arttıracaktır.

2) *Şifreleme ve Kopyalama Hakkı Sistemleri (CA ve DRM)* : Şifreli özel kanalların kopyalama haklarını korumak, şifrelerin üretilmesi ve ağ üzerinden şifrelerin gönderilmesi için gereken fonksiyonlar kanal zaplama süresini arttıracaktır. DRM sistemlerinin kullanımında kanal değiştirme sürelerine ilave gecikmeler getirecektir.

### **Ağ Ortamı:**

Gönderilmek üzere hazırlanan canlı yayın ilk olarak IPTV trafiğinden sorumlu dağıtıcılara gönderilir. Dağıtım şebekesi üzerindeki çeşitli yönlendiriciler, fiziksel hatlar ve bölge ofis cihazları (DSLAM) kanal değiştirme süresini etkilemektedir. DSLAM ve yönlendiricilerin, IGMP Çık ve Bağlan mesajlarına yanıt verme hızı, kanal zaplama süresi açısından son derece kritiktir. RTSP protokolü, tekli gönderim bağlantılar için kullanılsa da bazı durumlarda çoklu gönderim kanallara erişim için kullanılabilir. Bağlantının kurulumu, mesajlaşma işlemi ile gerçekleşmektedir. Bu durum, kanal geçiş sürelerine ilave gecikmeler getirecektir [48]. Ağ cihazlarına bağlanmak için kullanılan tüm bağlantılar, IPTV kanalları için gereken bantgenişliğini desteklemek zorundadır. Ağ bileşenlerindeki herhangi bir işlem, kanal zaplama sürelerini doğrudan etkileyecek olan jitter özelliğini etkileyecektir. Ağda desteklenen IGMP sürümü ve seçilen çoklu dağıtım protokolleri gibi diğer faktörlerde zaplama süresini etkileyen faktörlerdir.

### **Ev Ortamı:**

Ev ortamında zaplama sürelerini belirleyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) *AnaGiriş Birimi Komut İşleme*: Anagiriş birimi, IPTV cihazı ile NGN dağıtım ağı arasındadır. DSL ortamında anagiriş birimi modem ve ev ağındaki arayüzden oluşur. Anagiriş biriminde işlenecek olan IGMP Çık/Başlan mesaj gecikmesi kanal geçiş süresini doğrudan etkileyecektir.

2) *Kodlama Çözme İşlemi*: Gelen sıkıştırılmış sinyalin IPTV cihazı tarafından çözülmesi işlemi, kanal geçişleri sırasında oluşacak gecikme üzerinde önemli bir rol

oyun. Cihaz yayını çözme işlemine başlamadan önce I-paketlerin gelmesi için bekler. I-paketler, resimler grubunu (GoP) tanımlar ve kodlanmış resmin yeniden yapılandırılması için gereken tüm bilgiyi içerir. I-paket bekleme süresi, kodlayıcı tarafından yayınlanan paket sayısına bağlıdır. Kısa aralıklar ile paketlerin gönderilmesi IPTV cihazının hemen kod çözme işlemine başlamasını sağlayacaktır ancak I-paket'ler toplam verinin neredeyse tümünü içerdiğinden çok büyük miktarda bantgenişliğini gerektirecektir. MPEG2 HD formatında sıkıştırılmış görüntü paketi yaklaşık olarak 19Mbps'lık bir bantgenişliği gerektirirken, H-264 formatında kodlanmış görüntü paketi için 8-10Mbps'lık bantgenişliği gerekir [25,49].

3) *Şifre Çözme İşlemi:* Gönderilen canlı kanal şifreli ise şifreyi çözmek için gereken şifre anahtarlarının gelen veri akışından elde edilmesi gerekmektedir. Güvenlik bilgisi, IPTV yayın akışındaki tablo ile taşınır. Yayın akışı ile gönderilen tabloların (CAT) gönderilme sıklığı, IPTV cihazının gelen yayını en kısa zamanda çözmeye başlamasını sağlayacaktır. Şifre çözme işlemi ile gelen ilave gecikme, şifresiz kanallar için kanal geçiş süresine etkisi sıfır iken şifreli kanallar için 1500 ms'lere çıkmaktadır. Bazı şebekelerde ise bu süre çok daha uzun olmaktadır.

4) *Yedekleme İşlemi:* Görüntü verisinin değişken bit hızlı olması nedeniyle, IPTV paketlerinin gerçek varış süresi ile göreceli varış süresi arasında farklılık olması doğaldır. Bu zaman farkı "jitter" olarak isimlendirilir ve sunucu ya da şebeke üzerinde tanımlanır. Bu nedenle de-jitter depolama bloğu, işlenebilmesi ve gösterilebilmesi için veri kaynağının her zaman hazır olmasını garantilemek için kullanılır. Diğer bir deyişle kullanıcıya siyah ekranın gösterilmesi ile sonuçlanacak cihaz şu anda veri işleme durumundadır şeklinde bir durum olamaz. Bu nedenle yedekleme ünitesinin kullanımı düzgün IPTV akışları için son derece önemlidir. Ancak yedekleme özelliği ilave gecikmeler getirecektir [50]. Ayrıca, bellek yedekleme ünitesinin boyutu da kanal değiştirme süresi üzerinde bir etkiye sahiptir. Büyük boyutlu yedekleme üniteleri, doldurmak için gereken süreyi arttıracaktır. Uzun süreli yedekleme zamanı kanal değiştirme süresini de arttıracaktır.

5) *Donanım Prosesi ve Yazılım Mimarisi*: CPU, çözücü ve bellek performansı vb. donanım mimarisi, kanal değiştirme sürelerini etkileyebilecek olan faktörlerdir. IPTV cihazında tasarlanan yazılım mimarisi de kanal değiştirme süreleri üzerinde olumlu ya da olumsuz yönde etkiye sahip olabilir.

#### **4.4.3 Zaplama Süresini Etkileyen Faktörler**

Çoklu gönderim sistemlerde kanal zaplama süresini etkileyen pekçok parametre bulunmaktadır. Kanal zaplama işlemi sırasında belirli gecikmelere neden olarak kanal zaplama süresini etkileyen parametreler ve gecikmeler aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

**1) IGMP Çık ve IGMP Bağlan komut işleme zamanları:** IGMP komut işleme zamanı, uzaktan kumanda eylemi ile bağlan mesajının iletilmesi arasındaki zaman aralığıdır [51].

**2) Erişim Ağı gecikmesi:** Ağ gecikme zamanı, bağlan mesajının iletilmesi ile talep edilen kanala ait ilk paketin alınması sırasındaki zaman aralığıdır [51].

**3) Jitter depolama gecikmesi:** IPTV cihazına ait jitter depolama gecikme zamanı, IPTV cihazındaki jitter depolama ünitesi, görüntü sinyalinin çözücü fonksiyonuna iletilme noktasına varıncaya kadar geçen zaman aralığıdır [51].

**4) Görüntü çözme gecikmesi:** Görüntü çözme gecikmesi, doğrudan kodlama yapısı ile ilgilidir [48] ve görüntünün işlenmesi sırasında geçen zaman aralığı olarak ifade edilir [51].

**5) CA/DRM sistem gecikmesi:** CA/DRM sistem gecikmesi, şifreleme sistemi ve kopyalama hakları için gerekli olan anahtar şifreleri okumak ve şifreli kanalı çözme işleminin başlaması için geçen zaman aralığıdır [52].

6) **Cihaz işlem zamanı:** IPTV cihaz işlem zamanı, cihaz IP yazılımının IP paketlerini işleyebilmesi ve içeriğin MPEG çözücü birime gönderebilmesi için gereken zaman aralığıdır [52].

7) **Uzaktan kumanda gecikmesi:** Uzaktan kumanda protokol ve kontrol gecikmesi, uzaktan kumanda tuşlarına basıldığında gönderilen komutların işlenmesi için gereken zaman aralığıdır.

Tablo 4.3’de, çoklu gönderim sistemlerde kanal zaplama süreleri gösterilmektedir. Kabul edilebilir deneyim kalitesinin sağlanabilmesi için kanal zaplama süresi 0,43 saniyeyi geçmemelidir [53,54].

Tablo 4.3 Kanal zaplama süresini etkileyen parametreler [55]

<b>Gecikme Parametreleri</b>	<b>Gecikme Süresi (ms)</b>
IR protokol ve tuş gecikmesi	25
Mevcut kanal IGMP çıkış gecikmesi	50
Mevcut yayının durma gecikmesi	150
Yeni kanala bağlanma gecikmesi	50
Jitter yedekleme gecikmesi	200
CAS/DRM gecikmesi	0-2000
I-paket çözme gecikmesi	500-2000
Cihazdaki işlem hızı gecikmesi	100-200

#### 4.5 Kanal Zaplama Süreleri İle İlgili Çalışmalar

Tüketici elektroniği endüstrisi, IPTV kullanıcıları açısından son derece önemli olan bir parametre olan ve TV izleyicilerinin abone oldukları TV sağlayıcılarından aboneliklerinin iptal sebebi olarak hızlı kanal değiştirme işlemi olduğunu fark etti ve çalışmalarını bu konu üzerine odaklandı. ISMA (Internet Streaming Media Alliance) adıyla kurulan bir grup, IPTV’nin bu özelliğini geliştirmek için, IP ağları üzerinde TV kanallarının değiştirilmesi üzerine pek çok teknik çalışma yapmaktadır. Bu grubun hazırlamış olduğu teknik speklere, özel bir IPTV yayın akışı için talep ve mevcut akışın sunulması arasındaki gecikmeye katkıda bulunan faktörler incelenmektedir. Kanal zaplama işlemi sırasında kullanıcı tarafından algılanan gecikme deneyimini en aza indirmek için kullanılabilen bazı teknikler önerilmektedir. Yukardaki bölümlerde

de açıklandığı gibi kanal zaplama süresi kullanıcı açısından son derece önemli bir parametredir. Bu bölümde, çoklu gönderim IPTV sistemlerde kanal zaplama süresini iyileştirmek için önerilen yaklaşımlar ve yöntemler anlatılmaktadır.

#### **4.5.1 Zaplama Süresini Hızlandırmak için Kullanılan Yöntemler**

IPTV endüstrisinin ticari başarısı için, IPTV izleyicisi tarafından kullanılan IPTV cihazı üzerindeki kanal değiştirme süresi en azından kablolu TV şebekelerindeki kanal değiştirme süreleri kadar hızlı olabilmelidir. Ölçümler kullanılarak süre verilmek istenirse, IPTV sistemlerde kanal zaplama süresinin ortalama 0,5-1 saniye arasında olması kullanıcı tarafından kabul edilebilir seviyededir. Kanal zaplama süresini iyileştirmek için servis sağlayıcıları tarafından kullanılabilen temel beş farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar sırasıyla aşağıdaki detaylıca anlatılmaktadır.

- **IGMP Proxy Fonksiyonunu DSLAM İçinde Uygulamak:**

IPTV servislerin kanal zaplama işlemini hızlandırmak için bazı DSL servis sağlayıcıları tarafından kullanılan bir teknik, bölgesel ofislerdeki DSLAM'leri IGMP proxy cihazları olarak çalışacak şekilde konfigüre etmektir. IGMP proxy, IPTV cihazına bağlı ve IPTV cihazının davranışı üzerine IGMP mesajlarını işleyen bir ağ cihazı olarak tanımlanır. IGMP proxy olarak çalışan herhangi bir cihaz, hem IGMP cihazı hem de IGMP yönlendirici olarak çalışmalıdır. IGMP proxy fonksiyonunun DSLAM'de uygulanmasının aşağıda sıralanan pek çok yararı bulunmaktadır [11]:

1) Eğer IPTV kullanıcı grubu özel bir IPTV kanalını izliyorsa ve yeni bir kullanıcı bu gruba bağlanmak istiyor ise, IGMP proxy cihazı, yeni kullanıcıya istediği yayın akışını hemen göndermeye başlayabilir. Çünkü IGMP proxy, merkez sunucuya gönderilecek IGMP mesaj raporunu göndermeye gerek duymayacaktır.

2) Proxy cihazları aynı zamanda, alt ağdan ayrılan IPTV cihazlarını görüntüleyebilmek içinde kullanılabilir. IPTV cihazlarının tamamı, özel bir kanaldan uzaktakilere kenetlenmesi durumunda, proxy tüm alt ağ cihazlarının davranışı üzerine, özel kanalı göndermeyi durdurması için çoklu gönderim yönlendiriciye bir çıkış mesajı gönderir.

3) IGMP fonksiyonunu DSLAM’de uygulamak pratik değil ya da maliyetli ise diğer bir seçenek IGMP proxy fonksiyonunu destekleyebilecek şekilde köşe yönlendiriciyi konfigüre etmektir. Bu durumda yönlendiricinin çeşitli DSLAM ve CMTS (Kablo Modem Sonlandırma Sistemi)’lerden alınan gelen yüksek sayıdaki IGMP Çık ve Bağlan mesajlarını etkili bir şekilde işleyebilmesi gerekmektedir.

▪ **Kodlayıcı Tarafından Üretilen I-Paket Sayısını Arttırmak:**

IPTV cihazı bir I-paket alıncaya kadar çözme işlemini başlatamadığı için, IPTV servis sağlayıcısının mümkün olduğunca çok sık aralıklar ile akışın içine I-paket’leri ekleyecek şekilde kodlayıcısının konfigüre edilmesi kanal değiştirme hızı açısından kritiktir [38]. Bu yaklaşım ile ortaya çıkan problem, I-paket’lerin özellikle MPEG-2 formatında yüksek miktarlarda bantgenişliğini tüketmesidir. Ardışıl I-paket’ler, her 10 paketin içinde yerleştirilmektedir. Bu da kanal zaplama süresini arttıracaktır. Böylece servis sağlayıcıları, IPTV çoklu gönderim kanalları kullanıcılara dağıtırken, düşük bantgenişliği ve bit hızı gereksinimi gibi ekonomik gereksinimlere göre kanal zaplama süresini azaltma isteğini dengelemek zorundadır.

▪ **Şifreli Kanallar İçin CA Tablolarının Frekans Aralığını Arttırmak:**

IPTV cihazı, şifre çözme işlemine başlamadan önce CA tabloları ve çözen şifre verilerini alabilmek için beklemek zorundadır. Gelen akışın içindeki bilginin gönderilme sıklığının artırılması, kanal zaplama işlemini hızlandırmaya ve dolayısı ile kanal zaplama süresini azaltmaya yardımcı olacaktır. Bu yaklaşımda, IPTV akışı için bantgenişliği gereksinimini arttıracaktır [11].

▪ **IPTV Cihazının Tampon Bölge Boyutunu Arttırmak:**

Büyük depolama boyutlarına sahip IPTV cihazları, küçük boyutlu olanlar ile karşılaştırıldığında çok daha iyi görüntü kalitesine sahiptir. Bu özellikle, jitter problemi olan ağlar için doğrudur. Büyük boyutlu depolama ünitesinin kullanılmasındaki temel problem, kanal değiştirme süreleri üzerinde etkileyecek olan, canlı çoklu gönderim kanalın işlenmesi süresince depolama bölgesinin yeniden doldurulması süresince geçen zamandır. Jitter problemi olmayan ağlar için küçük boyutlu depolama üniteleri

kullanmak, kanal değiştirme süresini hızlandırmak için kullanılabilen diğer bir tekniktir. Böylece depolama ünitesini doldurmak için gereken zaman alacaktır.

- **Tahmini Kanal Seçme ve Statik Bağlanma Tekniği:**

Tahminleme yaklaşımının kullanımı, mobil iletişim sektöründe yaygın olarak kullanılan bir özelliktir ve IPTV ortamında uygulanabilir. Bu teknoloji, IPTV son kullanıcısının izleme alışkanlıklarını inceler ve bir sonra hangi kanalın seçileceğini tahmin eder [56]. Tahminleme sırasında ilk olarak ağ akışı kopyalar ve IPTV cihazına gönderir. İzlenen kanaldan önceki ve sonraki kanalların cihazda erişilebilir olması için kullanılır. Bu teknik, kanal zaplama süresini hızlandırmak için iyi bir tekniktir ancak çoklu IPTV akışlarının dağıtımını desteklemek için bölgesel ofislerden IPTV cihazına gelen bantgenişliği yeterli olmayabilir. Statik bağlanma tekniği de, tahmini tune olma tekniğine çok benzer bir tekniktir. Statik bağlanma yaklaşımı, ağ üzerinde, DSLAM ve hatta bazı durumlarda anagiriş birimindeki belirli bir noktada her zaman erişilebilir özel bir kanal olması kavramına dayanır [57]. Tahmini kanal seçme yaklaşımında olduğu gibi, kanal zaplama gecikmesini minimum seviyede tutar. Bu yaklaşımdaki problem de, her zaman erişilebilir bir kanalın tutulması ve TV kanalı izleyen hiçbir kullanıcı olmadığı durumlarda bile ağ bantgenişliğinin bir bölümünün kullanılmasıdır. Tahmini kanal seçme yaklaşımında olduğu gibi gecikme seviyeleri ve bantgenişliği kullanımı arasındaki ihtiyaç dengelenmelidir. Tahmini kanal seçme ve statik bağlanma yaklaşımlarını destekleyen bir ağ tasarımı uygulayan pek çok istatistiksel model bulunmaktadır [34,57].

- **Ağ Üzerinde Servis Kalitesini (QoS) Uygulamak:**

IGMP fonksiyonunu, IPTV son kullanıcısına mümkün olduğunca yakın bir yere yerleştirmek, IPTV akışı içinde program bilgisi frekans aralığını arttırmak ve kayıt boyutunu azaltmak yaklaşımlarına ek olarak ağ üzerinde etkili servis kalitesi yöntemlerini uygulamakta son derece önemlidir. Son kullanıcıya gönderilen yayın sinyal kalitesini arttırmaya ek olarak, doğru olarak uygulanmış servis kalitesi yöntemi de kanal zaplama sürelerini hızlandırabilir [11].

Yukarda anlatılan tekniklere ek olarak, pekçok servis sağlayıcısı kanal zaplama işlemi sırasında kullanıcılara diyalog ekranı göstermektedir. Diyalog ekranında, programın adı, özeti ve zamanı gibi bilgiler gösterilmektedir.

#### **4.5.2 Zaplama Süresini İyileştirmek için Önerilen Yaklaşımlar**

Bu bölümde, çoklu gönderim IPTV sistemlerde kanal zaplama sürelerini hızlandırmak için yapılmış olan bilimsel çalışmalarda önerilen yaklaşımlar anlatılmaktadır.

- **Çoklu Veri Akışları Kullanmak:**

Önerilen yaklaşım, kanal zaplama süresindeki gecikmeyi azaltmak için kullanılan en temel yöntemdir. Bu yaklaşımdaki ana fikir, IPTV son kullanıcısının gereksinimi kadar çok kanalı en üste yerleştirmektir. Bu yaklaşımın başarısı, erişim hatlarındaki kullanılabilir bantgenişiği ile sınırlı kalmaktadır [58].

- **Komşu Kanallara Bağlanmak:**

Bu teknikte bir önceki yaklaşım ile benzer düşünceye dayanır. Burada, son kullanıcıların en çok izleyeceği komşu kanallar fikrinden yararlanılmaktadır [46,59]. Bu yöntem, grup üyelik tabloları ile birlikte komşu kanal taleplerini kaydeden bir tablo tutar ve bu tabloyu sürekli olarak günceller. Aynı zamanda kullanıcıya sunulan program tablosuna mevcut olmayan komşu kanalları da ekler [46].

- **Hızlı Kanal Değişirme:**

Microsoft TV tarafından geliştirilmiş ve patentlenmiş olan yöntemdir. Bu yöntemde, arabellekleme tekniği kullanılmaktadır. Çoklu gönderim yayını ile birlikte kullanıcılara çok sayıda tekli gönderim yayın akışı gönderilmektedir. Bu yaklaşım, diğer yaklaşımlara oranla daha doğru değerler verebilen bir sonuca sahiptir. Kullanıcı sayısına eşit sayıda arabelleğe kopyalanmış tekli gönderim akışları kullanıldığı için kullanıcı sayısı arttığında akış sayısı artacak ve ağda ilave bantgenişiği gerektirecektir [57].



- **Küçük Boyutlu Resimler Grubu (GoP) Kullanmak:**

Bu yöntemde, küçük boyutlu resim grubu (GoP) kullanılması fikri temel alınmıştır. Kanal zaplama süresini azaltmak için önerilen diğer bir yaklaşımda, küçük boyutlu resimler kullanmaktır [60]. Resim bilgisini elde etme zamanını azaltmak için iletim hızı arttırıldığında kanal değiştirme gecikmesi azaltılabilir fakat aynı zamanda küçük GoP aralıkları özellikle yüksek bit hızı ile kodlanmış akışlar için bantgenişliğinin etkili kullanımını azaltacaktır [52].

- **Görüntü Arabellek Zamanını Azaltmak:**

Burada önerilen çözüm IPTV alıcı cihazının ya çoklayıcı katmanında ya da kodlama katmanında uygulanmaktadır. Görüntü yedekleme süresi, kanal zaplama işlemi süresince önemli bir ek zaman getirmektedir. İletim bit hızı sabit tutulduğunda, görüntü kalitesi ile maksimum arabellekleme zamanı arasında artış olacaktır [52].

- **Tahmini Kanal Seçmek:**

Tahmine dayalı kanal seçme yönteminde kullanıcının kanal seçme davranışları dikkate alınır. Bu yöntemin temel özellikleri, kanal izleme ve zaplama süresi boyunca önceden bağlanılan kanallara doğru şekilde karar vermek, kumanda ile kanal tercihleri ilişkisi doğrultusunda bağlanılacak olan kanalları önceden seçmektir [34,56,61]. Ayrıca kullanıcının oluşturduğu favori kanal listesinden popüler kanallar belirlenerek kullanıcının seçeceği bir sonraki kanal tahmin edilebilmektedir [62].

Kullanıcının kanal seçme davranışlarına bakılarak önerilen bir diğer yaklaşımda kanal seçme davranışına göre anagiriş biriminde bulunan kanalların dinamik olarak ön yedekleme işlemi yapılmasıdır. Ön yedekleme işlemi ile kanal zaplama süresinin iyileştirilmesi öngörülmektedir [63].

## BÖLÜM 5

### KANAL BAZLI EŞ SEÇME YAKLAŞIMI İLE ZAPLAMA SÜRESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Son yıllarda genişbant ağlarda ve yarı iletken teknolojilerindeki hızla artan gelişmeler kişiden kişiye (P2P) iletişimin yaygın olarak kullanımını gündeme getirmektedir [64]. P2P kavramı esas olarak iki nokta arasında iletişimi tanımlamak için kullanılır ve iki kullanıcı arasında yapılan telefon görüşmesine benzetilir.

P2P (peer-to-peer) iletişim protokolü, eşleşebilen bilgisayarlar ya da elektronik cihazlar arasında veri alışverişini sağlayan ağ protokülü olarak tanımlanmaktadır. P2P teknolojisi ilk olarak bilgisayarlar arasında IP ağlar üzerinde çoklu gönderim işlemi ve hızlı dosya transferini gerçekleştirmek amacıyla geliştirildi [65]. Bu teknolojiler, son kullanıcılar arasında etkili bir işbirliği sağlamak suretiyle son derece gelişmiş bilgi dağıtım sistemine sahiptir. Son yıllarda ise P2P sistemler, internetin sağladığı bantgenişliği kapasitesinin artmasıyla birlikte, gerçek zamanlı görüntü ve ses yayınlarının, çoklu ortam yayınların dağıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır [66].

Bu çalışmada, çoklu gönderim IPTV sistemlerde deneyim kalitesini doğrudan etkileyen kanal zaplama sürelerini iyileştirmek için IPTV şebekesinde bulunan çoklu gönderim gruplar arasında kişiden kişiye iletişim amaçlanarak kanal bazlı eş seçme yaklaşımı tasarlanmış ve gruplar arasında gerçekleşen eşler arası iletişim ile kanal geçiş süresine katkıda bulunan IGMP komut işleme gecikmesi ortadan kaldırılarak zaplama süresinin azaltılması amaçlanmıştır.

#### 5.1 Sistem Tanımı

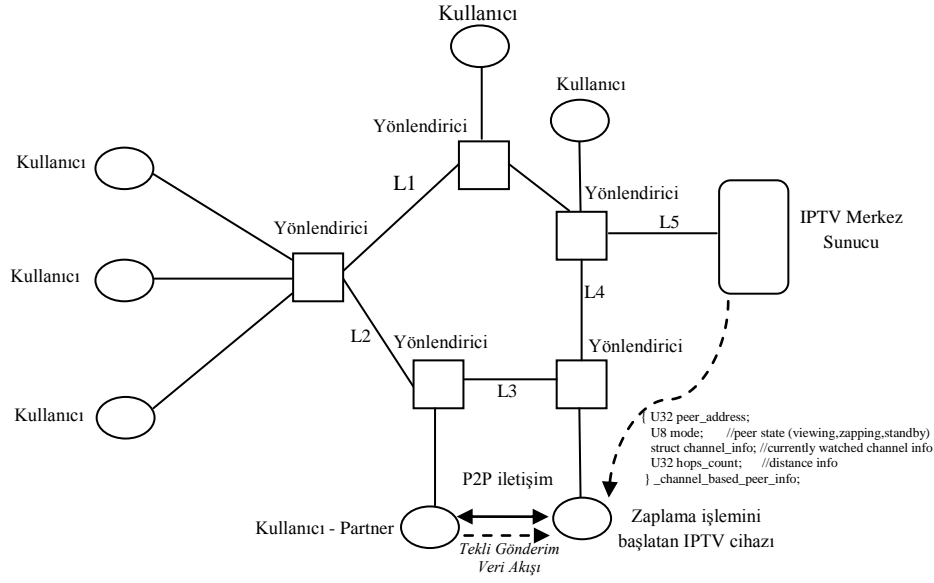
Noktadan noktaya ya da kişiden kişiye olarak adlandırılan P2P sistemler dağıtık sistemlerdir. Bu sistemlerde, eşlerin bulunması için uygulanan en temel işlemler

sırasıyla, sorgulamak suretiyle doğru kullanıcının bulunması ve etkili mesaj yönlendirme işlemleridir [67].

Eş seçme algoritmaları, bireysel ve küresel olmak üzere iki gruba ayrılır. Birinci gruptaki algoritmalar, P2P sistemlerde ya da çoklu gönderim gruplarındaki kullanıcılara ait cihazlar üzerinde koşan yazılımlardır. İkinci gruptaki algoritmalar ise merkezi bir sunucu sistemi üzerinde çalışan algoritmalar. Eş seçme kontrolü merkezi sunucu üzerindeki yazılım tarafından gerçekleştirilir [68]. Greedy, Batch Greedy algoritmaları yaygın olarak kullanılan P2P algoritmalarıdır [69].

Bu çalışmada, IPTV sistemlerde kanal zaplama süresini iyileştirmek için zaplama işlemi sırasında gönderilen IGMP komut işlem gecikmesini ortadan kaldırmak ve dolayısı ile kanal geçiş süresinin azaltılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda kanal zaplama işlemi başlatan kullanıcı ile kanal bazlı eş seçme yaklaşımı ile belirlenecek olan diğer bir kullanıcı arasında P2P iletişim önerilmektedir. Kanal zaplama sürelerini azaltmak için önerilen yaklaşım Şekil 5.1’de gösterilmektedir.

Şekil 5.1 ile gösterilen modelde, kullanıcı, çoklu gönderim sistemindeki IPTV kullanıcıları, L1, L2, L3, L4, L5 hatları ise kullanıcı düğümleri arasındaki uzaklık bilgisini, partner kullanıcı ise zaplama işlemi sırasında yayın verisine ait veri akışlarının alınacağı en uygun kullanıcıyı göstermektedir. Şekilde gösterilen yönlendiriciler, çoklu gönderim trafik akışlarının dağıtımında kullanılan çoklu gönderim yönlendiriciler olup IPTV merkez sunucu ise sistemdeki IPTV çoklu gönderim veri akışlarının yayınlandığı ve sistemdeki kullanıcı bilgilerinin tutulduğu merkezi birimdir.



Şekil 5.1. Önerilen model

Kanal zaplama süresini iyileştirmek için önerilen yaklaşımda kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılacaktır. Kanal bazlı eş seçme yaklaşımı ile, zaplanmak istenen kanalı izleyen sistemdeki en uygun kullanıcı belirlenerek iki kullanıcı arasında zaplanan kanala ait veri akışı iletmeye başlanacaktır. Bu yaklaşımda, sistemdeki tüm kullanıcıların uyku (standby), zaplama ve izleme olmak üzere üç durumda çalıştığı ve ağdaki tüm kullanıcıların durum bilgileri (uyku/izleme/zaplama), izlenen kanal bilgileri ile kullanıcı düğümleri arasındaki yönlendirici sayısı (hop-count/sekme sayısı) merkezi sistemdeki sunucu üzerinde DHT (Dinamik Hash Tablosu) adı verilen bir tabloda saklandığı ve tablonun düzenli aralıklarla güncellendiği varsayılmaktadır.

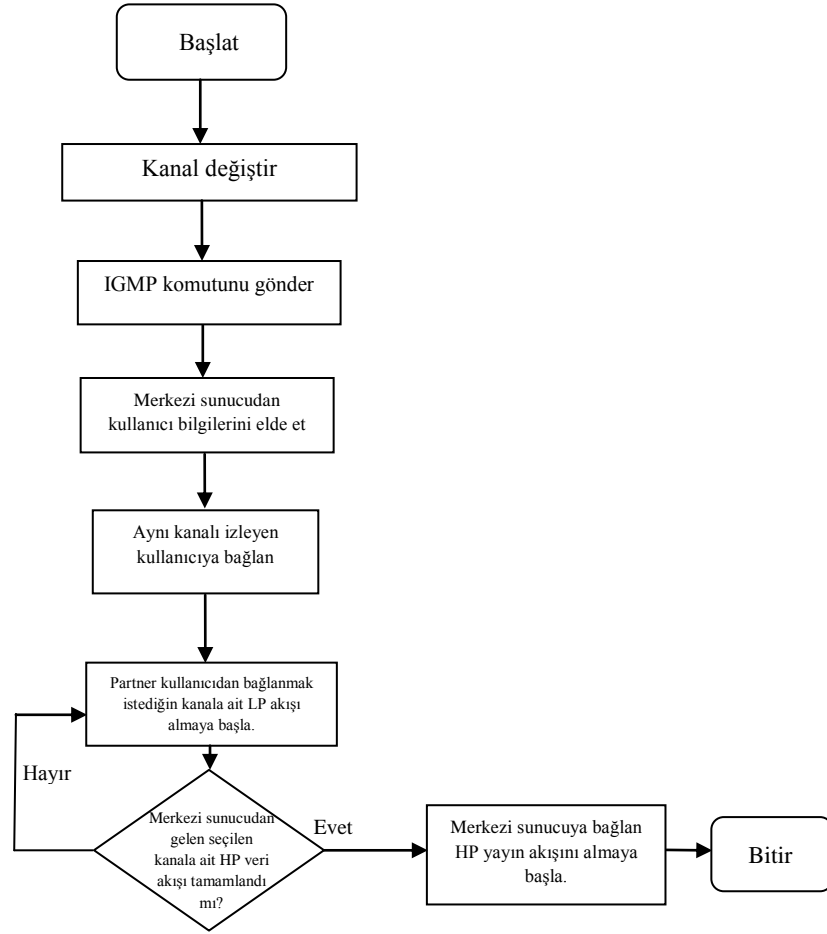
## 5.2 Algoritma

Kanal zaplama işlemi süresince, gruptaki bir kullanıcının xxx.xxx.xxx.6 çoklu gönderim adresindeki bir kanalı (kanalA) izlediği ve xxx.xxx.xxx.9 çoklu gönderim adresindeki başka bir kanala (kanalB) geçmek istediği kabul edilmektedir. Bu durumda cihaz, anagiriş birimine ilk olarak *IGMP Çık* mesajını, daha sonrada bağlanmak istediği yeni kanal için de *IGMP Bağlan* mesajını gönderir. İzlenmek istenen kanal anagiriş biriminde mevcut değilse kanal bazlı eş seçme yaklaşımı ile zaplanmak istenen kanalı izleyen sistemdeki diğer kullanıcılar arasındaki en uygun kullanıcı bilgisi kanal zaplama

işlemini başlatan cihaza gönderilecektir. Merkezi sunucu üzerinde tutulan tabloda sistemde izleme modundaki tüm kullanıcıların izlemiş oldukları kanal bilgileri ve uzaklık bilgisinin düzenli olarak güncellendiği varsayılmaktadır.

Kanal zaplama işlemini başlatan cihaz ya da kullanıcı, en uygun kullanıcı bilgisini içeren mesajı alır almaz, zaplama işlemini başlatan cihaz zaplama işlemi süresince diğer gruptaki kullanıcıya bağlanacaktır. Zaplama süresince, zaplama isteğini başlatan kullanıcı yeni kanala ait veri akışını zaplama süresince bağlandığı kullanıcıdan alacaktır. Kullanıcıdan gelen kanala ilişkin verinin düşük çözünürlüklü olduğu varsayılır. Zaplanmak istenen kanala ilişkin yüksek çözünürlüklü veri akışı yedekleninceye kadar, zaplanmak istenen kanala ait düşük çözünürlüklü veri diğer gruptaki kullanıcıdan alınacaktır.

IPTV merkezi sistemden gönderilen kanala ait yüksek çözünürlüklü veri alınmaya başlandığında, zaplama işlemini başlatan cihaz bu veriyi oynatmaya başlayacaktır. Kanal bazlı eş seçme algoritması yaklaşımı ile zaplanmak istenen kanala ilişkin veri akışı sistemdeki en uygun olan kullanıcıdan sağlanarak zaplama süresince kullanıcıya siyah ekran yerine çok hızlı bir şekilde zaplanmak istenen kanal gösterilmiş olacaktır. Bu yaklaşım ile kanal zaplama işlemi süresince uzun bir gecikme süresine sebep olan IGMP komut işleme gecikmesi ortadan kaldırılmış ve bunun sonucu olarak da kanal zaplama süresi azalmış olacaktır. Şekil 5.2’de önerilen algoritmanın akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Önerilen algoritmanın akış diyagramı

### 5.3 Simülasyon Programı

Çoklu gönderim IPTV sistemlerde kanal zaplama sürelerini iyileştirmek için önerilen yaklaşımın benzetimi gerçekleştirilirken OPTimum NETwork (OPNET) adı verilen ağ benzetim programından faydalanılmıştır. OPNET, iletişim protokolleri ve ağlar için modelleme, benzetim ve performans analizi işlemlerini gerçekleştirebilen nesne yönelimli, modüler, ayrık olay tabanlı ağ benzetim programıdır [70]. Windows ve Unix işletim sistemlerinde çalışabilen sürümleri mevcuttur. OPNET programı aşağıdaki uygulamaları gerçekleştirmek için kullanılır.

- Telekomünikasyon ağlarının trafik modellemeleri,
- Protokol modellemeleri ve protokol testleri,
- Ağlarda kuyruk modelleme,

- Karmaşık yazılım sistemlerinde performans değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi,
- LAN-WAN performans modelleme ve değerlendirme,
- Ayrık sensör ve kontrol ağları,
- İletişim mimarileri ve protokol araştırma, geliştirme,
- Mobil paket radyo ağları modelleme,
- Uydu ağları modelleme.

OPNET, bilgisayar ağlarının modellenmesini sağlayan kapsamlı bir geliştirme ortamıdır. Modellenen sistemlerin hem davranışı hemde performansı ayrık zamanlı benzetim gerçekleştirilerek analiz edilebilir. OPNET, yazılımı istenilen boyuttaki alanlarda benzetim yapmaya olanak sağlar. OPNET yazılımı ile ofis boyutunda bir proje oluşturmak mümkün olduğu gibi, kıtalararası bir proje gerçekleştirmekte mümkündür. Ayrıca projenin benzetim süresi birkaç saniye ile birkaç hafta arası değiştirilebilir. Bu durum OPNET modelleme programının gerçeğe uygun benzetimler gerçekleştirdiğinin bir göstergesidir. Şekil 5.3'te OPNET modelleme programına ait gerçekleşen işlem akışı sırasıyla gösterilmektedir.

OPNET modelleri hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Farklı yapılarda farklı benzetim işlemlerini gerçekleştiren en temel editörleri Proje Editörü, Node Editörü ve Proses Model Editörüdür. Proje Editörü, ağ topolojilerini oluşturma, bağlantı ve node'ları düzenleme, sonuçları seçme, benzetimi çalıştırma ve sonuçları grafiksel olarak gösterebilmek amacıyla kullanılır. Düğüm (node) modelleri oluşturabilmek için Node Editörü kullanılır. Protokolleri, algoritmaları, işletim sistemlerini temsil ederek karar veren iş modelleri geliştirebilmek için de Proses Model Editörü kullanılmaktadır.



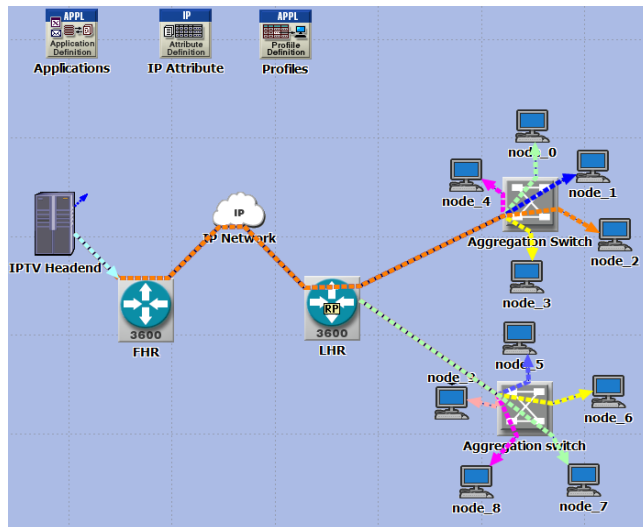
Şekil 5.3 OPNET işlem akışı [70]

#### 5.4 Önerilen Algoritmanın OPNET Ağ Modeli

Önerilen yaklaşımın ağ model tasarımı için OPNET Modeler 14.5 ağ simülasyon programı kullanılmıştır. Şekil 5.4'te çoklu gönderim IPTV sistemini simüle eden OPNET ağ model tasarımı gösterilmektedir. Simülasyon ağ modelinde temel sistem bileşenleri olarak, iki çoklu gönderim grubu, IP ağı, FHR ve LHR olmak üzere iki adet çoklu gönderim yönlendiricisi ile çoklu gönderim gruplarıyla iletişim kurmak için IPTV merkez sunucusu tasarlanmıştır. Ayrıca ağ üzerinde gönderen ve alıcılar arasındaki çoklu gönderim ağ trafiğini yönlendiren çoklu gönderim yönlendiriciler üzerinde bir ortak nokta tanımlanmıştır.

Tasarlanan ağ topolojisi üzerinde bileşenler tanımlandıktan sonra ağ üzerinde çoklu gönderim ağacı oluşturulur. IPTV merkez sunucusundan ağ üzerinde tanımlanmış olan çoklu gönderim gruplarındaki kullanıcı düğümlerine doğru IP çoklu gönderim trafik akışı tanımlanmıştır. Şekil 5.4'te ağ topolojisi tasarım modeli gösterilmektedir.

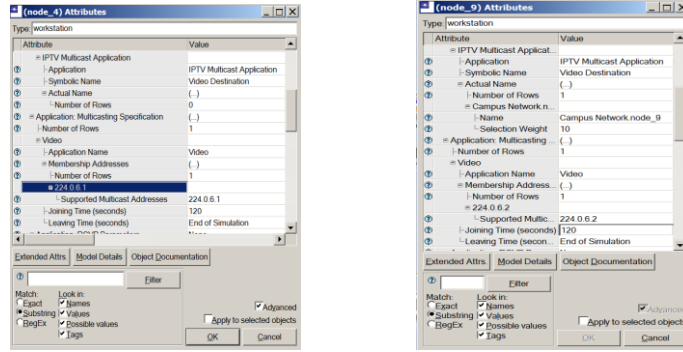
Simülasyon için tasarlanılan ağ modelinde her biri beş kullanıcıdan oluşan iki adet çoklu gönderim grubu kullanılmıştır. Birinci çoklu gönderim grubunun IP adresi 224.0.6.1 olarak, ikinci grubun IP çoklu gönderim adresi 224.0.6.2 olarak tanımlanmıştır. Ağ üzerinde tanımlı bağlantı bantgenişliği 10Gbps, erişim hatları üzerindeki bağlantı bantgenişliği de 100Mbps olarak tanımlanmıştır. Erişim ağı üzerinde oluşturulmuş olan çoklu gönderim gruplarındaki toplam kullanıcı sayısı on adet olacak şekilde tanımlanmıştır.



Şekil 5.4 OPNET simülasyon ağ modeli



Ağ modelinde tasarlanan çoklu gönderim grupları için yapılan tanımlamalar Şekil 5.5'te gösterilmektedir.



Şekil 5.5 OPNET simülasyon modelinde tanımlı çoklu gönderim grup adresleri

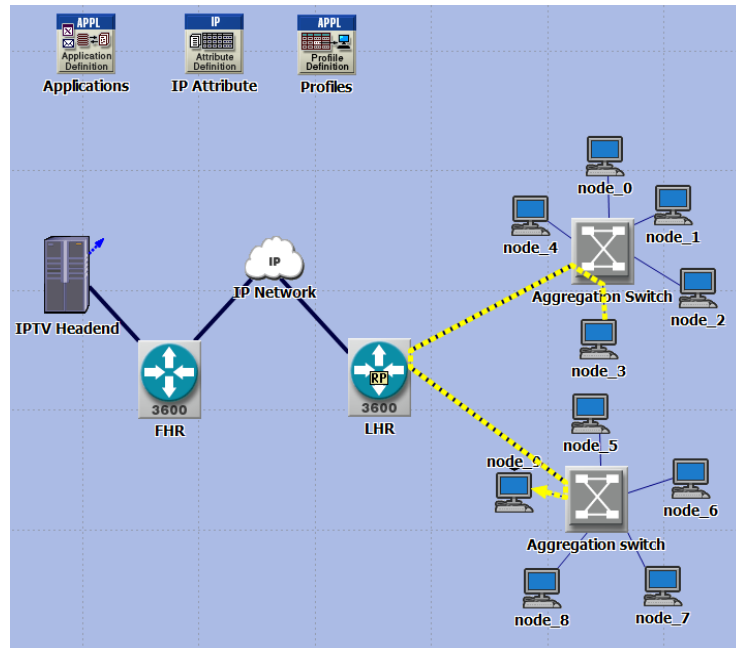
Tasarlanan ağ modelinde IP çoklu gönderim uygulaması olarak video konferans uygulaması tanımlanmış ve görüntü paterni olarak yüksek çözünürlüklü görüntü paterni kullanılmıştır. Kullanılan yüksek çözünürlüklü görüntü parametreleri 128x280 piksel, dokuz bits/piksel ve on beş paket/saniye olarak tanımlanmıştır. IP ağ üzerindeki tek yönlü gecikme parametresi 0,6 saniye ve detaylı sonuçlar elde edebilmek için toplam simülasyon süreleri beş dakika, on dakika, bir saat ve bir gün (yirmi dört saat) olacak şekilde tanımlanarak aynı ağ modeli üzerinde simülasyonlar dört farklı koşulda çalıştırılmıştır.

## 5.5 Simülasyon Sonuçları

Önerilen algoritma için tasarlanan aynı ağ modeli üzerinde iki farklı senaryo uygulanmıştır. Birinci senaryo merkezi IPTV sunucusu üzerinden standard IGMP mesajlaşması ile kanal geçiş sürelerini simüle edebilmek için, ikinci senaryo ise önerilen algoritma ile kanal geçiş sürelerini simüle edebilmek için geliştirilmiştir. Simülasyon süresince birinci çoklu gönderim grupta düğüm 3'te (node\_3) gösterilen kullanıcının yeni bir kanalı seçerek kanal zaplama sürecini başlattığı kabul edilmektedir. Kanal zaplama işlemi başlatılması ile IPTV merkez sunucuya mevcut kanalın sonlandırmak ve yeni kanala bağlanmak için IGMP mesajı gönderilir. Aynı anda IPTV merkez sunucusu tarafından bağlanılmak istenen kanal ve uzaklık bilgisine göre zaplama işlemi başlatan düğüm 3 ile gösterilen kullanıcıya ağdaki en uygun kullanıcı

bilgisi gönderilir. Sistemdeki tüm kullanıcıların durum bilgileri (izleme modu, zaplama modu, uyku modu), izleme modunda izledikleri kanal bilgileri ile uzaklık bilgileri IPTV merkez sunucusunda dinamik bir tablo üzerinde tutulmakta ve belirli aralıklar ile güncellenmektedir. Kanal zaplama işlemi başlatılır başlatılmaz IPTV merkez sunucusundan gelen en uygun kullanıcı bilgisi doğrultusunda düğüm 3'teki kullanıcı için düğüm 9'daki kullanıcı en uygun kullanıcı olarak seçilmiş ve düğüm 3'teki kullanıcı ile düğüm 9'daki kullanıcı arasında zaplanan kanala ait veri akışının alınabilmesi için noktadan noktaya iletişim başlatılır. Simülasyon süresince düğüm 3'teki kullanıcı için belirlenen en uygun kullanıcı seçimi Şekil 5.6'da gösterilmektedir.

Düğüm 3'teki kullanıcı ile zaplama istenen kanala ait veri akışları, IPTV merkez sunucusundan gönderilen veri akışları hazır oluncaya kadar düğüm 9'daki kullanıcıdan alınmaya başlayacaktır. Kanal zaplama işlemi süresince düğüm 3'teki kullanıcı kanala ait veri akışını düğüm 9'daki kullanıcıdan alacaktır. IPTV merkez sunucusu tarafından gönderilen kanala ait yüksek çözünürlüklü veri akışları düğüm 3'teki kullanıcı tarafında hazır olduğunda düğüm 9'daki kullanıcı ile olan bağlantı sonlandırılıp yüksek çözünürlüklü kanal verisi gösterilmeye başlanacaktır. Bu şekilde kullanıcı zaplanmak istenen kanala çok hızlı bir şekilde bağlanmış olacak ve yaklaşık beş ya da altı saniye boyunca kullanıcıya gösterilen siyah ekran bekleme süresi yansıtılmamış olacaktır.



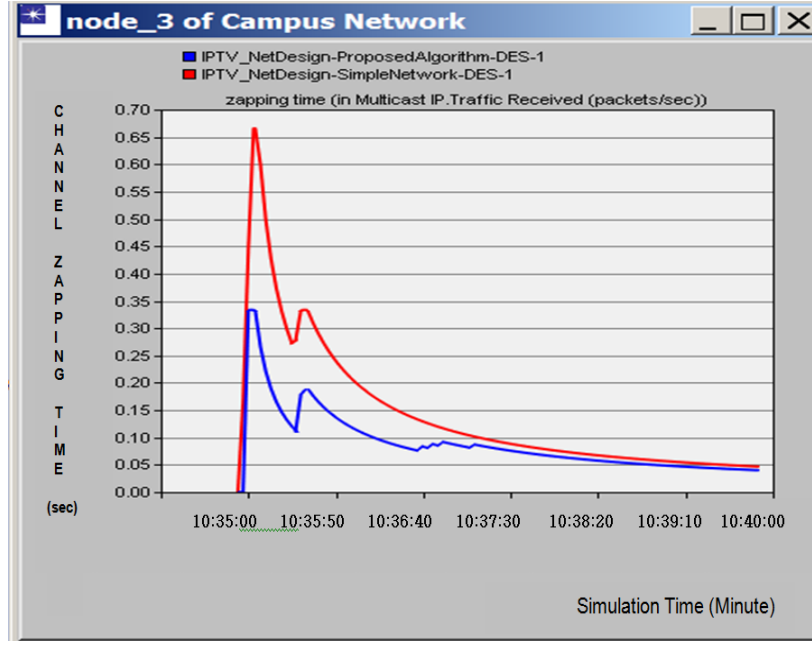
Şekil 5.6 En uygun kullanıcı (peer-partner) seçimi

Çoklu gönderim IPTV sistemlerde kanal zaplama süreleri genellikle 5-6 saniye ya da IGMP mesajlaşma sürelerine bağlı olarak çok daha fazla sürmektedir. Kanal zaplama sürelerine ilişkin bilgiler Bölüm 4'te detaylı olarak verilmektedir. Merkezi sistem ile birlikte IPTV çoklu gönderim ağ sistemini karmaşık güvenlik problemleri nedeniyle gerçek hayatta test etmek çok kolay değildir. Tasarlanan IPTV ağ topolojisi modeli üzerinde yapılan simülasyonlar ile önerilen algoritmanın kanal zaplama sürelerindeki performansı ne kadar iyileştirdiğini görmek mümkündür. Simülasyonlar sırasında uygulanan birinci senaryo ile ikinci senaryoya ait karşılaştırmalı sonuçlar aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.

Simülasyon süresince, kanal zaplama işlemi başlatıldığında görüntü verisinin alınacağı en uygun kullanıcı olarak, hop sayısı hesaplanarak kanal zaplama işlemi başlatan kullanıcıya en yakın mesafedeki zaplanmak istenen kanalı izleyen kullanıcı seçilir. Ağ modelinde kanal zaplama işlemi başlatan düğüm 3'teki kullanıcıya en yakın kullanıcı düğüm 9'daki kullanıcı olarak belirlenmiş ve zaplama işlemi sırasında iki kullanıcı arasında görüntü trafiği başlatılmıştır. Simülasyon işlemi sonunda IPTV merkez sunucusu üzerinden IGMP mesajlaşması aracılığı ile gerçekleştirilen yeni kanala bağlanması sırasında hesaplanan kanal geçiş süresi ortalama 0.67 saniye olarak ölçülmüştür. Kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılarak uygulanan senaryo ile aynı ağ modeli üzerinde kanal geçiş süresi ortalama 0.34 saniye olarak ölçülmektedir.

Şekil 5.7'de iki farklı senaryoyu içeren ağ modeline ilişkin simülasyon süresi beş dakika olarak tanımlanmış simülasyon işlemi sonunda elde edilen sonuçları göstermektedir. Elde edilen sonuçlardan kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılarak çoklu gönderim IPTV sistemlerde kanal zaplama sürelerinin yarı yarıya iyileştirildiği açıkça görülmektedir.

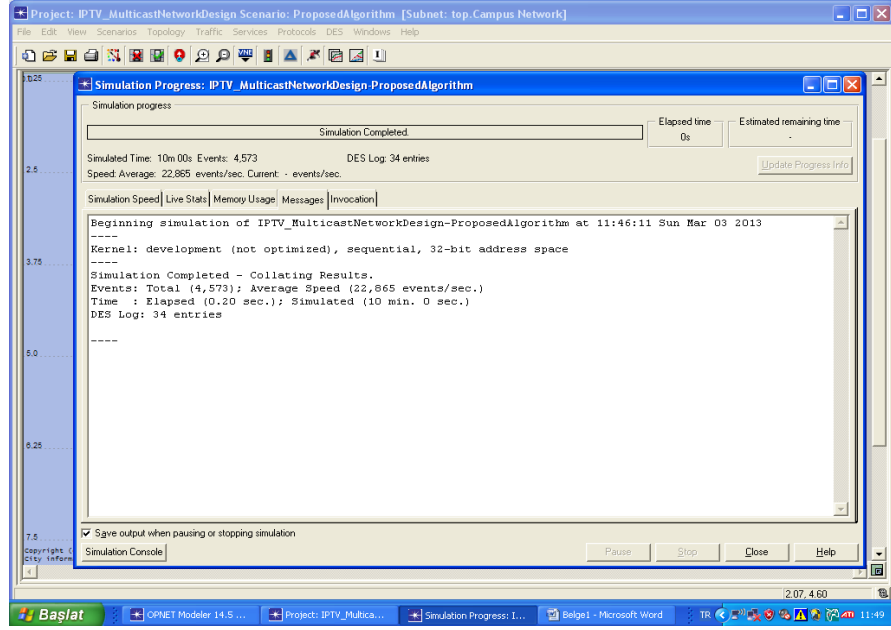
Kanal bazlı eş seçme algoritmasının kanal zaplama süreleri üzerindeki etkisini detaylı olarak görebilmek amacıyla simülasyon süreleri on dakika, bir saat ve bir gün olacak şekilde tanımlanarak aynı model üzerinde simülasyonlar tekrar çalıştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarının gösterildiği aşağıdaki şekillerde yatay eksen simülasyon süresini, dikey eksen ise kanal zaplama süresini göstermektedir.



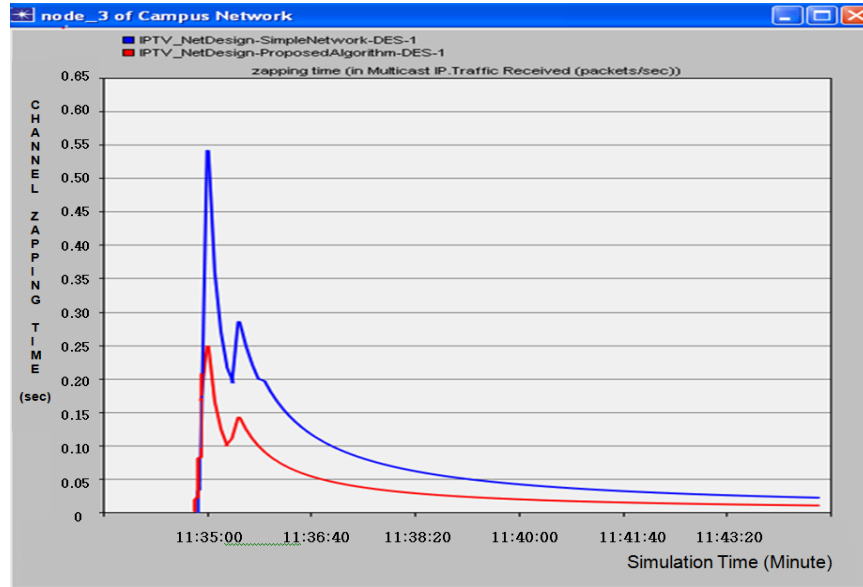
Şekil 5.7 Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (beş dakika)

Şekil 5.4 ile gösterilen toplam on adet kullanıcıdan oluşan iki adet çoklu gönderim grubu, IPTV veri merkezi ve iki adet çoklu gönderim yönlendiriciden oluşan Opnet ağ modeli için görüntü paketlerinin IPTV merkezinden IGMP mesajlaşması sonucu kullanıcıya gönderildiği birinci senaryo ile çalışmada önerilen kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılarak görüntü paketlerinin kullanıcıdan kullanıcıya gönderildiği ikinci senaryoya ait sonuçları elde etmek üzere simülasyon süresi on dakika olarak tanımlanıp simülasyon tekrar çalıştırılmıştır.

Şekil 5.8’de bir önceki simülasyonda çalıştırılan opnet ağ modeli simülasyon süresi on dakika olarak tanımlanmış ve çalıştırılmıştır. Şekil 5.9’da da on dakikalık simülasyon sonunda elde edilen iki farklı senaryo için kanal zaplama sürelerine ait sonuçlar gösterilmektedir.



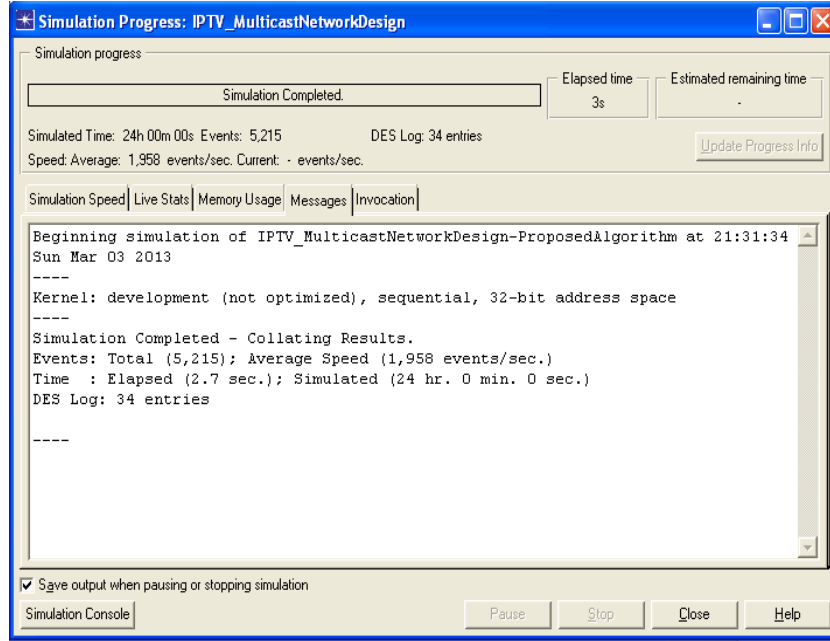
Şekil 5.8 Opnet ağ modeli simülasyon süreci (on dakika)



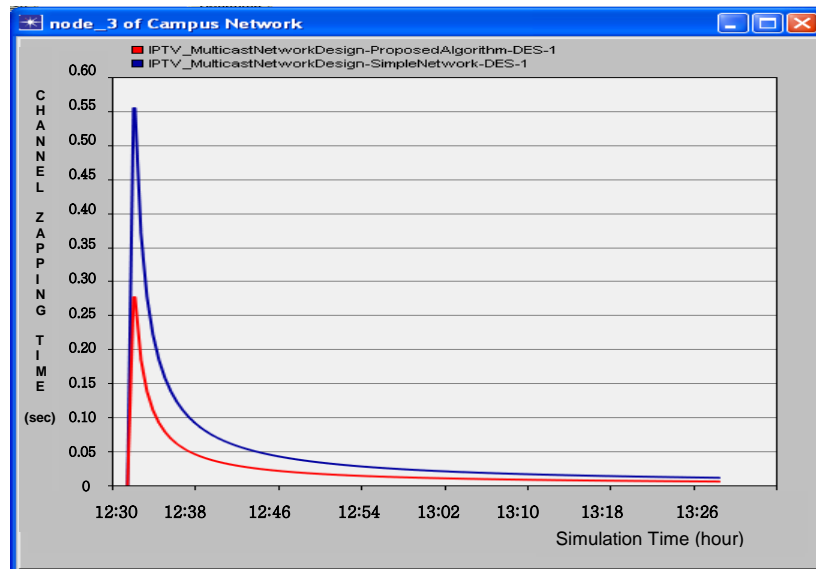
Şekil 5.9 Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (on dakika)

Aynı ağ modeli üzerinde simülasyon süresi on dakika çıkarılarak işlemler tekrarlandığında kanal zaplama sürelerindeki iyileşmenin yaklaşık olarak benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Simülasyon sonuçlarına ait verileri genişletmek amacı ile simülasyon süresi bir saat olarak tanımlanmış ve tasarlanmış olan ağ modeli üzerinde simülasyonlar tekrar çalıştırılmıştır. Simülasyon sonuçlarına ilişkin veriler Şekil 5.10'da

bir saat süre olarak çalıştırılmış simülasyon işlemi ve Şekil 5.11’de de simülasyon sonrası elde edilmiş olan sonuçlar gösterilmektedir.

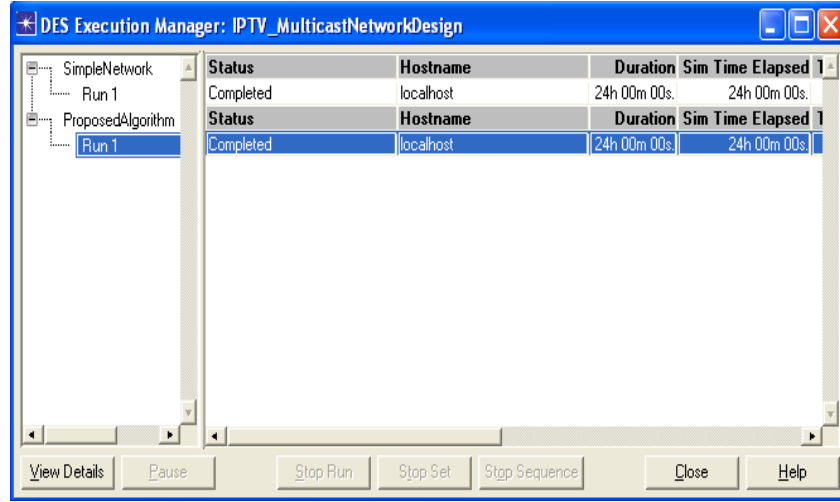


Şekil 5.10 Opnet ağ modeli simülasyon süreci (bir saat)

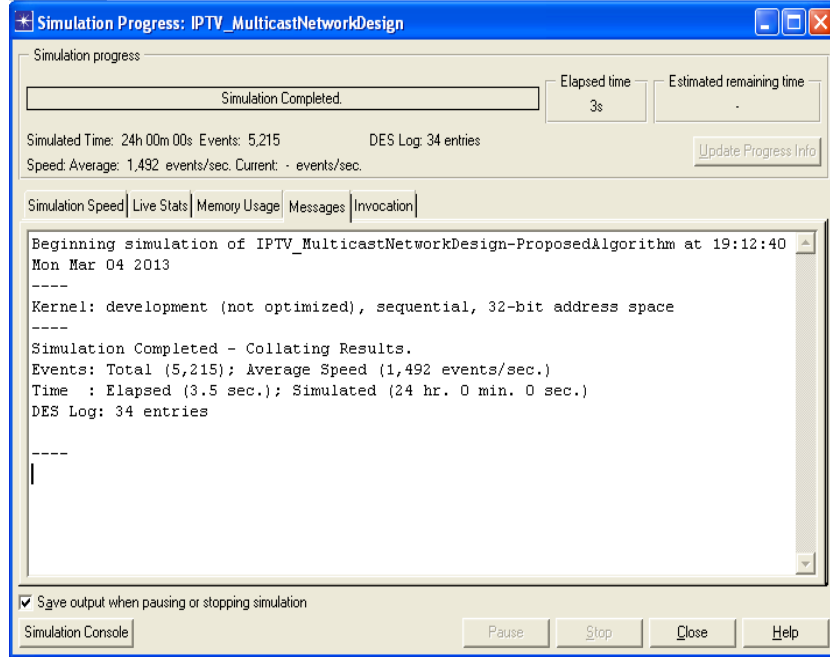


Şekil 5.11 Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (bir saat)

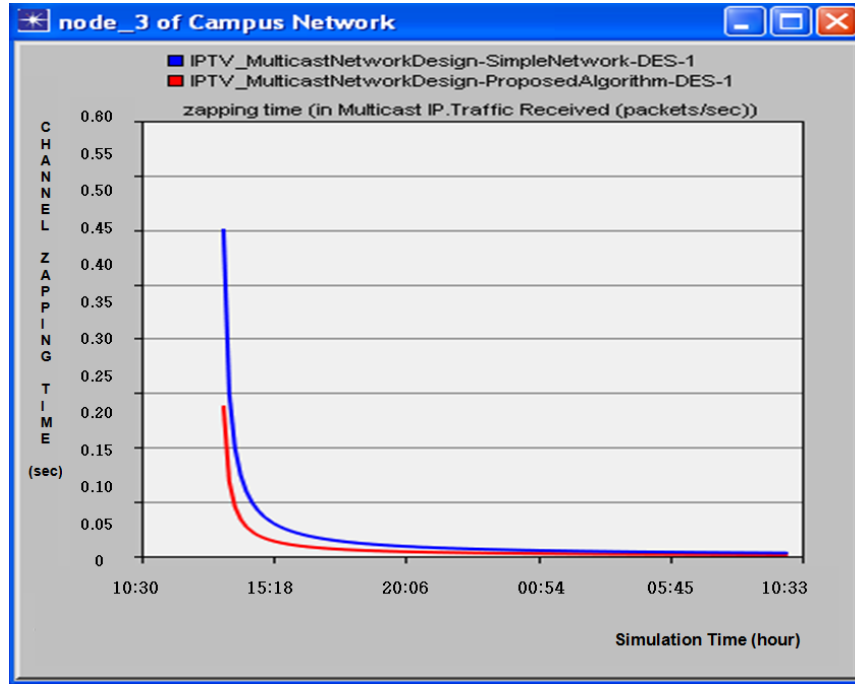
İki farklı senaryodan oluşan aynı ağ modeli üzerinde uygulanan simülasyonlar Bölüm 5.4’te açıklandığı gibi son olarak simülasyon süresi bir gün (yirmi dört saat) olacak şekilde tanımlanıp çalıştırılmıştır. Şekil 5.12 ile Şekil 5.13’te simülasyon ekranları Şekil 5.14’te simülasyon sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 5.12 İki farklı senaryonun çalıştırıldığı simülasyon ekranı



Şekil 5.13 Opnet ağ modeli simülasyon ekranı

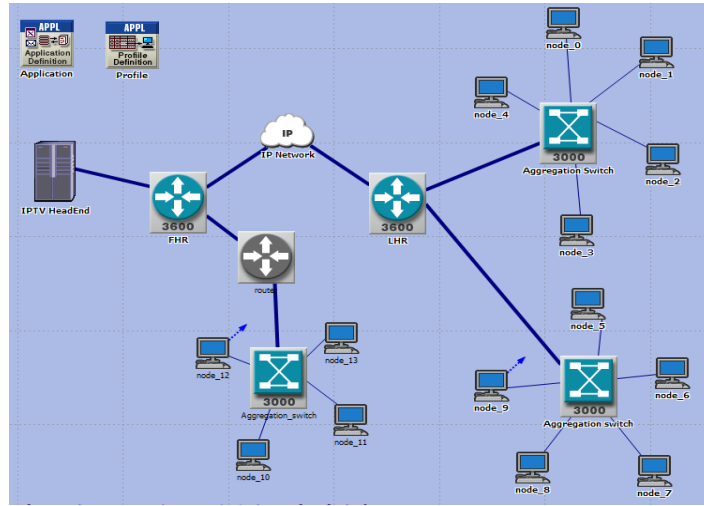


Şekil 5.14 Opnet ağ modeli simülasyon sonuçları (bir gün)

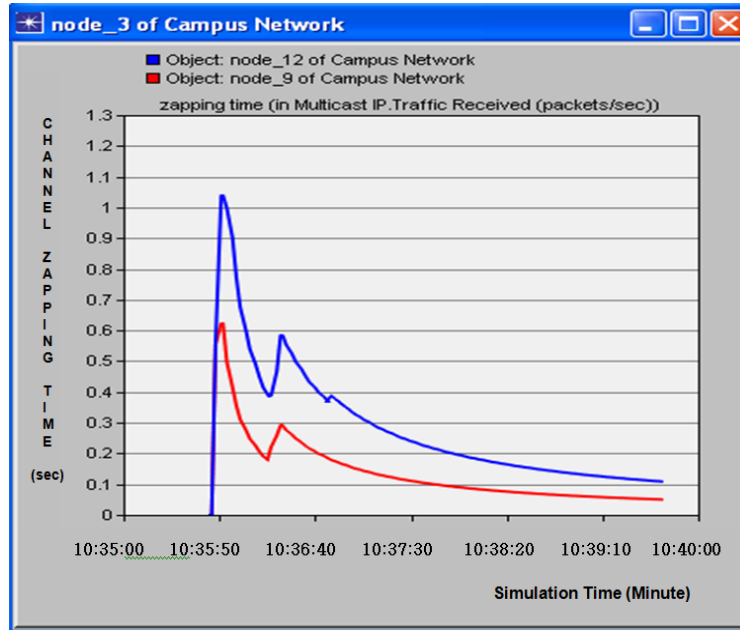
İki farklı senaryoyu içeren Opnet ağ modeli üzerinde, beş dakika, on dakika, bir saat ve bir gün olmak üzere dört farklı simülasyon süresi tanımlanarak simülasyonlar çalıştırılmıştır. Simülasyonlar sonunda elde edilen sonuçlara göre çalışmada önerilen kanal bazlı eş seçme algoritması ile kanal zaplama sürelerinde yaklaşık olarak yarı yarıya bir iyileşme sağlandığı gözlenmektedir.

Kanal bazlı eş seçme algoritmasına göre kanal zaplama işlemi sırasında veri akışının paylaşılacağı en uygun kullanıcı, kanal değiştiren kullanıcıya en yakın sekmedeki kullanıcı olacak şekilde belirlenmektedir. Algoritmanın kanal zaplama süreleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacı ile çoklu gönderim trafik akışının alınacağı uzak mesafedeki bir kullanıcı seçilmiş ve Şekil 5.15'te gösterilen ağ modeli tasarlanarak veri akışlarının alınacağı en uygun kullanıcının sekme sayısına bakılarak seçilmesi yaklaşımı için Şekil 5.15 ile verilen ağ modeli üzerinde simülasyonlar çalıştırılmıştır. Simülasyon süresi beş dakika olarak tanımlanmıştır. Şekil 5.16'da ise düğüm 3'teki kullanıcının düğüm 9 ve düğüm 12'deki kullanıcılar ile çoklu gönderim veri akışı işlemi sırasında geçen süre gösterilmektedir.





Şekil 5.15 Opnet ağ modeli-2



Şekil 5.16 Düğüm 3-9 ve düğüm 3-12 arasında çoklu gönderim veri paylaşım süreleri

Şekil 5.16'da elde edilen sonuçlardan da görüldüğü gibi üçüncü düğümdeki kullanıcı kanal zaplama sırasında görüntü verisini on ikinci düğümdeki kullanıcıdan almaya başladığında dokuzuncu düğümdeki kullanıcıya göre 0,44 saniye daha uzun sürede almış olacaktır. Çalışmada önerilen kanal bazlı eş seçme algoritmasına göre kanal zaplama işlemi sırasında belirlenecek olan en uygun kullanıcının zaplama işlemi başlatan kullanıcıya en yakın sekme sayısındaki kullanıcı seçilmesi yapılmış simülasyon çalışmaları ile de desteklenmektedir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yeni iletişim teknolojilerinin her geçen gün hayatımızın içinde daha fazla yer alması toplumsal yaşantımızı etkilemektedir. Son yıllarda iletişim ve yayıncılık teknolojilerindeki gelişmelerin sonucu olarak, kullanıcılar sunulan bilgiyi sadece alan değil aynı zamanda bilgiyi yönetip etkileşimli olarak faydalanabilmektedir. İletişim teknolojilerinin gelişimi sonucu karşımıza çıkan bir diğer değişimde televizyon endüstrisinde yaşanmaktadır. IPTV, şifreli ya da şifresiz televizyon kanallarının, kaydedilmiş görüntü, ses ve veri içeriklerinin IP paketlerine dönüştürülerek geniş bant erişim teknolojileri üzerinden kullanıcıya yayınlanmasıdır. Aynı zamanda üç farklı iletişim aracı olarak görünen cep telefonu, bilgisayar ve televizyon ekranının ortak bir yayın anlayışı ve ortak servisler ile bir araya gelmesi demektir. Günümüzde yeni bir teknoloji olarak karşımıza çıkan IPTV teknolojisi, mevcut ağ altyapısı ve protokollerin kullanılmasının getirdiği zorluklar nedeniyle internet üzerinden televizyon yayınlarının aktarımında sağlanması gereken standartlar ile servis ve deneyim kalite metriklerinin yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Çoklu gönderim IPTV sistemlerde kullanıcı deneyim kalitesini doğrudan etkileyen en önemli faktör olarak kanal zaplama süreleri karşımıza çıkmaktadır. IPTV sistemler için canlı yayınlarda zaplama işlemi sırasında oluşan gecikmelerin mevcut sayısal yayıncılık sistemlerindeki kanal zaplama sürelerine eşit olması ve mümkünse bir ya da iki saniyeler mertebesinde olması beklenmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, IPTV sistemlerde servis ve deneyim kalitesini etkileyen metrikler araştırılarak, özellikle kullanıcı açısından deneyim kalitesinin belirlenmesinde en önemli parametre olan kanal zaplama sürelerini iyileştirmek için yeni bir yöntem ortaya konmaktadır. Önerilen yöntem ile kanal zaplama işlemi sırasında ağ üzerinde bulunan erişilebilir çoklu

gönderim gruplarındaki zaplanmak istenen kanalı izleyen en uygun kullanıcı belirlenerek, kanal zaplama işlemini başlatan kullanıcı ile kanal verisinin alınacağı en uygun kullanıcı arasında doğrudan bir veri iletişimi gerçekleşmektedir. Böylece kanal zaplama işlemi sırasında sistemdeki merkez sunucuya gönderilerek gerçekleşen IGMP mesajlaşma işlemi için gereken bekleme zamanı ortadan kaldırılmış ve bunun sonucu olarakta kanal zaplama işlemi sırasındaki bekleme süresi yarı yarıya indirilerek IPTV deneyim kalitesi üzerinde iyileştirme sağlanmış olmaktadır.

Çalışmada önerilen yaklaşımı deneysel olarak gerçeklemek amacıyla Opnet ağ modelleme programı üzerinde Bölüm 5.4'te detaylı olarak açıklanan bir adet IPTV veri merkezi, iki adet çoklu gönderim yönlendiricisi, her biri beş kullanıcıdan oluşan iki adet çoklu gönderim grubu, IP erişim ağı ile 10Gbps ve 100Mbps'tan oluşan bağlantı hatlarını içeren çoklu gönderim IPTV ağ modeli tasarlanmış ve bu ağ modeli üzerinde çoklu simülasyonlar çalıştırılmıştır. Tasarlanan ağ modeli biri kanal bazlı eş seçme algoritmasına göre diğeri de kullanıcı ve IPTV veri merkezi arasında IGMP mesajlaşması sonucu gerçekleşen kanal zaplama işlemini simüle etmek amacı ile iki farklı senaryoyu içermektedir.

Önerilen algoritma ile kanal zaplama süreleri üzerinde ne kadarlık bir iyileşme sağlandığını değerlendirmek amacı ile opnet ağ modeli üzerinde simülasyonlar beş dakika, on dakika, bir saat ve bir gün (yirmi dört saat) olacak şekilde farklı simülasyon süreleri tanımlanarak çalıştırılmıştır. Simülasyonlar sonucunda elde edilen istatistiksel değerler Tablo 6.1 ile gösterilmektedir. Tablo 6.1'de birinci senaryo ile kanal zaplama işlemi sırasında çoklu gönderim ağ trafiğinin kanal zaplama işlemini başlatan kullanıcının IGMP mesajlaşması sonucu IPTV veri merkezinden alındığı durumu, ikinci senaryo ise kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılarak kanal zaplama işlemini başlatan kullanıcıya en yakın sekmedeki diğeri bir kullanıcıdan alınması durumu anlatılmaktadır. Tablo 6.1'den çalışmada tasarlanan çoklu gönderim opnet ağ modeli üzerinde çalıştırılan farklı sürelerdeki simülasyon sonuçlarına göre kanal verisinin IPTV veri merkezi yerine kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılarak kanal zaplama işlemini başlatan kullanıcıya en yakın sekmedeki kullanıcıdan alınması ile kanal zaplama sürelerinde benzer oranlarda iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Tablo 6.1 Simülasyonlar sonucu elde edilen istatistiksel değerler

Simülasyon süresi	Kanal zaplama süresi	
	1.Senaryo (IPTV veri merkezi)	2.Senaryo (kanal bazlı eş seçme algoritması)
Beş dakika	0,66 sn	0,34 sn
On dakika	0,54 sn	0,25 sn
Bir saat	0,55 sn	0,28 sn
Bir gün (yirmi dört saat)	0,30 sn	0,14 sn

Tablo 6.1 ile gösterilen simülasyon sonuçlarına göre kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılarak belirlenen en yakın kullanıcıdan kanal verisinin alınması ile kanal zaplama sürelerinde ortalama %46~%50 civarında bir iyileşme sağlandığı gözlemlenmektedir.

Kanal zaplama sürelerini iyileştirmek amacı ile çalışmada önerilen kanal bazlı eş seçme algoritmasında kanal zaplama işlemi başlatan kullanıcı kanal zaplama işlemi sırasında kendisine en yakın sekmedeki kullanıcıdan kanal verisi almaya başlayacaktır. Algoritmada belirtilen en uygun kullanıcı kavramı ile zaptanmak istenen kanal verisini kullanan en yakın sekmedeki kullanıcı anlatılmaktadır. En yakın kullanıcıdan kanal verisinin alınmasının kanal zaplama süreleri üzerindeki etkisini farklı bir açıdan da değerlendirmek amacı ile üç adet çoklu gönderim grubundan oluşan ikinci bir ağ modeli tasarlanmış ve bu model üzerinde kanal zaplama işlemi başlatan kullanıcı ile en yakın kullanıcı ve ağdaki en uzak kullanıcı arasındaki kanal verisinin alınması sırasında gerçekleşen süreleri elde etmek için simülasyonlar çalıştırılmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçları Tablo 6.2 ile gösterilmektedir.

Tablo 6.2’de birinci satırda gösterilen en yakın sekmedeki kullanıcı ile kanal bazlı eş seçme algoritmasına göre kanal zaplama işlemi başlatan kullanıcıya kanal verisinin alınacağı en yakın sekmedeki kullanıcı, ikinci satırda gösterilen en uzak sekmedeki kullanıcı ile de kanal zaplama işlemi başlatan kullanıcıya ağ üzerinde en uzak sekmede bulunan kullanıcı anlatılmaktadır.

Tablo 6.2 Kullanıcı seçimine göre elde edilen kanal zaplama süreleri

Kullanıcı seçimi	Kanal zaplama süresi (saniye)
1.Senaryo (en yakın sekmedeki kullanıcı)	0.62 sn.
2.Senaryo (ağdaki en uzak sekmedeki kullanıcı)	1.05 sn.

Tablo 6.2’de gösterilen simülasyon sonuçlarına göre kanal zaplama işlemi sırasında kullanıcıya en yakın sekmedeki kullanıcıdan kanal verisinin alınması işlemi ağ üzerindeki en uzak sekmedeki kullanıcıya göre yaklaşık olarak 0,43 saniye daha hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Kanal bazlı eş seçme algoritmasında önerildiği gibi kanal zaplama sürelerinde iyileşme sağlanabilmesi için kanal zaplama işlemi sırasında kullanıcıya en yakın sekmedeki kullanıcıdan kanal verisinin alınması gerektiği bilgisi elde edilen sonuçlar ile de doğrulanmaktadır.

Çalışma süresince gerçekleşmiş olan tüm simülasyon sonuçlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda kanal zaplama işlemi sırasında kanal zaplama işlemi başlatan kullanıcının IPTV veri merkezi ile olan IGMP mesajlaşma işlemi yerine kanal bazlı eş seçme algoritmasına göre belirlenen en uygun kullanıcıdan kanal verisinin alınması ile kanal zaplama sürelerinde yaklaşık olarak yarı yarıya bir iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Tez çalışmasında sunulan yöntem, diğer yöntemlerde olduğu gibi kanal zaplama işlemi sırasında kanala ait ilave veri akışları ya da ilave I-paketler kullanılmadığı için sistemin bantgenişliğini ihtiyacını arttırmayacaktır. Bantgenişliği etkili şekilde kullanılmaya devam edecektir.

Kanal zaplama sürelerini azaltmak için önerilmiş olan bir başka yöntem ise komşu kanallara bağlanmak ya da kullanıcının davranışına göre en çok bağlandığı kanallar belirlenerek hangi kanalı seçeceğinin tahmin edilmesi şeklindedir. Tez çalışmasında önerilen yöntemi tahmini kanal seçme yöntemi ile karşılaştırdığımızda zaplanmak istenen kanal bilgileri ve sistemde aynı kanalı izleyen çoklu gönderim kullanıcı bilgileri dinamik olarak güncellendiğinden doğru kanala ait bilgi akışı kesin olarak sağlanmış olacaktır. Oysa tahmini kanal seçme yönteminde ise Prg+/Prg- tuşlarının yaygın olarak kullanıldığı ya da kullanıcıların bir önceki/sonraki kanala yaygın olarak geçtiği fikrinden hareketle tahminleme işlemi yapılmakta ve zaplanmak istenen kanala ait veri akışı önceden anagiriş birimine gönderilmektedir. Eğer kullanıcı kanal numarası girerek

ya da kanal tablosundan kanal seçerek bir başka kanala geçmek ister ise bu durumda tahmini kanal seçme yönteminde kanal zaplama süreleri uzamış olacak ve beklenen sonuçlar elde edilemeyecektir.

Tez çalışmasında sunulan bu yaklaşım üzerinde yoğun çalışmaların olduğu mobil IPTV sistemler içinde uygulanabilir. Kanal bazlı eş seçme algoritması kullanılarak en uygun kullanıcının bulunarak kanal verisinin uygun kullanıcı üzerinden paylaşımı ile kanal zaplama süresinin kısaltılması mobil IPTV sistemler için deneyim kalitesi metriklerinin belirlenmesi sürecinde sistem performansını ve güvenilirliğini arttıracaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Xiao Yang, Du Xiaojiang, Zhang Jingyuan, Hu Fei, Sghaier Guizani, ***Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for The Next-Generation Internet***, IEEE Communications Magazine, vol.45, issue 11, pp.126-134, (2007).
- [2] ITU-T Focus Group on IPTV, ***IPTV Focus Group Proceedings***, (2008).
- [3] Natalie Degrande, Koen Laevens, Danny De Vleeschauwer, Randy Sharpe, ***Increasing the User Perceived Quality for IPTV Services***, IEEE Communications Magazine, vol.46, issue 2, pp.94-100, (2008).
- [4] Cem Uluoğlakçı, ***Medya Ekonomisinden İş Modeline: Yeni Yayıncılık Teknolojileri***, T.C. Radyo ve Televizyon Üst Yayın Kurulu Uzmanlık Tezi, (2011).
- [5] Telekomünikasyon Kurumu Raporu, ***IP Tabanlı Hizmetler: VoIP ve IPTV***, (2008).
- [6] Haluk Atlı, ***Development and Standardization of An Embedded Linux Based Triple-Play IP SettopBox***, Master Thesis, (2007).
- [7] David Ramirez, ***IPTV Security***, John Wiley&Sons Ltd, (2008).
- [8] Jaime Lloret, Miguel Garcia, Marcelo Atenas, Alejandro Canovas, ***A QoE Management System To Improve The IPTV Network***, International Journal of Communication Systems, vol.24, issue 1, pp.118-138, (2010).
- [9] Bou-Diab Bashar, Raahemi Bijan, ***An End-To-End IPTV Broadcast Service Network Architecture***, IEEE Sarnoff Symposium, pp.1-4, (2006).
- [10] Muhammad Zafar Iqbal, ***Deployment of An Internet Protocol Television Network***, ICCT 2009, (2009).
- [11] Gerard O'Driscoll, ***Next Generation IPTV Services and Technologies***, John Wiley&Sons Ltd, (2008).

- [12] Young-Ho Song, Taeck-Geun Kwon, *Fast Channel Change IPTV System for Enhanced User Experience*, Fifth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, (2009).
- [13] Milli Eğitim Bakanlığı, *Bilişim Teknolojileri Haberleşme Teknikleri*, Ders Kitabı, (2011).
- [14] Akira Takahashi, David Hands, Vincent Barriac, *Standardization activities in the ITU for A QoE Assessment of IPTV*, IEEE Communications Magazine, vol.46, pp.78-84, (2008).
- [15] Ancuta Sanda Buzila, Gabriel Lazar, Tudor Blaga, Virgil Dobrota, *Evaluation of QoS Parameters for IPTV*, Acta Technica Napocensis Electronics and Telecommunications, vol.48, no.3, (2007).
- [16] Gabriel Lazar, Tudor Mihail Blaga, Virgil Dobrota, *Framework for IPTV QoS*, 50<sup>th</sup> International Symposium ELMAR-2008, (2008).
- [17] Bo Wang, Xiangmin Wen, Sun Yong, Zheng Wei, *A New Approach Measuring User's QoE in IPTV*, Pacific-Asia Conference on Circuits, Communications and Systems, (2009).
- [18] Internet Engineering Task Force, *IP Packet Delay Variation Metric for IP Performance Metrics*, IETF RFC3393, (2002).
- [19] ITU-T Focus Group on IPTV, *Quality of Experience Requirements for IPTV*, 6<sup>th</sup> FG IPTV Meeting, FG IPTV-DOC-0151R, (2007).
- [20] R.E. Kooij, V.B. Klos, B.E. Godana, F.P. Nicolai, O.K. Ahmed, *Optimising the Quality of Experience During Channel Zapping*, International Journal on Advances in Systems and Measurements, vol.2, no.2&3, pp.204-213, (2009).



- [21] Robert Kooij, Kamal Ahmed, Kjell Brunnström, *Perceived Quality of Channel Zapping*, 5<sup>th</sup> IASTED International Conference on Communication Systems and Networks, (2006).
- [22] Jaehyung Bae, Hong-Shik Park, Young Min Chin, Han-Choon Park, *An Identification of Correlation Between Network QoS and Video Quality Index for IPTV Service*, 11<sup>th</sup> International Conference on Advanced Communications Technology, vol.2, pp.1399-1402, (2009).
- [23] Harald Fuchs, Nikolaus Farber, *Optimizing Channel Change Time in IPTV Applications*, IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, pp.1-8, (2008).
- [24] Florence Agboma, Malcolm Smy, Antonio Liotta, *QoE Analysis of A Peer-To-Peer Television System*, IADIS International Telecommunications, Networks and Systems, pp.114-119, (2008).
- [25] Yonghee Lee, Jonghun Lee, Inkwon Kim, Heonshik Shin, *Reducing IPTV Channel Switching Time Using H.264 Scalable Video Coding*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.54, no.2, pp.912-919, (2008).
- [26] Julien Maisonneuve, Muriel Deschanel, Juergen Heiles, Li Wei, Liu Hong, Randy Sharpe, Yiyang Wu, *An Overview of IPTV Standards Development*, IEEE Transactions on Broadcasting, vol.55, issue 2, pp.315-328, (2009).
- [27] Fernando Kuipers, Robert Kooij, Dany De Vleeschauwer, Kjell Brunnström, *Techniques for Measuring Quality of Experience*, WWIC'10, pp.216-227, (2010).
- [28] H. Himmanen, *Quality Issues in Future Multimedia Systems: An Overview*, IEEE International Symposium Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, BMSB'09, pp.1-13, (2009).
- [29] ITU-T Focus Group on IPTV, *IPTV QoS/QoE Metrics*, 3<sup>rd</sup> FG IPTV Meeting, FG IPTV-C-0411, (2007).

- [30] Ali C. Beğen, Neil Glazebrook, William Ver Steeg, ***Reducing Channel-Change Times With The Real-Time Transport Protocol***, Internet Computing, issue 3, pp. 40-47, (2009).
- [31] DSL Forum Technical Report TR-126, ***Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements***, (2006).
- [32] ITU-T Recommendation T.140, ***Protocol for Multimedia Application Text Conversion***", Addendum 1, (2000).
- [33] ATIS The Alliance for Telecommunications Industry Solutions, ***Framework for QoS Metrics & Measurements for IPTV***, ATIS-0800004, (2006).
- [34] Chae Young Lee, Chang Ki Hong, Kang Yong Lee, ***Reducing Channel Zapping Time in IPTV Based on User's Channel Selection Behaviours***, IEEE Transactions on Broadcasting, vol.56, no.3, pp.321-330, (2010).
- [35] Benoit Hilt, Mounir Sarni, Pascal Lorenz, ***Enhancement of Channel Switching Scenario and IGMPv3 Protocol Implementation in Multicast IPTV Networks***, Internation Journal on Advances in Networks and Services, vol.2, no.2&3, (2009).
- [36] Shiddhartha Raj Bhandari, Gyu Myoung Lee, Noel Crespi, ***Peer to Peer Proxy Based IPTV Services***, IEEE GLOBECOM Workshops, pp.1-6, (2009).
- [37] M. Wagner, P. Siebert, ***A Scalable Fast Channel Change Solution***, IEEE International Symposium Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, BMSB'09, (2009).
- [38] Damodar Banodkar, K.K. Ramakrishnan, Shivkumar Kalyanaraman, Alexandre Gerber, Oliver Spatscheck, ***Multicast Instant Channel Change in IPTV Systems***, Proceedings of 3rd International Conference on Communication Systems, Software and Middleware and Workshops, COMSWARE2008, pp.370-379, (2008).

- [39] ITU-T Focus Group on IPTV, *Quality of Experience for IPTV*, 7<sup>th</sup> FG IPTV Meeting, FG IPTV-C-0184, (2007).
- [40] Johan Hjelm, *Why IPTV? Interactivity, Technologies, Services*, John Wiley&Sons Ltd, (2008).
- [41] Soyoon Lee, Hyewon Moon, Hyokyung Bahn, Taeseok Kim, Ik-Soon Kim, *Popularity and Adjacency Based Prefetching for Efficient IPTV Channel Navigation*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.57, issue 3, pp.1135-1140, (2011).
- [42] Internet Engineering Task Force, *Internet Group Management Protocol, Version 2*, IETF RFC2236, (1997).
- [43] B. Cain, S. Deering, I. Kouvelas, B. Fenner, A. Thyagarajan, *Internet Group Management Protocol, version 3*, RFC3376, (2002).
- [44] Matthew Long, Sridhar Radhakrishnan, Süleyman Karabuk, John Antonio, *On Zap Time Minimization in IPTV Networks*, IEEE International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), pp.713-718, (2012).
- [45] Toshiaki Ako, Hiroki Nishiyama, Nirwan Ansari, Nei Kato, *Reducing The Channel Switching Delay in IP-Based Multi-Channel Streaming*, IEEE COMSOC MMTC E-Letter, vol.5, no.5, pp.54-67, (2010).
- [46] Chunglae Cho, Intak Han, Yongil Jun, Hyeongho Lee, *Improvement of Channel Zapping Time in IPTV Services Using The Adjacent Groups Join-Leave Method*, 6<sup>th</sup> International Conference on Advanced Communication Technology, pp.971-975, (2004).
- [47] Hyunchul Joo, Hwangjun Song, Dai-Boong Lee, Inkyu Lee, *An Effective IPTV Channel Control Algorithm Considering Channel Zapping Time and Network Utilization*, IEEE Transactions on Broadcasting, vol.54, no.2, pp.208-216, (2008).

- [48] B. Dekeris, L. Narbutaite, *IPTV Channel Zap Time Analysis*, Electronics and Electrical Engineering Electronika Ir Electrotechnika, no.10(106), pp.117-120, (2010).
- [49] Bong-Jin Oh, Yu-Seok Bae, Kyeong-Deok Moon, Kwan-Jong Yoo, *Efficient Retransmission Architecture of Digital Broadcast Services over IPTV Network*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.54, pp.65-70, (2008).
- [50] Ali C. Beğen, Neil Glazebrook, William Ver Steeg, *A Unified Approach for Repairing Packet Loss and Accelerating Channel Changes in Multicast IPTV*, IEEE 6<sup>th</sup> Consumer Communications and Networking Conference, pp.1-6, (2009).
- [51] Jinyun Zhang, Yige Wang, Bo Rong, *QoS/QoE Techniques for IPTV Transmissions*, IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems, (2009).
- [52] Peter Siebert, Tom N.M. Van Caenegem, Marcel Wagner, *Analysis and Improvements of Zapping Times in IPTV Systems*, IEEE Transactions on Broadcasting, vol.55, no.2, pp.407-418, (2009).
- [53] Yigal Bejerano, Pramod V. Koppol, *Improving Zap Response Time for IPTV*, IEEE INFOCOM 2009, pp. 1971-1979, (2009).
- [54] Fernando M.V. Ramos, Jon Crowcroft, Richard J. Gibbens, Pablo Rodriguez, Ian H. White, *Channel Smurfing: Minimising Channel Switching Delay in IPTV Distribution Networks*, IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), (2010).
- [55] Zlatan Begic, Melika Bolic, Himzo Bajric, *Effect of Multicast on IPTV Channel Change Performance*, 50<sup>th</sup> International Symposium ELMAR, pp.151-155, (2008).

- [56] Maryan Kyryk, Nazar Pleskanka, Maryan Sylyuchenko, ***Reducing Channel Zapping Time Based On Predictive Tuning Method***, IEEE International Conference on Modern Problems of Radio Engineering Telecommunications and Computer Science (TCSET), pp.244-245, (2012).
- [57] Suman Kalyan Mandal, Michael MBuru, ***Intelligent Pre-Fetching To Reduce Channel Switching Delay in IPTV Systems***, Department Technical Report, Texas A&M University, (2008).
- [58] Chikara Sasaki, Atsushi Tagami, Teruyuki Hasegawa, Shigehiro Ano, ***Rapid Channel Zapping for IPTV Broadcasting with Additional Multicast Stream***, Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC2008), (2008).
- [59] Kan Lin, Weiqiang Sun, ***Switch Delay Analysis of A Multi-Channel Delivery Method for IPTV***, IEEE International Conference on Circuits and Systems for Communications, pp.471-476, (2008).
- [60] Hüseyin Uzunalioglu, ***Channel Change Delay in IPTV Systems***, Consumer Communications and Networking Conference, (2009).
- [61] Joao Rodrigues, Antonio Nogueira, Paulo Salvador, Joel J.P.C. Rodrigues, ***IPTV Service Based On A Content-Zapping Paradigm***, Multimedia Systems, vol.17, no.4, pp.351-364, (2011).
- [62] Eunji Lee, Jiyoung Whang, Uran Oh, Kern Koh, Hyonkyung Bahn, ***Popular Channel Concentration Schemes for Efficient Channel Navigation in Internet Protocol Televisions***, IEEE Transaction on Consumer Electronics, vol.55, issue 4, pp.1945-1949, (2009).
- [63] Chai-Hien Gan, Phone Lin, Chung-Min Chen, ***A Novel Prebuffering Scheme for IPTV Service***, Computer Networks, vol.53, issue 11, pp.1956-1966, (2009).

- [64] Bo Liu, Yi Cui, Yansheng Lu, Yuan Xue, *Locality-Awareness in Bit Torrent-Like P2P Applications*, IEEE Transactions on Multimedia, vol.11, no.3, (2009).
- [65] Yong Liu, Yang Guo, Chao Liang, *A Survey on Peer-To-Peer Video Streaming*, Peer-To-Peer Networking and Applications, vol.1, no.1, pp.18-28, (2008).
- [66] A. Bikfalvi, J. Garcia-Reinoso, I. Vidal, F. Valera, *A Peer-To-Peer IPTV Service Architecture for the IP Multimedia Subsystem*, International Journal of Communication Systems, vol.23, issue 6-7, pp.708-801, (2010).
- [67] Peter Haase, Ronny Siebes, Frank van Harmelen, *Peer Selection in Peer-To-Peer Networks With Semantic Topologies*, Lecture Notes in Computer Science, vol.3226, pp.108-125, (2004).
- [68] Tore Langedal Endestad, *Peer Selection in Peer-To-Peer Streaming Systems*, Lecture Notes, (2008).
- [69] Li Zou, Ellen W. Zegura, Mostafa H. Ammar, *The Effect of Peer Selection and Buffering Strategies on The Performance of Peer-To-Peer File Sharing Systems*, Proceedings of the 10<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Modeling, Analysis & Simulation of Computer & Telecommunication Systems, pp.63, (2002).
- [70] Opnet, <http://www.opnet.com/products/modeler/home.html>, (2008).

## ÖZGEÇMİŞ

Sibel MALKOŞ, 21 Şubat 1973 tarihinde Tekirdağ'da doğdu. Lise öğrenimini Tekirdağ'da tamamladıktan sonra 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Kontrol ve Bilgisayar mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimini tamamladı. Yüksek lisans eğitimi süresince üniversitede araştırma görevlisi olarak çalıştı. 1997 yılında Beko Elektronik A.Ş. ARGE yazılım tasarım bölümünde yazılım tasarım mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2008-2009 yılları arasında Grundig Elektronik A.Ş. yazılım uzman mühendisi olarak çalıştı. 2009 yılından beri Arçelik A.Ş. elektronik işletmesi yazılım tasarım bölümünde yazılım tasarım grup sorumlusu olarak çalışmaya devam etmektedir.

## **TEZ SIRASINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:**

1. Malkoş, S., Uçar, E., Akdeniz, R., “Improving QoE in multicast IPTV systems: Channel zapping times”, Scientific Research and Essays, vol.7, no.35, pp. 3107-3113, DOI: 10.587/SRE12.182, 2012.

### **Uluslararası kongre ve sempozyum bildirileri:**

2. Malkoş, S., Uçar, E., Akdeniz, R., “Analysis of QoE key factors in IPTV systems: Channel Switching”, The 5th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), ISBN: 978-1-61284-831-0, 2011.