

IPTV AĞLAR İÇİN MULTICAST YÖNLENDİRME PROTOKOLÜ

Özlem KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2012

ANKARA

Özlem Kılıç tarafından hazırlanan IPTV AĞLAR İÇİN MULTICAST YÖNLENDİRME PROTOKOLÜ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. O. Ayhan ERDEM

Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE

Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 01/02/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Özlem KILIÇ

IPTV AĞLAR İÇİN MULTICAST YÖNLENDİRME PROTOKOLÜ

(Yüksek Lisans Tezi)

Özlem KILIÇ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2012

ÖZET

Televizyon günlük yaşantımızın önemli bir parçasıdır. Yeni nesil İnternet Protokol Televizyon (IPTV) 'lar yayın yaparken kullanıcı ile etkileşim içindedir. IPTV son kullanıcı tarafından yönetilir. Bu çalışmada IPTV ile ilgili bazı genel tanımlar, IPTV yazılım ve donanımları, IPTV için protokoller ve video sıkıştırma teknikleri incelenmiştir. IPTV için ağ dağıtım teknolojileri ve bir Home of Quality (HoQ) değerlendirmesi detaylı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada farklı protokoller kapsamlı olarak test edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Protokolleri gerçekleştirmek için Network Simulator-2 (ns2) kullanılmıştır. Farklı multicast protokolleri test edilmiş ve kayıp paket sayısı, dalgalanma, yönlendirilen paket sayısı, gönderilen/alınan paket sayıları sonuçları elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 902.1.063
Anahtar Kelimeler : IPTV genel tanımlar, IPTV QoS, IPTV multicast, ns2, PIM-SM, PIM-DM
Sayfa Adedi : 68
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

MULTICAST ROUTING PROTOCOL FOR IPTV NETWORKS
(M.Sc. Thesis)

Özlem KILIÇ

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
February 2012

ABSTRACT

Today, television is an important part of our daily life. The new generation Internet Protocol Television (IPTV) are interacting with user while streaming. IPTV is managed by end user. In this study, some basic terms about IPTV, the software and hardware of IPTV, protocols and video compression techniques for IPTV are investigated. The network technologies for IPTV and a Home of Quality (HoQ) evaluation for IPTV have been investigated in details.

In this study, different protocols have been tested and compared extensively. To simulate protocols, Network Simulator 2 (ns2) has been used. Different multicast protocols have been tested and experimental results obtained for packet loss rate, jitter, number of forwarded packet and number of sent/received packet.

Science Code : 902.1.063
Key Words : IPTV general definitions, IPTV QoS, IPTV multicast, ns2, PIM-SM, PIM-DM
Page Number : 68
Advisor : Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans hayatım boyunca bulunduğu yardımlardan dolayı Danışmanım Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL' a, hocalarım Prof. Dr. Şeref Sağıroğlu' na ve Yard. Doç. Dr. Hasan Şakir Bilge' ye, her zaman manevi destekçim olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. IPTV TEKNOLOJİSİ.....	3
2.1. Genel Tanımlar.....	3
2.1.1. Televizyon.....	3
2.1.2. IP.....	3
2.1.3. IPTV.....	4
2.1.4. IP video türleri ve özellikleri.....	7
2.2. IPTV' de Kullanılan Birimler ve IPTV Ağ Yapısı.....	10
2.2.1. SHE.....	10
2.2.2. VSO.....	11
2.2.3. CO/RT.....	12
2.2.4. Kullanıcı cihazları.....	13
2.2.5. Ara katman (middleware).....	15
2.3. IPTV' de Kullanılan Yazılımlar.....	16
2.4. IPTV Video Sıkıştırma Teknikleri.....	16

Sayfa

2.5. IPTV Ağ Dağıtım Teknolojileri ve IPTV Kalite Ölçümü.....	18
2.5.1. DSL teknolojileri.....	18
2.5.2. Fiber ağ teknolojileri.....	20
2.5.3. Kablo teknolojileri.....	21
2.5.4. Uydu teknolojisi.....	22
2.5.5. Kablosuz ağlar.....	22
2.5.6. IPTV kalite ölçümü.....	23
2.6. IPTV Taşıma Protokolleri.....	25
2.6.1. TCP.....	25
2.6.2. UDP.....	26
2.6.3. RTP.....	27
2.7. Yayın Şekli.....	33
2.7.1. Tekli yayın.....	33
2.7.2. Çoklu yayın.....	33
2.7.3. P2P yayın.....	35
3. IPTV İÇİN ÖRNEK BİR AĞ TOPOLOJİSİ BENZETİMİ.....	36
3.1. Benzetim Ortamı - ns2	36
3.2. Nam.....	37
3.3. Performans Ölçütleri.....	41
3.4. Gerçekleştirilen Benzetim.....	42
3.4.1. MPEG4 iz dosyası.....	44
3.4.2. IPTV için bir ağ topolojisi benzetimi.....	45
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	53

Sayfa

5. SONUÇLAR.....	64
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	68

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. IPTV için kapasite gereksinimi.....	7
Çizelge 2.3. DSL servis tiplerinin avantajları – dezavantajları [2].....	19
Çizelge 2.4. DSL teknolojileri için HoQ yapısı [7].....	19
Çizelge 4.1. İz dosyası şablonu [17].....	54

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. IP başlık yapısı.....	4
Şekil 2.2. Kıtalarla göre IPTV abone dağılımı.....	5
Şekil 2.3. Bazı ülkeler için geniş bant abone sayısı.....	6
Şekil 2.4. Bazı ülkeler için IPTV abone sayısı.....	6
Şekil 2.5. Tipik bir IPTV ağı birimleri	10
Şekil 2.6. FTTH ile PON teknolojisi üzerinden IPTV hizmeti.....	20
Şekil 2.7. Kablo altyapısı.....	21
Şekil 2.8. Kablosuz IPTV yapısı.....	22
Şekil 2.9. IPTV servis kalitesi modeli hiyerarşisi: QoE.....	23
Şekil 2.10. IPTV QoS ve QoE' leri için HoQ.....	24
Şekil 2.11. TCP başlık yapısı.....	26
Şekil 2.12. UDP başlık yapısı.....	26
Şekil 2.13. RTP başlık yapısında sabit alanlar.....	27
Şekil 2.15. Çoklu IP dağıtım servisi.....	34
Şekil 3.1. NS-2 benzetim işlem akışı.....	37
Şekil 3.2. Nam konsolu.....	38
Şekil 3.3. Nam penceresi.....	38
Şekil 3.4. MPEG4 iz dosyası örneği.....	44
Şekil 3.5. IPTV için bir ağ topolojisi benzetimi ağ yapısı.....	45
Şekil 3.6. PIM-SM için nam dosyası içeriği.....	49
Şekil 3.7. PIM-DM için nam dosyası içeriği.....	49
Şekil 3.8. PIM-SM için benzetimin çalışması – 15s	50

Şekil	Sayfa
Şekil 3.9. PIM-SM için benzetimin çalışması – 130s	50
Şekil 3.10. PIM-DM için benzetimin çalışması – 13s	51
Şekil 3.11. PIM-DM için benzetimin çalışması – 130s	52
Şekil 4.1. İz dosyası biçimi.....	53
Şekil 4.2. DM uygulamasında düğümler tarafından alınan RTP paket sayıları.....	55
Şekil 4.3. SM uygulamasında düğümler tarafından alınan RTP paket sayıları.....	55
Şekil 4.4. DM uygulamasında yönlendirilen paket sayıları.....	56
Şekil 4.5. SM uygulamasında yönlendirilen paket sayıları.....	56
Şekil 4.6. SM uygulamasında atılan paket sayıları.....	57
Şekil 4.7. DM uygulamasında atılan paket sayıları.....	57
Şekil 4.8. SM uygulamasında 5. düğüm için alınan paketlerdeki dalgalanma	58
Şekil 4.9. SM uygulamasında 5. düğüm için alınan paketlerdeki dalgalanma	58
Şekil 4.10. SM uygulamasında 5. düğüm için çıktı.....	59
Şekil 4.11. DM uygulamasında 5. düğüm için çıktı	59
Şekil 4.12. SM uygulamasında yönlendirilen paket çıktısı	60
Şekil 4.13. SM uygulamasında yönlendirilen paket çıktısı	60
Şekil 4.14. DM uygulamasında istek ve kesme mesajları sayısı	61
Şekil 4.15. SM uygulamasında 0. düğümde RTCP paketleri için çıktı	62
Şekil 4.16. DM uygulamasında 0. düğümde RTCP paketleri için çıktı	62
Şekil 4.17. SM uygulamasında alınan paket sayıları.....	63
Şekil 4.18. DM uygulamasında alınan paket sayıları.....	63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
mbps	Million bit per second – Milyon bit/saniye
Kısaltmalar	Açıklama
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line - Asenkron Sayısal Abone Hattı
BTK	Bilgi Teknolojileri Kurumu
CA	Conditional Access - Şartlı Erişim
CO	Central Office - Merkez Ofisi
DRM	Digital Rights Management - Sayısal Haklar Yönetimi
DSLAM	Digital Subscriber Line Acces Multiplexer - Sayısal Abone Hattı Erişim Sağlayıcı
DVR	Digital Video Recorder - Sayısal Video Kaydedicisi
EC	Engineering Characteristics - Mühendislik Karakteristikleri
EPG	Electronic Program Guide - Elektronik Program Kılavuzu
GOP	Group of Pictures - Resimler Grubu
HD	High Definition - Yüksek Çözünürlük
HFC	Hybrid Fibre Coaxial - Fiber, Koaksiyel Hibriti
IGMP	Internet Group Management Protocol - İnternetGrup Yönetim Protokolü

Kısaltmalar	Açıklama
IP	Internet Protocol - İnternet Protokolü
IPTV	Internet Protocol Television - İnternet Protokolü Televizyon
ITU	International Telecommunication Union - Uluslar arası Telekomünikasyon Birliği
JPEG	Joint Picture Experts Group - Birleşmiş Fotografik Uzmanlar Grubu
MPEG	Moving Picture Experts Group - Hareketli Resimler Uzman Grubu
NP	Network Performance - Ağ Performansı
NS2	Network Simulator 2 - Ağ Benzetici
PIM-DM	Protocol Independent Multicast Dense Mode - Protokol Bağımsız Çoklu Yayın - Yoğun Mod
PIM-SM	Protocol Independent Multicast Sparse Mode - Protokol Bağımsız Çoklu Yayın - Seyrek Mod
P2P	Peer to Peer - Eşten Eşe
QoE	Quality of Experience - Deneyim Kalitesi
QoS	Quality of Service - Servis Kalitesi
RR	Receiver Report - Alıcı Raporu
RT	Remote Terminal - Uzak Terminal
RTP	Realtime Transfer Protocol - Gerçek Zamanlı Aktarım Protokolü
RTCP	Realtime Transfer Control Protocol - Gerçek Zamanlı Kontrol Protokolü
SA	Service Attributes - Servis Elemanları
SD	Standard Definition - Standart Çözünürlük
SDTV	Standard Definition Television - Standart Çözünürlüklü Televizyon
SHE	Super Headend - Süper Kablo Ucu

Kısaltmalar**Açıklama****SR**

Sender Report - Gönderici Raporu

STB

Set Top Box - Set Üstü Kutusu

TCPTransfer Control Protocol - Taşıma Kontrol
Protokolü**UDP**User Datagram Protocol - Kullanıcı Veri Birimi
Protokolü**VC-1**

Video Coding-1 - Video Kodlama-1

VDSL

Çok Yüksek Veri Oranlı Sayısal Abone Hattı

VSO

Video Server Office - Video Servis Ofisi

WiMAXWorldwide Interoperability for Microwave
Access**WLAN**Wireless Local Area Network – Kablosuz Yerel
Alan Ağı

1. GİRİŞ

Hayatımıza girdiğinden beri sürekli gelişen ve farklı şekillerde, farklı teknolojilerle karşılaşılan televizyon en çok zaman geçirilen eğlence - haberleşme sistemidir. Siyah-beyaz televizyon, renkli televizyon, uydu, kablo televizyon, sayısal televizyon derken günümüzün gözde teknolojisi internet protokolü televizyon (Internet Protocol Television - IPTV)' a sıra gelmiştir. Gelecek yılların da yatırım yapılan, geliştirilen teknolojisi olmaya aday olan IPTV teknoloji sahnesine adım atmış, kullanıcının beğenisine sunulmaya başlamıştır.

Teknoloji olarak seçilen İnternet Protokolü (Internet Protocol - IP)' nün en büyük avantajı internet ve diğer ağlarda ortak kullanılmasıdır. Dünyada mevcut geniş bant abone sayısı da bu teknolojinin seçilmesinde etkili olmuştur. Böylece yeni nesil etkileşimli televizyon için baştan bir alt yapı geliştirilmesi yerine mevcut kaynakların kullanılması sağlanmış, daha ekonomik bir çözüm üretilmiştir.

IPTV' nin teknoloji sahnesine adım atması ile büyük telekomünikasyon firmaları da bu pazarda kendilerine pay bulabilmek için yarışmaya başlamışlardır. Mevcut alt yapılarını geliştirerek High Definition (HD), Standard Definition (SD) yayınlar için yeterli bant genişliği sağlama, kanal değiştirme gibi uzun süren işlemlerde yeni algoritmalar ile performans artırma, içerik genişletme, kullanıcı ile etkileşimli hizmet servislerini geliştirme gibi konular pazarda pay sahibi olmak isteyen firmaların çalışma alanlarını oluşturmuştur.

IP ağ alt yapısının sahip olduğu sınırlı bant genişliği video sıkıştırma tekniklerinin gelişmesinde etkili olmuştur. IPTV' de en çok kullanılan video sıkıştırma tekniği Hareketli Resim Uzmanlar Grubu (Moving Picture Experts Group - MPEG) tarafından geliştirilen MPEG-4' tür. MPEG-4 sıkıştırma tekniği kullanılmadan mevcut geniş bant ağ alt yapısı üzerinden SD Televizyon (SD Television – SDTV) yayını mümkün iken, MPEG-4 ile birlikte mevcut geniş bant ağ alt yapısı üzerinden HD Televizyon (HD Television – HDTV) yayını mümkün olmaktadır. Günümüzde

gelişen yarı iletken teknolojisi ile sıkıştırma için gerekli zamandan kaynaklanan gecikmeler, kullanıcı tarafında kabul edilebilir seviyelere inebilmektedir. Geliştirilen tekniklerde Deneyim Kalitesi (Quality of Experience - QoE) için gerekli parametreler uygulanan sıkıştırmada kaybedilen verilerin kullanıcının fark edemeyeceği alanlarda olması ile sağlanmaktadır.

Abone mantığı ile işleyen IPTV servisleri için kalite kullanıcıya sözleşme ile garantilenmiştir. Bu sebeple IPTV' de özel ağlar kullanılır. Kalite üç farklı başlıkta sınıflandırılabilir: servis kalitesi, deneyim kalitesi ve ağ kalitesi. Bir sistemin kabul edilebilir performansla çalışıp çalışmadığının göstergesi bu üç alt kalite sınıfın değerlendirilmesi ile bulunabilir. Yine bu sınıfların birlikte değerlendirilmesinden elde edilen HoQ ile mevcut bir problemin hangi parametrelerden kaynaklandığı saptanabilmektedir.

IPTV ağlardaki sınırlı bant genişliğinin etkili kullanılması zorunluluğu bütüne yayma yerine multicast teknolojilerinin kullanımını gerektirmektedir. Daha gelişmiş yönlendiriciler ile ağda multicast gruplar oluşturulabilmekte, böylece ağdaki gereksiz paket gönderiminden kaynaklanan trafiğin azaltılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada yeni nesil televizyon olan IPTV' nin temel tanımı, IPTV' de kullanılan donanım, yazılım , taşıma protokolleri, veri sıkıştırma teknikleri, IPTV ağ dağıtım teknolojileri ele alınmıştır. Ayrıca IPTV için kalite konusunda araştırmalara ve HoQ yöntemi ile yapılan bir değerlendirmeye yer verilmiştir. Deneyler kısmında IPTV için ns2 simülasyon ortamında iki farklı çoklu dağıtım teknolojisi uygulanmış, bu uygulamalardan elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlar kısmında paylaşılmıştır.

2. IPTV TEKNOLOJİSİ

IPTV teknolojisi incelendiğinde farklı başlıklar ile karşılaşilmektedir. Bunlar; genel tanımlar, IPTV' de kullanılan birimler ve IPTV ağ alt yapısı, yazılımlar, video sıkıştırma teknikleri, ağ dağıtım teknolojileri ve kalite, taşıma protokolleri, yayın şekli şeklinde gruplandırılabilir.

2.1. Genel Tanımlar

Bu bölümde IPTV' nin tanımındaki televizyon, IP gibi temel argümanlar incelenecek, IPTV' nin geçerli bir tanımı yapılacaktır.

2.1.1. Televizyon

Televizyon günlük yaşamın bir parçası haline gelmiş, tek taraflı iletişim tabanlı bir eğlence - haberleşme sistemidir. Teknik anlamda ise vericiden alınan sesin görüntünün elektromanyetik dalgalar aracılığı ile alıcıya iletilmesidir. Televizyon sözcüğü, Yunanca uzak anlamındaki *tele* ve Latince gör anlamındaki *visio* sözcüklerinden, 20. yüzyıl başlarında türetilmiştir ve uzaktan görmek anlamına gelmektedir [1].

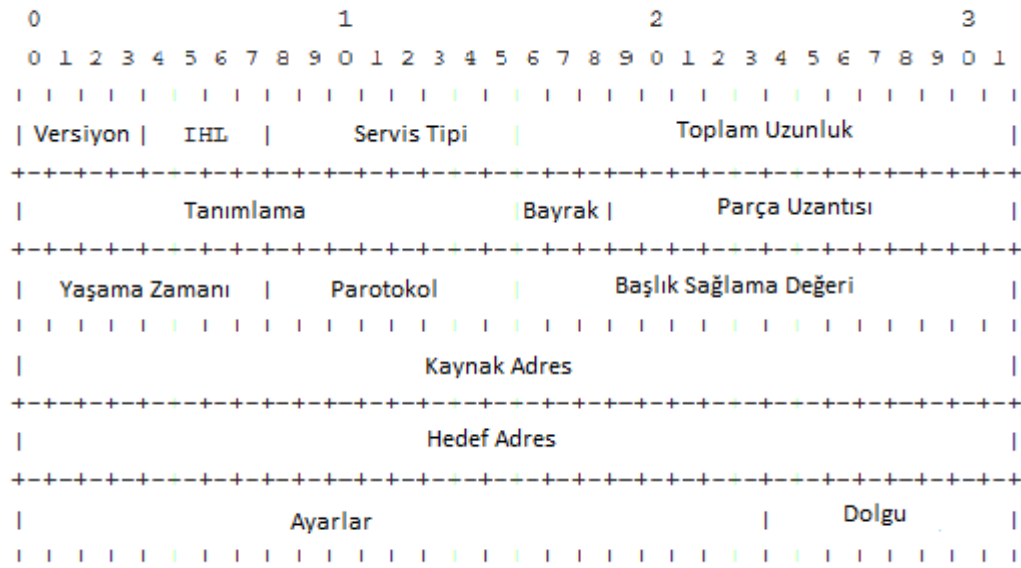
2.1.2. IP

IP internet gibi büyük çok fonksiyonlu bir ağda, veri paketlerini düzenlemede ve adreslemede kullanılan protokoldür [2]. Bu protokolün tekrar gözden geçirilmesi ile Ipv4, Ipv6 gibi yeni türevleri oluşturulmuştur. Standartları RFC-791' de belirtilmiştir. Adresleme ve çerçeveleme yapar. IP için başlık yapısı Şekil 2.1.' de görüldüğü gibidir.

IP' nin en büyük avantajı internet ve diğer çeşit ağlarda ortak kullanılmasıdır.

Böylece bir cihazdan farklı bir cihaza veri göndermek mümkün olabilmektedir.

Birçok farklı video servisleri IP üzerinde çalışır. Düşük çözünürlüklü web kamera uygulamasından HDTV uygulamasına kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır [3].



Şekil 2.1. IP başlık yapısı (Kaynak: RFC-791 Dokümanı)

2.1.3. IPTV

IPTV günümüzde kullandığımız televizyon yayınının IP üzerinden alınmasını sağlayacak olan teknolojidir. IPTV TV' den farklı olarak tek taraflı bir haberleşme sistemi yerine etkileşimli bir haberleşme - eğlence sistemidir. IPTV ile birlikte canlı yayın dışında, talep edildiğinde video (Video on Demand - VoD), hatta ilerleyen yıllarda arama yapma gibi özelliklere de sahip olunacaktır.

IPTV için Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union - ITU) şu tanıımı yapmıştır :

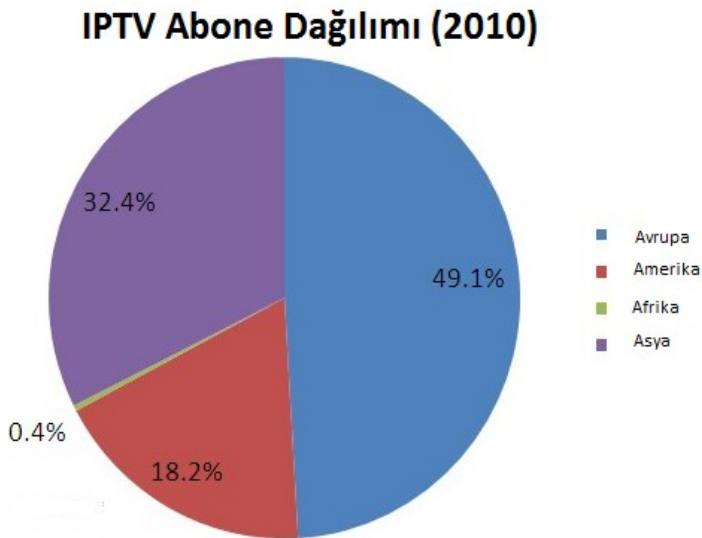
“IPTV; televizyon, video, ses, metin, grafik, data gibi multimedya (çoklu ortam)

servislerinin IP tabanlı ağlar üzerinden taşınarak güvenilir, güvenli, kaliteli ve interaktif deneyim sunan servistir” (ITU-T FG IPTV) [1] .

IPTV yukarıda belirtilen özellikleri kullanıcıya sağlayacak protokol ve sistemlerin tümüdür. Standartları henüz tamamlanmamıştır. Tipik bir sistemde, özel yüksek hızda bir IP ağı aynı anda yüzlerce veya binlerce kullanıcıya video program servisi sağlamakta kullanılabilir [2].

IP' nin teknoloji olarak seçilmesinin nedeni ise günümüzde halihazırda var olan geniş internet altyapısıdır. Bu altyapı üzerine etkileşimli bir televizyon ve diğer servislerin entegrasyonu şüphesiz yeni bir alt yapı oluşturulmasından çok daha az maliyetli ve daha uygulanabilir. Ayrıca IP diğer servisler (web tarayıcı, VoIP, VoD, vs.) içinde ideal teknolojidir.

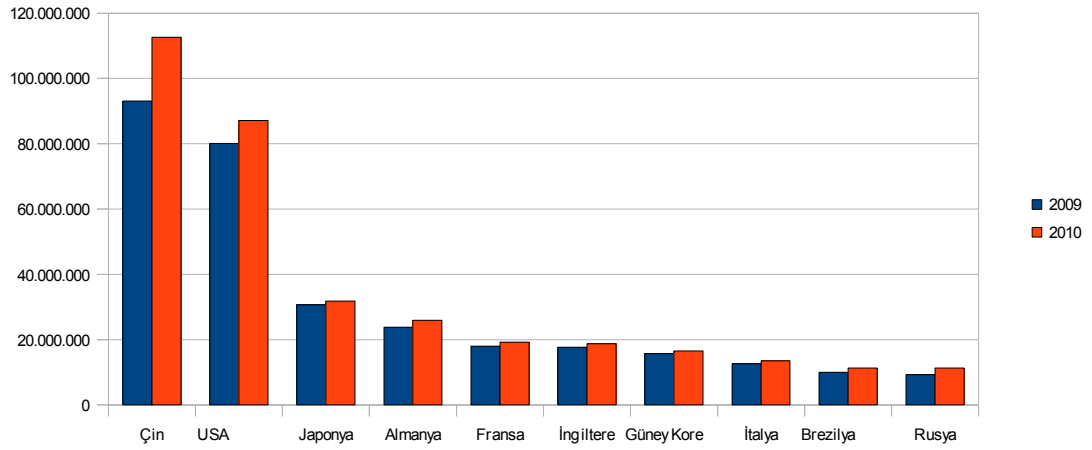
Dünyada kıtalara göre IPTV abonelerinin sayılarının dağılımı Şekil 2.2.' de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.2. Kıtalaraya göre IPTV abone dağılımı

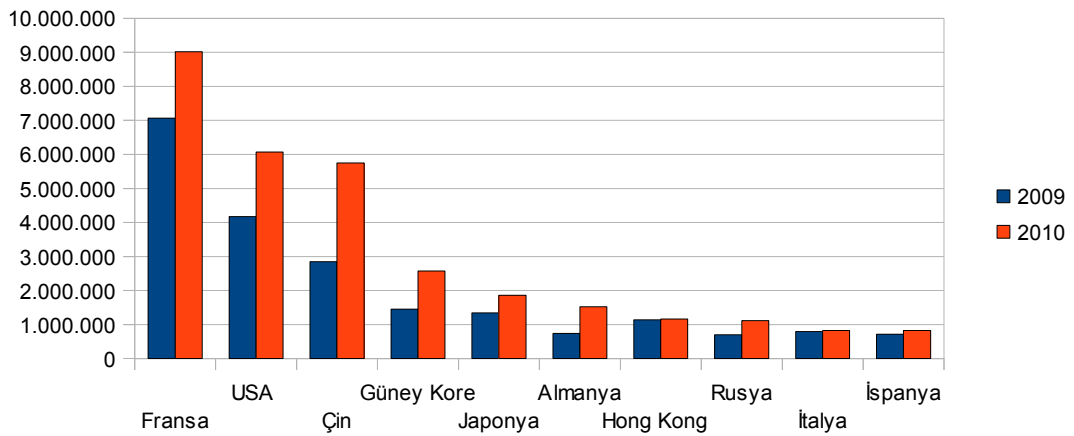
Burada sayısal dağılımlar Şekil 2.3' teki toplam geniş bant abone sayıları ve Şekil

2.4. 'teki IPTV abone sayıları grafiklerindeki gibidir.



Şekil 2.3. Bazı ülkeler için geniş bant abone sayısı

Bilgi Teknolojileri Kurumu (BTK) 2008 istatistiklerine göre Türkiye' de 5 894 522 Asenkron Sayısal Abone Hattı (Asymmetric Digital Subscriber Line - ADSL) abonesi bulunmaktadır.. Toplam (ADSL, Kablo, ISDN, Uydu) abone sayısı 5 986 101' dir. 2010 yılı istatistiklerinde bu rakam 8 042 557' ye ulaşmıştır [4].



Şekil 2.4. Bazı ülkeler için IPTV abone sayısı

Türkiye' de tivibu adı ile kullanıcıya sunulan IPTV hizmeti 30 şehirde test

yayınlarına başlamıştır. Abone sayısının yakın bir zamanda yarım milyona ulaşması beklenmektedir.

IPTV' de video aktarımı için çeşitli biçimler kullanılmaktadır. Şu anda genelde MPEG-2 kullanılmaktadır. MPEG-4 ise daha fazla veriyi daha az bant genişliğine ihtiyaç duyarak gönderebilmesi bakımından gelecekte IPTV için oluşturulan standartta yer almaya adaydır. Çizelge 2.1' de farklı kodlama tipleri için gerekli bant genişlikleri görülmektedir.

Çizelge 2.1. IPTV için kapasite gereksinimi

Servisler	Kodlama Tipi	Gerekli Bant Genişliği
HDTV	MPEG2	16 Mbps
SDTV	MPEG2	5 Mbps
VoD	MPEG2	5 Mbps
HDTV	MPEG4	6 Mbps
SDTV	MPEG4	2 Mbps
VoD	MPEG4	2 Mbps

2.1.4. IP video türleri ve özellikleri

IP ağı üzerinden gönderilen çeşitli video türleri vardır. Bunlardan ilki bu tezin temel konusu olan IPTV yayınıdır. IPTV ile sıkça karıştırılan İnternet TV ve İnternet Video, VoD da IP ağı üzerinden aktarılabilen video türleridir.

IPTV bir önceki bölümde tanımlandığı gibi İnternet Protokolü üzerinden iletilen ve alıcıya ulaştırılan TV olarak tanımlanır. IPTV için bir Set Üstü Kutusu (Set Top Box - STB)' na ihtiyaç vardır ve alıcı genelde televizyondur. IPTV ile sıkça karıştırılan İnternet TV ise bilgisayar üzerinden alınır ve yayının alımı için STB' ye ihtiyaç duymaz. VoD ise içeriği son kullanıcı için profesyonel olarak yayıncılar ile üretilmiş olan videolardır. Bu içerik hem bilgisayar hem STB aracılığı ile televizyon üzerinden alınabilir. İnternet Video' da içerik kullanıcı tarafından hazırlanmaktadır. Bu içeriği

bilgisayarlar aracılığı ve web tarayıcı ile ulaşılabilir.

Bu Video türleri için kullanılan iki çeşit ağ türü vardır; özel ağ ve genel ağ. Sadece IPTV için videonun kalitesi, gecikmeler gibi Servis Kalitesi (Quality of Service - QoS) başlıkları çok önemli olduğundan özel ağ kullanılır. Diğer türler için gecikmeler veya kayıplar kullanıcı için kabul edilebilir olduğundan genel ağ kullanılabilir.

IPTV için video alımında en önemli kısım alınan videonun kalitesidir, yani servis kalitesidir. Çünkü aboneye sözleşmeler genelde kaliteli yayını garanti eder. IPTV' de özel ağ kullanılmasının temel sebebi budur. Çünkü genel bir ağda yönlendiricilerde yapılan öncelik ayarları denetlenemediğinden ve her yayımcı kendi içeriğine en önemli dereceyi atayacağından geçersiz olacaktır. IPTV için gecikmeler, kayıp çerçeveler en az seviyede olmalıdır. Diğer video türleri için QoS tolere edilebilir. Dolayısı ile bu türler için servis kalitesi hem yayın genel ağ üzerinden yapıldığından hem kullanıcının böyle bir isteği olmadığından yönetilmez. Örneğin: IPTV için kanal değiştirme 1-2 saniye iken. IPVoD için 5-10 saniye, İnternet TV için 10-20 saniye, İnternet Video için arama zamanı ile birlikte 10-20 saniyedir.

IPTV' de seçilebilecek yüzlerce kanal, IPVoD ile kullanıcıya sunulan binlerce video dosyası, İnternet üzerinden yayın yapan binlerce kanal, kullanıcıların ulaşabileceği ve internette hali hazırda milyonlarca video dosyası vardır.

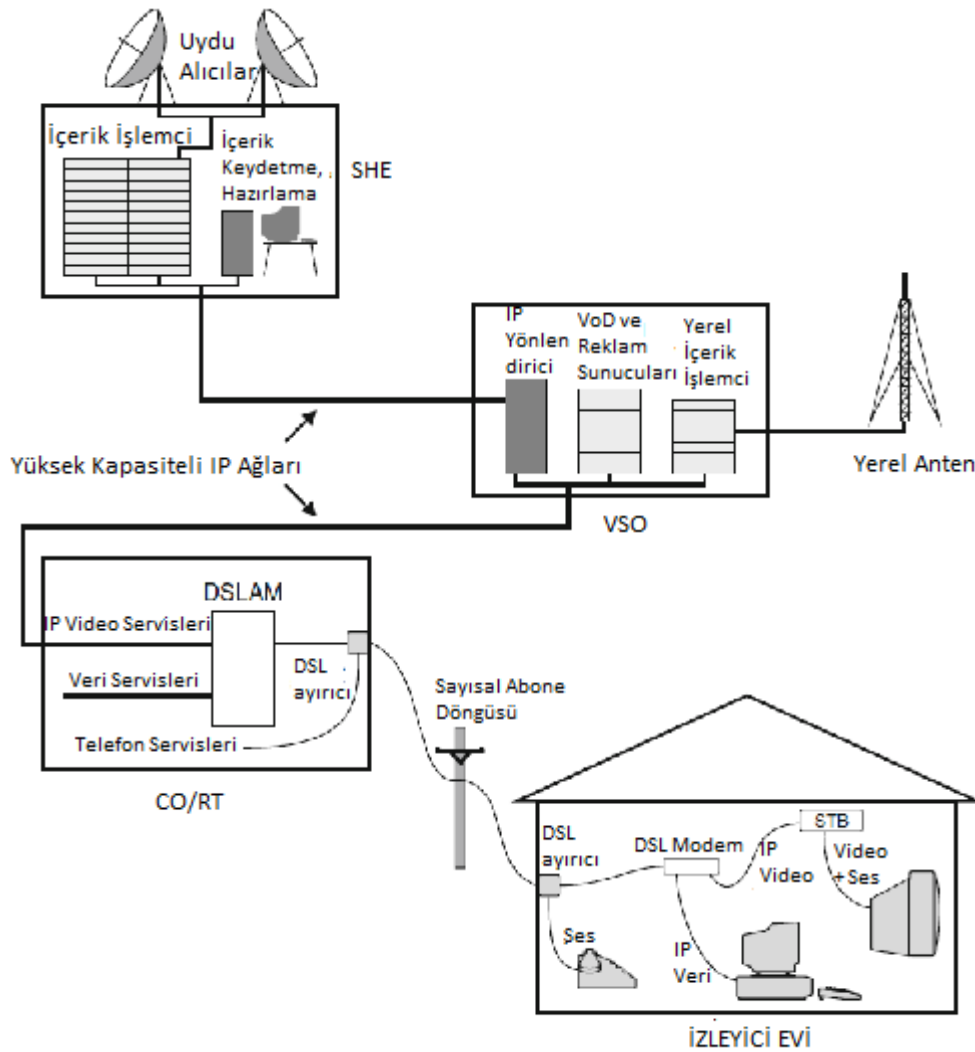
IPTV ve diğer video seçenekleri için sınıflandırmalar Çizelge 2.2.' de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. IPTV için sınıflandırma [5]

Servis Elemanları	IPTV	IPVoD	Internet TV	Internet Video
Ağ Tipi	Özel Ağ	Genel Ağ	Genel Ağ	Genel Ağ
QoS	Yönetilmiş QoS	Yönetilmemiş QoS	Yönetilmemiş QoS	Yönetilmemiş QoS
Çok Nokta Yöntemi	Multicast	Unicast	Unicast	Unicast
Anahtar Protokoller	UDP üzerinden RTP ile Akış	Kademeli Yükle+Oynat	HTTP Akış: Kademeli Y+O	HTTP Akış: Kademeli Y+O
Okuma Cihazları	STB' lı Televizyon	STB' lı Televizyon veya PC	PC, Mobil veya Ağ Aracı	PC, Mobil veya Ağ Aracı
Program Seçimleri	Yüzlerce Televizyon Kanalı	Binlerce Video Dosyası	Binlerce Televizyon Kanalı	Milyonlarca Video Dosyası
Kullanıcı Deneyimi	Kablo TV veya Broadcast' a Benzer	DVR veya VoD' a Benzer	Web Gezintisine Benzer	Web Gezintisine Benzer
Kanal Değiştirme Zamanı	Hızlı: 1-2 saniye	Makul: 5-10 saniye	Yavaş: 10-20 saniye	Yavaş: 10-20 saniye
Geri/İleri Sarma	Yok	Var	Yok	Var
Ürün Değerleri	Profesyonel Üretilmiş	Profesyonel Üretilmiş	Profesyonel Üretilmiş	Kullanıcı Tarafından Oluşturulmuş
İçerik Türleri	Canlı veya Önceden Kaydedilmiş	Önceden Kaydedilmiş	Canlı veya Önceden Kaydedilmiş	Önceden Kaydedilmiş
Program Kütüphanesi	Çevrelenmiş İçerik Bahçesi	Çevrelenmiş İçerik Bahçesi	Dünya Çapında Erişim	İzleyici Dikkatinde
Sahiplik Hakları	Güçlü Sayısal Haklar Yönetimi (Digital Rights Management-DRM)	Güçlü, Genellikle DRM	Oldukça Güçlü	Zayıf veya Yok
Gelir Modelleri	Abonelik ile Ödemeli	Abonelik, Böüm Başına Ödeme veya Reklamlar	Ücretsiz veya Önerme ile	Ücretsiz veya Önerme ile
Örnek Sağlayıcılar	AT&T, U-Verse	Netflix, Hulu, CBS.com	NASA.tv, Mogulus	YouTube, Facebook

2.2. IPTV' de Kullanılan Birimler ve IPTV Ağ Yapısı

IPTV çeşitli birimlerden oluşmaktadır. Şekil 2.5.' te bu birimler ve ilişkileri görülmektedir. Bu birimler sıra ile STB, Merkez Ofis/Uzak Terminal (Central Office/Remote Terminal – CO/RT), Video Sunucu Ofisi (Video Server Office - VSO), Süper Kablo Ucu (Super Headend - SHE)' dir.



Şekil 2.5. Tipik bir IPTV ağı birimleri [6]

2.2.1. SHE

SHE IPTV ağ yapısında başlangıç noktasıdır. Televizyon yayını diğer kablo ucu

dağıtım elemanlarına gönderen dağıtım sistemidir. Görevleri:

- *İçerik Toplamak:* Anten, uydu aracılığı ile içerik sağlayıcılardan aldığı içeriği kaydeder. Gönderilen içerik normal televizyon yayını olabileceği gibi, isteğe bağlı video, müzik vs.' de olabilir. Bu içerik genelde şifrelenmiş olarak gönderilir.
- *Dönüştürme:* Yayıncılar tarafından gönderilen içerik alındıktan sonra IPTV ağı üzerinden aktarılabilecek dosya yapısına dönüştürülmelidir. Gelen video genelde MPEG-1, MPEG-4 veya Video Kodlama-1 (Video Coding-1 - VC-1)' dır ve sıkıştırma oranını sağlayıcı seçmektedir. Bu sıkıştırılmış veri IPTV sistemlerinde basitlik için belli bir bit oranı ile yapılmaktadır.
- *Taşıma:* Dönüştürülen video diğer VSO' lara taşınmalıdır. Taşıma ortamı IPTV sağlayıcısı tarafından kontrol edilir. Genelde VSO sayısı gereğinden fazladır. Çünkü SHE' nin hata vermesi durumunda VSO' lar yayını devam ettirir. Çok büyük kullanıcı kitlesi olan sağlayıcılar yedek bir SHE kurmaktadır.
- *Biçimlendirme:* SHE VoD içeriğin biçimlendirme, reklam içeriğinin biçimlendirilmesi görevlerini üstlenir. Burada videonun temel bilgileri oluşturulur. Videonun her STB tarafından alınması için belirlenen bit oranı ve sıkıştırma yöntemi ile video sıkıştırılır. IP paketleri ise bu aşamada değil VOD sunucuları tarafından yapılmaktadır.

2.2.2. VSO

VSO şehir gibi coğrafi bir bölge için video işleme ve gönderme servislerini sağlar. İçeriklerini SHE' den alırlar. Her VSO kendisinden içerik talep eden CO/RT' ye gerçek zamanlı iletim yapmak zorundadır. Müşteri servisleri, ödemeler gibi işlemler de VSO' ların görevleridir [6]. Bunların dışında VSO' ların gerçekleştirdiği diğer görevler aşağıdaki gibidir:

- *Lokalleştirme:* VSO' lar bölgelere göre içerik işlerler.

- *Sıkıştırma:* Videoları göndermek için ve aldıkları videoları farklı bit oranları ile sıkıştırmak için teknikler kullanırlar. Veya direk çevirme işlemi yapabilirler. Örneğin: MPEG-2 olarak alınmış sinyali H.264' e çevirebilirler.
- *Akış Dizisi Oluşturma:* VSO' lar IPTV içerikleri için akan diziler oluştururlar. Uzaktaki cihaz yayın şeklini belirler. Eğer cihaz basit bir araç ise unicast yayın yapılır. Bu yayın türünde yayını isteyen her adres için paket oluşturulur ve bu adreslere tek tek yayın akışı gönderilir. Cihaz karmaşık işlemler yapabilen bir cihaz ise multicast yayın yapılır. Bu yayın türünde ise TV yayını bir kez CO/RT' ye gönderilir. Burada istek sayısına göre yayın paketleri kopyalanarak çoğaltılır.
- *Saklama:* VOD sunucuları genelde VSO' larda bulunurlar. Bu sunucular VOD servislerinin kalite kısıtlarından dolayı tekli yayın yaparlar.
- *Lokal Reklamlar:* Bölgeye özel reklamlar VSO' larda tutulurlar.
- *Etkileşimlilik:* IPTV' nin klasik uydu yayınından en büyük farkı kullanıcının komutlarını alan STB' ın gönderdiği komutlar aracılığı ile yönetilebilir olmasıdır. Bu komutları anlayabilmek için VSO' larda programlar vardır.
- *Kimlik Doğrulama:* VSO' ların en önemli görevlerinden biri kimlik doğrulama işlemidir. STB' lar kullanıcı bilgilerini gönderir ve bu bilgiler geçerli ise VSO' lar içerik isteğini kabul eder.
- *Fiber Gönderim:* VSO ile CO/RT' ler arasında genelde yüksek hızlı fiber bağlantılar vardır.

2.2.3. CO/RT

CO/RT olarak adlandırılan bölümün görevleri:

- *DSLAM Fonksiyonu:* Her CO/RT Sayısal Abone Hattı Erişim Sağlayıcı (Digital Subscriber Line Acces Multiplexer – DSLAM) ünitesine sahiptir. Bu üniteler gelen paketleri gönderilecek IP adreslerine yönlendirir.
- *Multicast Teknolojisi:* (genellikle IGMP tabanlıdır) Bazı yeni DSLAM türleri multicast yayını destekler. Bu şekilde VSO' lar broadcast yayını bir kere

yapar. Bu yayın DSLAM tarafından kopyaları oluşturularak alıcılara gönderilir.

- *Bağlantı:* Bağlantı için her evde bir DSL ayrıştırıcı kullanılır. Bu ayrıştırıcı telefon hattı ve DSL hattını böler.
- *Servisleri Kombine Etmek:* Bir çok farklı uygulama aynı ortamda gönderilir. Yüksek hızlı internet, IPTV servisleri, VoIP servisleri DSLAM tarafından sağlanır.

2.2.4. Kullanıcı cihazları

IPTV ağ yapısına bakıldığında bu yapıdaki önemli cihazlardan biri olan STB' lar kullanıcının evindedir. STB dışında bir DSL modem, DSL filtresi, ev geçidi gereklidir.

STB

Bir STB dış bir kaynak ile televizyon arasına bağlanan, ve dışarıdan gelen sayısal karasal yayıncılık (DVB-T) sinyallerini televizyon veya bağlı olduğu cihazda gösterilebilecek sinyallere dönüştüren cihazdır.

STB bir IPTV ağının en göz önünde olan parçasıdır. Bu parçanın görevleri:

- Kullanıcı komutlarını almak iletmek ve video sinyallerini almak için bir ağ arayüzü sağlamak,
- Ses ve video çıkışları üzerinden TV veya bağlı olduğu cihaza ses ve görüntü verilerini göndermek,
- Kullanıcı için ekran üzerinde yönlendirmeler ile uzaktan kontrol arayüzü sağlamak.

Ayrıca:

- Şartlı erişimi yazılım - donanım ile sağlamak,
- HDD içermek

gibi görevleri de yerine getirir.

STB ağ arayüzü desteğini sağlamak için ethernet kullanır. Bu arayüzden kullanıcı kimlik bilgileri, kullanıcı komutları, kanal değiştirme bilgileri gibi bilgiler gönderilir; genel yayın akışı, isteğe bağlı video için gerekli olan bilgiler alınır.

STB direk hatta bağlanmamaktadır. Bunun yerine daha önceden güvenlik, dönüştürme gibi işlemleri yapan bir ağ geçidine bağlanılmaktadır. Böylece güvenlik veya her hat çeşidi için yeni STB üretme gibi birçok sorun çözülmüştür. Kabloların çokluğunun çözümü içinse günümüz WiFi teknolojisi yetersiz kalmaktadır. Çok geniş bant (ultrawide band) ise gelişimini tamamlamadığından kullanılmamaktadır.

Video ve ses çıktıları yüksek çözünürlüklü çoklu ortam arayüzü (HDMI), S-Video gibi çıkışlara sahiptir. Bu çıkışlardan alınan sinyal minimum gürültü ile gösterici cihaza gönderilir.

STB son kullanıcı ile etkileşimi sağlayacak arayüzlere sahiptir. STB üzerindeki elektronik yazı bölümler kullanıcıya yaptığı işlem ile ilgili bilgi vermelidir. Televizyondaki gibi bir kuzulötesi kumanda ile kullanıcıya kanal seçme, ses ayarları ile oynama vs. gibi fonksiyonları oturduğu yerden seçebilmeyi sağlamaktadır. Kullanıcıya sunulan diğer arayüz elektronik program kılavuzu adı verilen uydu kutularında belli fonksiyonlarda sağladığı ekranda çıkan menülerdir. Bu menülerden kullanıcı kumanda ile gerçekleştirdiği basit fonksiyonları gerçekleştirdiği gibi alışveriş yapma gibi bazı etkileşimli işlemleri de yapabilmektedir.

STB' in bir diğer görevi olan şartlı erişim, sayısal haklar yönetimi sağlamak için önemlidir. Örneğin bir filmin sadece ödeme yapan abonelere açılması gerekmektedir. Ortam erişimi sağlamak için akıllı kartlar donanım tabanlı bir çözümdür. Yazılım

tabanlı teknolojiler de aynı güvenliği hatta daha fazlasını sağlayabilirler. Bundan dolayı yazılım tabanlı ortam erişim yöntemleri daha çok tercih edilmektedir.

STB bazı içeriklerin kaydedilebilmesi için hafıza (HDD) içerir. HDD' ye sayısal video kaydedicisi (Digital Video Recorder - DVR) aracılığı ile istenen programlar kaydedilir.

2.2.5. Ara katman (middleware)

Ara katman; standartları tam belirlenmemiş ancak STB ve VOD sunucuları arasında kullanılan yazılımların toplamıdır. Hem STB tarafında hem sunucu tarafında çalışan bölümleri vardır. Bu yazılımların bütün STB' larda çalışabilmesi için standartları vardır. Fonksiyonları:

- *EPG İşlemleri:* İstenilen program akışı ve videoların bir ızgarada toplanmasını ve kullanıcıya sunulması karmaşık bir iştir. Ara katman bu işin karmaşık bölümünü üstlenmektedir. Böylece aynı EPG' ler farklı STB' lar için de kullanılabilirler.
- *Kullanıcı Tanımlama:* Doğru kullanıcıya doğru içeriğin iletilebilmesi için ara katman IP - kullanıcı ilişkisini kurar.
- *Kanal Değiştirme:* Kanal değiştirme multicast yayınlar için bir gruptan başka bir guruba geçme ile olurken unicast yayın için DSLAM ile komut gönderme gereklidir. Bu işlemler ara katmanın görevidir.
- *Geri Ofis Entegrasyonu:* Ara katman VOD, ödeme yönetim gibi servisler arasında çevirici görevdedir.
- *Etkileşim:* Kullanıcı sistemleri ile içerik sunucuları arasında etkileşimli haberleşmeyi sağlar. Örneğin kullanıcı bir tuşa bastığında ara katman görevi devralır.

2.3. IPTV' de Kullanılan Yazılımlar

IPTV ücretli servislerini yönetim ve çift taraflı iletişim için kullanılan yazılımlar:

- *Elektronik Program Menüsü (Electronic Program Guide – EPG)*: Kullanıcının ekranında STB aracılığı ile gösterilir ve kullanıcı kumanda ile menüler ve alt menülerde işlemler yapabilir. STB' lar dışında VSO' lar tarafından da yönetilebilir.
- *Şartlı Erişim (Conditional Access - CA)*: Bu sistem kullanıcının bir içeriğe erişimi olup olmadığını denetler. İçerik şifrelenerek şartlı erişim sağlanır.
- *VOD Sistem*: İsteğe göre video sistemi kullanıcının istediği içeriği izleyebilmesini sağlar. Kullanıcı EPG aracılığı ile durdur, başa sar gibi komutlara ulaşır ve bu komutları kendi için hazırlanmış unicast bağlantı üzerinden gönderir.
- *DRM*: İçerik sahiplerinin haklarını korumak için oluşturulmuştur. CA bir içeriğe kullanıcının erişip erişemeyeceğini kontrol ederken DRM içeriğe erişen kullanıcının içerik ile ne yapabileceği konusunda yetkilidir. DRM ile CA paralel çalışır ve birbirine yakın görevleri vardır.
- *Abone Yönetim ve Ödeme Sistemi*: Ödemeler bu sistem aracılığı ile yönetilirler.

2.4. IPTV Video Sıkıştırma Teknikleri

Video sıkıştırma teknikleri alt yapıda kullanılan hatların daha verimli kullanılmasını sağlarlar. Örneğin sıkıştırma teknikleri kullanılmadan veri gönderildiği düşünüldüğünde mevcut altyapı HD yayın için uygun değildir. Bu teknikler gönderimde bant genişliği kullanımını optimize ettiği gibi sıkıştırılmış içerik saklanırken de daha az yer tutar.

Sıkıştırma tekniklerinden IPTV için MPEG öne çıkmaktadır. MPEG Moving Pictures

Experts Grup tarafından oluşturulmuş ve standartlaştırılmış bir tekniktir. Bu teknikte resim grupları (Grup of Pictures - GOP) denilen I, P ve B çerçeveler videoyu oluşturmak içindir. I çerçeve en çok bilgiyi taşıyan ve en uzun çerçevedir. I çerçevesi kullanılan bit oranına göre 5 çerçevede bir defa gelebildiği gibi 30 çerçevede bir defa da gelebilir.

Kanal değiştirme işlemi için I çerçevesinin kaç seferde bir defa geldiği önemlidir. Çünkü I çerçevesi bilginin yoğunlaştığı çerçevedir. 5 çerçevede bir defa I çerçevesi gelen durumda kullanıcının kanal değiştirme için bekleme süresi 100 mili saniye civarı ölçülmüştür. Bu sayı 30 çerçevede bir I çerçevesi gelmesi durumunda 1-2 saniye olmaktadır. Bu sonuç QoS kısıtları açısından iyi bir sonuç değildir. Ancak kanal değiştirme için çeşitli çözümler üretilmiştir. Bunlardan ilki sadece I çerçeveleri ile sıkıştırılmış videolar başka bir sunucuda tutulur. İkinci çözüm ise başka sunucu kullanımını ortadan kaldırmıştır. İkinci çözümde aynı yayının hem normal kalitede hem düşük kalitede yayını yapılır. Kanal değiştirilmek istenince STB düşük kalitede yayını alır. Daha sonra yüksek kaliteli yayına geçiş yapar.

- MPEG-1: MPEG sıkıştırma teknikleri zaman içerisinde gelişmiştir. MPEG-1 video CD leri oluşturulurken kullanılmıştır.
- MPEG-2: En çok kullanılan video sıkıştırmak teknikleri arasındadır. Uydu yayınları ve kablo televizyonda kullanılır. Bu teknik video ve ses sinyallerini çoklayabilir.
- MPEG-4: En son oluşturulan standarttır. Bu standardın en çok tavsiye edilen türü H.264' tür ve HD videolar için önemlidir. MPEG-4 MPEG-2' den canlı yayın akışının iletiminde herhangi bir ilerleme kaydetmemiştir. H.264 ise MPEG-2' nin yarısı bit oranı ile aynı kalitede yayını sağlamaktadır. H.264 için kullanılan cihazlar bu sebeple MPEG-2 için kullanılanlardan 4 kat daha güçlü olmalıdır. Günümüzde işlemciler yeterince güçlüdür. Bu yüzden H.264 IPTV için en çok tercih edilen standarttır.
- JPEG: Joint Photographic Experts Grup (JPEG) tarafından oluşturulan sıkıştırma tekniğidir. Bu teknikte her çerçeve sadece kendi içerisinde

sıkıştırılır. Dolayısı ile GOP mantığında olduğu gibi kanal değiştirmede I çerçevesi beklenmesi durumu söz konusu değildir. Bu sebeple bazı video işleme servisleri tarafından kullanılır.

- *JPEG2000*: JPEG' in geliştirilmiş versiyonudur. Fakat yine her çerçeve kendi içerisinde sıkıştırılır. Çerçevelerdeki tekrarları eleyemediğinden IPTV için kullanılmazlar.

2.5. IPTV Ağ Dağıtım Teknolojileri ve IPTV Kalite Ölçümü

IPTV ağ dağıtım teknolojileri IPTV dağıtımında en önemli faktör olan QoS için önemlidir. Kaliteyi belirleyen faktörler ağ gecikmesi (latency), ulaşma zamanı farklılıkları (jitter), kayıp oranı ve hata oranı [7] olarak sıralanabilir. Kaliteyi belirleyen faktörler ağ performansı (Network Performance - NP), QoS, QoE olarak sınıflandırılmıştır. Servis kalitesi yapılan ölçümler sonucunda değerlendirilmekte, deneyim kalitesi ise kullanıcının deneyiminden elde edilmektedir. Bu iki kalite sınıfını birlikte değerlendiren HoQ yapısı servis elemanları (Service Attributes - SA) ile mühendislik karakteristikleri (Engineering Characteristics – EC)' ni kalite ölçmede kullanır.

IPTV ağ dağıtım teknolojileri; DSL , fiber ağ, kablo, uydu ve kablosuz ağlar üzerinden IPTV dağıtımı olarak sınıflandırılabilir.

2.5.1. DSL teknolojileri

Bant genişliği IPTV' de hem iletimin başarısı hem kalitesi için önemlidir. 1980' lerde modemler 2400 bps hıza sahipken, ISDN ile 128 Kpbs hızlara ulaşılmış ve DSL teknolojisi ile günümüzde 8Mbps hıza ulaşılmıştır. 10Mbps hızının birkaç yıl içerisinde evlere gireceği tahmin edilmektedir.

Günümüzdeki DSL ağ altyapısı ile DVD kalitesi sinyali H.264 ve VC-1 ile taşınmasını mümkün kılsa da HD sinyaller için 5-8Mbps hızlar gerekmektedir. DSL'

in yeni sınıflar ADSL2+ve VDSL 24-50Mbps hızlar ile HD için gerekli hızı sağlamaktadır. Çizelge 2.3' te DSL türlerinin avantaj - dezavantajları görülmektedir.

Çizelge 2.3. DSL servis tiplerinin avantajları – dezavantajları [2]

Servis Tipi	Bant Genişliği	Avantajları	Dezavantajları
G.lite	1,5 Mbps indirme, 512 kbps yükleme hızı	Daha geniş erişim sağlar, ADSL' deki gibi ayırıcıya ihtiyaç duymaz	Video için yeterince hızlı değil
ADSL	8 Mbps indirme, 1 Mbps yükleme hızı	Olgun teknoloji	Birkaç SD veya bir HD kanalını destekler, ayırıcıya ihtiyaç duyar
VDSL	50 Mbps indirme, 12 Mbps yükleme hızı	Kısa mesafelerde daha iyi bant genişliği	Maximum uzaklık çok kısa (~1000 adım)
ADSL2+	24 Mbps indirme, 1 Mbps yükleme hızı	Kaynaktan uzaklaştığında performansta aşamalı düşüş görülür	Eski bütün çift bükümlü kablolar ile çalışmaz

DSL teknolojileri için kalite SA' ları ağ hızı, ağ bağlantısı, servis hata oranı olarak sınıflandırılabilir. EC' ler ise araç veya imkan, ağ ayarlaması olarak sınıflandırılabilir [7]. Çizelge 2.4.' te bu EC, SA' lara göre HoQ yapısı görülmektedir.

Çizelge 2.4. DSL teknolojileri için HoQ yapısı [7]

	Trans.	DSLAM	Yerel Hat	Besleyici Hat	Kullanıcı Sayısı	Uzaklık	SA Önceliği
Hız (ort.)	0,139	0,162	0,196	0,171	0,212	0,120	%17,2
Hız (varyans)	0,097	0,154	0,141	0,202	0,260	0,146	%11,9
Bağlantı Erişilebilirliği	0,228	0,125	0,134	0,116	0,221	0,177	%28,5
Bağlantı Sabitliği	0,123	0,143	0,121	0,172	0,237	0,204	%28,2
Servis Hata Oranı	0,126	0,115	0,176	0,197	0,208	0,178	%14,2
EC Önceliği	%15,3	%13,8	%14,8	%16,3	%22,7	%17,1	

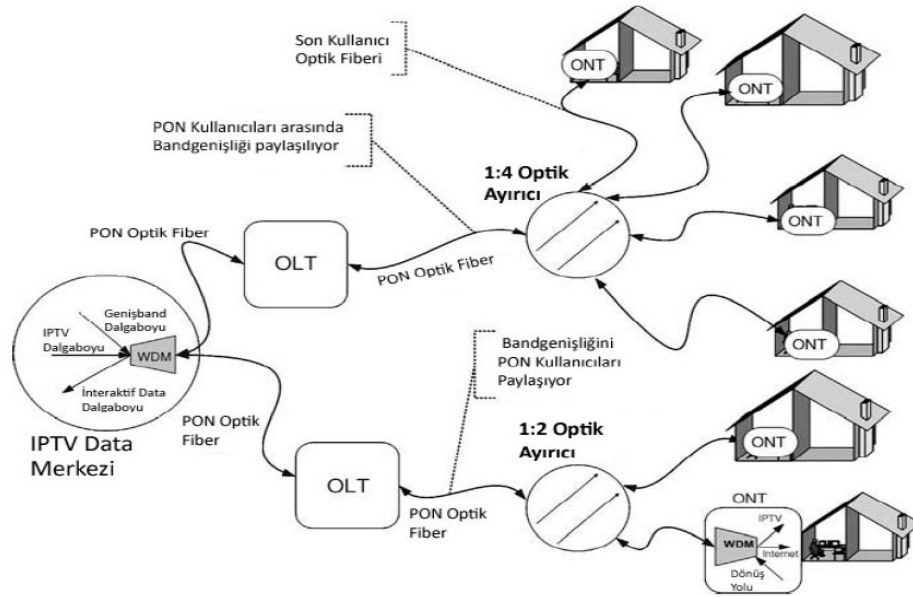
Buradaki yapı değerlendirildiğinde bağlantı SA' ları en önemlileridir. Dalgalanma (jitter)' in öneminin az olması VoIP ve IPTV gibi paket sırası hassas olan servislerin eski telefon sistemleri için hala çok popüler olmadığını göstermektedir [7].

2.5.2. Fiber ağ teknolojileri

Fiber ağ teknolojileri günümüzde kullanıcının evine kadar gelmektedir (FTTH). Bu teknoloji daha ekonomik şekilde apartmana kadar fiber (FTTA) gelebilmektedir. Apartmana kadar fiber ağ bir sonlandırma cihazı ile sonlandırılır ve apartmanın eski bakır kablo ağ yapısına bağlanır.

Bölgenin gerekliliklerine göre yakın çevreye kadar fiber (FTTN), ofise kadar fiber (FTTO), saha kabinine kadar fiber (FTTC) kullanılır. En kaliteli hizmet FTTH ile kullanıcıya sunulur.

Pasif ve aktif olmak üzere iki tür ağ oluşturulabilir (PON/AON). PON için elektriksel elemanlar gerekmezken AON için elektriksel elemanlar gerekmektedir.

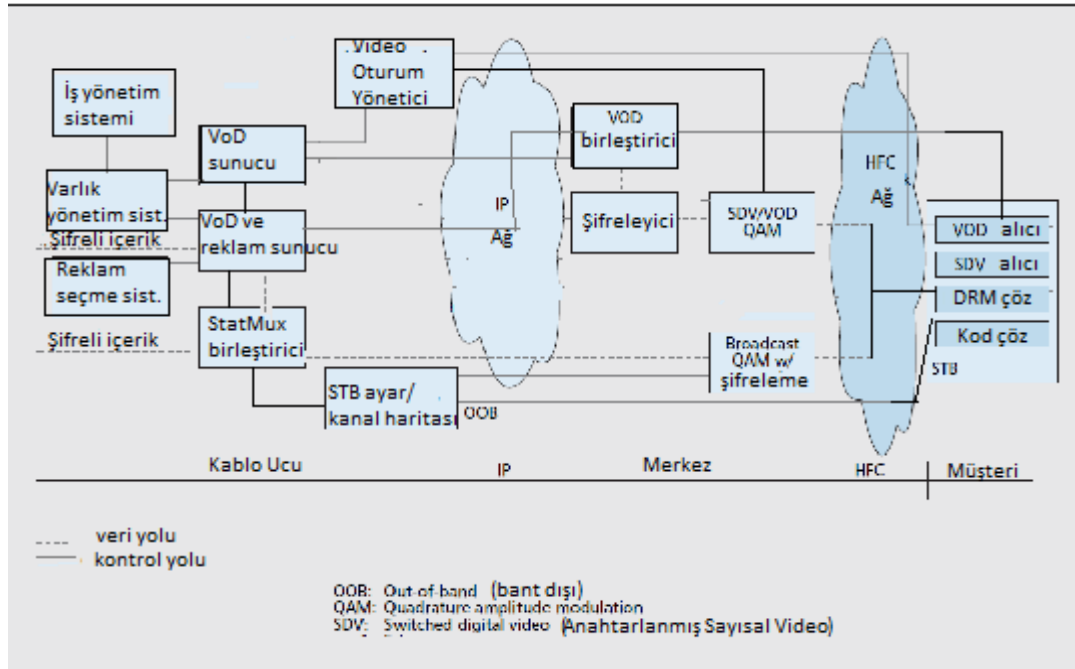


Şekil 2.6. FTTH ile PON teknolojisi üzerinden IPTV hizmeti [8]

Bu ağ yapıları dışında kablo TV ve uydu üzerinden, kablosuz ağlar üzerinden (WiMax) IPTV içerik dağıtımı yapılmaktadır.

2.5.3. Kablo teknolojileri

Kablo TV günümüzde kullanılan ve HFC teknolojik altyapısını kullanan bir ağıdır. HFC teknolojisi fiber ve koaksiyel kablodan oluşan bir altyapı teknolojisidir. Fiber kablunun ana transmisyon sisteminde kullanılmasından IPTV için gerekli olan yüksek bant genişliğini rahatlıkla sağlamaktadır. Ayrıca yükleme bant genişliğinin de yeterince yüksek olmasından faydalanarak etkileşimli video, geniş bant verisi ve ses servislerini (“üçlü oynatma”) eklemiştir. Bu da hem düşük yükleme bant genişliğine sahip uydu teknolojisi ile yarışını hem de yeni nesil IPTV ile olan yarışını desteklemektedir. Şekil 2.7' de kablo altyapısı görülmektedir.



Şekil 2.7. Kablo altyapısı [9]

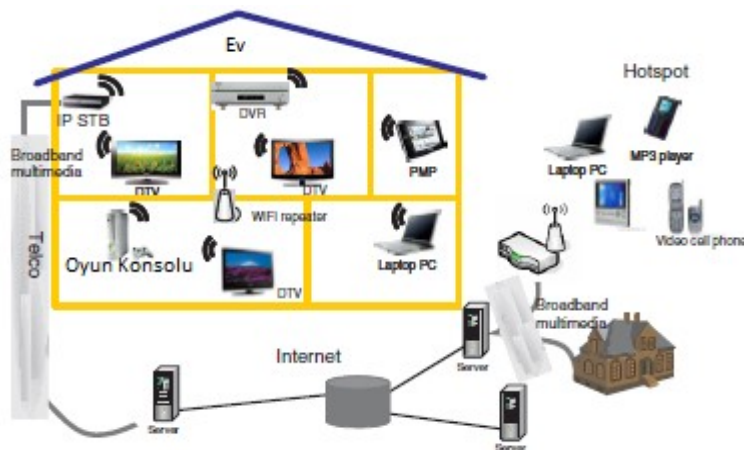
2.5.4. Uydu teknolojisi

Uydu teknolojisi sağladığı bant genişliği açısından IPTV için gerekli altyapıyı sağlar. Ancak uydu ile son kullanıcı arasında IPTV ile gelen birebir etkileşimi uydu teknolojisi yükleme bant genişliği sağlamaz. 100 Gbps hızlara ulaşabilen uydu canlı televizyon yayını için uygundur.

2.5.5. Kablosuz ağlar

IPTV için kullanılan kablosuz ağlar WLAN (802.11) ve WiMAX (802.16)' dır. WLAN IPTV ev içi ağlarında kullanılabilirken WiMAX kablolu erişimin sağlanamadığı bölgelerde ve gelecekte her yerde istenilen an içeriğe ulaşmak için çözüm olarak karşılaşılmaktadır.

WLAN hava alanları, ev, üniversiteler gibi sınırlı alanlarda kullanıcıya her türlü hareketli - sabit cihaz üzerinden sunmak için kullanılabilir. Kablosuz kanallardaki hatalara sıkıştırılan içeriğin hassasiyeti fazla olmasına rağmen, yapılan ölçümlerde kabul edilebilir kalite değerleri ile karşılaşılmıştır [10]. Şekil 2.8' de WLAN üzerinden ev içi IPTV yayını yapısı görülmektedir.



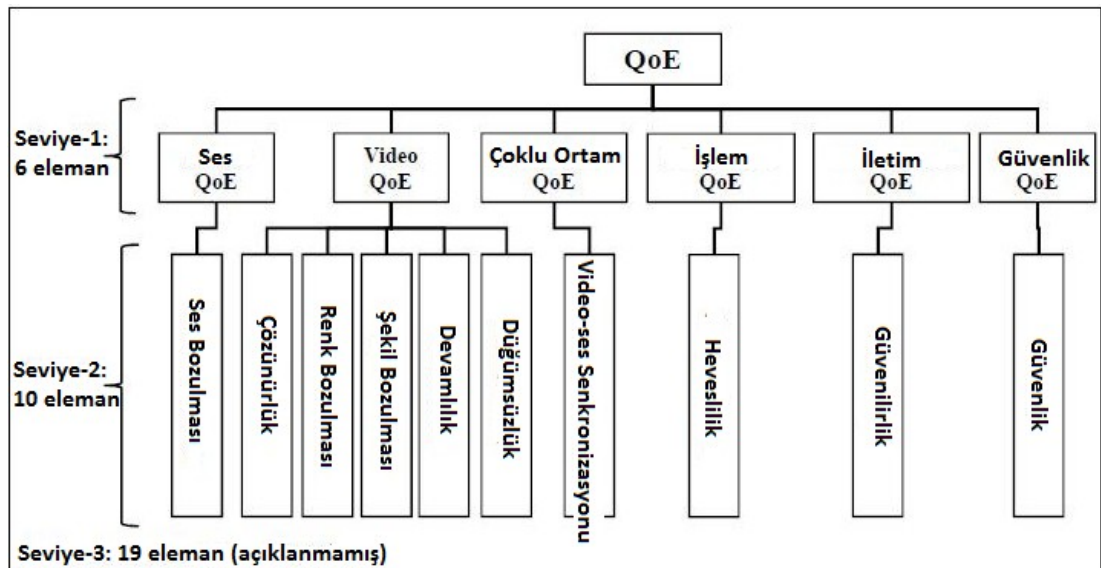
Şekil 2.8. Kablosuz IPTV yapısı [11]

WiMAX ise geniş alanlar için kablosuz erişim sunmaktadır. WiMAX' ın kablolu ve uydu ağlara rekabet etmesini sağlayan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir [12]:

- *Kullanıcı Sayısını Yükseltme:* Bir ağda başarı için gerekli olan kullanıcı sayısını artırma WiMAX ile telefon, bilgisayar gibi cihazlar üzerinden de yayın alınabileceğinden kolayca sağlanmaktadır. Ayrıca kablo, DSL teknolojilerinin ulaşmadığı bölgelerde de çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.
- *Bileşen WLAN Ağları:* WiMAX VoIP, kablosuz geniş bant erişimi ve IPTV yayınına sağlamada kullanıldığında daha ekonomik çözümler sunmaktadır.
- *Gelecek Trendleri Destekleme:* Taşınabilirlik, yönetilmemiş içeriğe erişim, HDTV desteği gibi trendler IPTV için gelecekte vazgeçilmez olacaktır.

2.5.6. IPTV kalite ölçümü

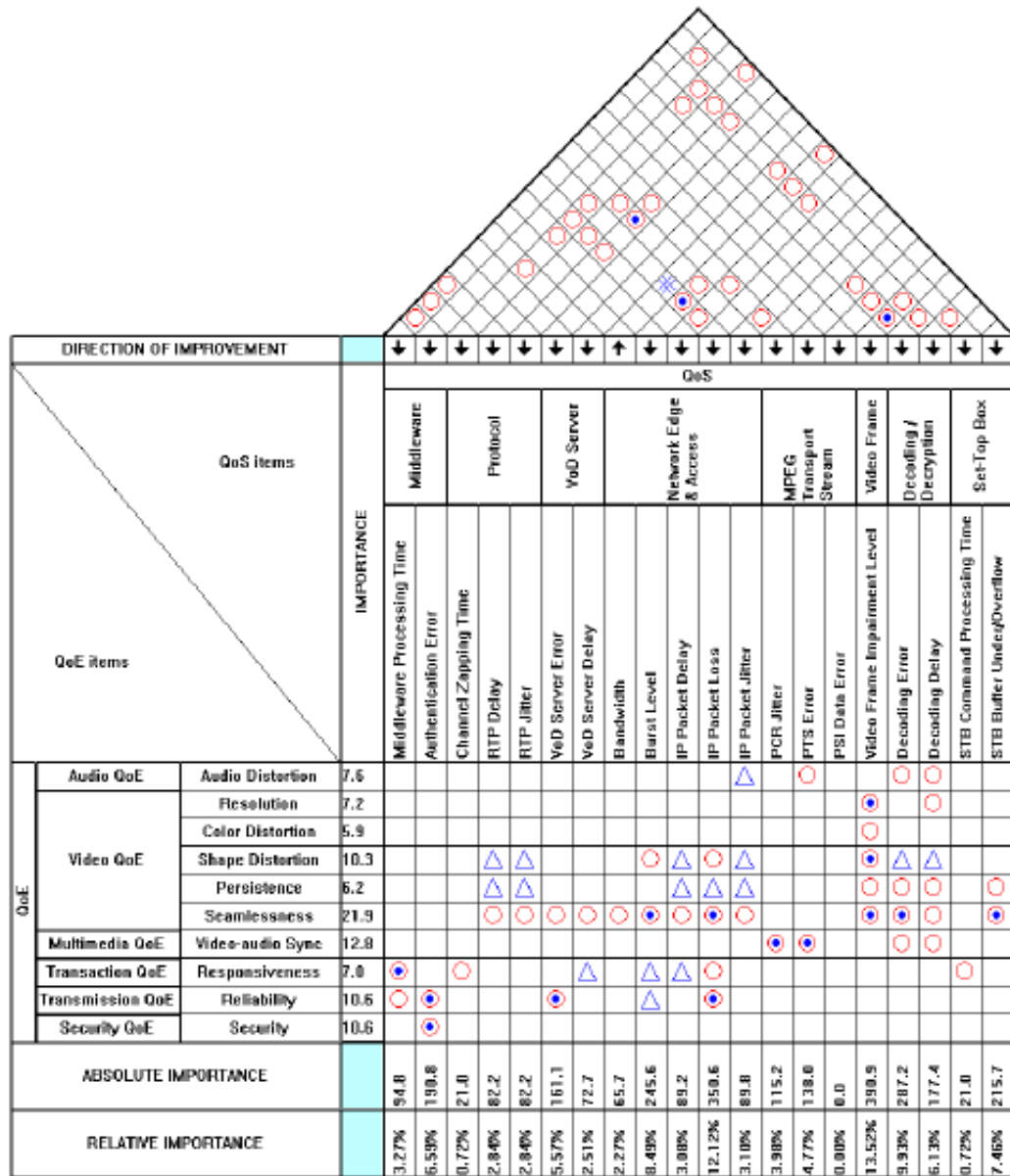
IPTV için QoS parametreleri paket gecikmesi, bant genişliği, dalgalanma, hata oranı, kayıp paket sayısı, karışık sıradaki paket sayısı, VoD için başlangıç gecikme süresi, STB komut alma ve işleme süresi, ara katman işleme zamanı, kullanıcı asıllama hataları olarak sayılabilir.



Şekil 2.9. IPTV servis kalitesi modeli hiyerarşisi: QoE [13]

QoE parametreleri ise; ses, video, çoklu ortam, işlem, iletme, ve kalite olarak sınıflandırılmaktadır. IPTV QoE modeli hiyerarşisi Şekil 2.9' da görüldüğü gibidir.

Şekil 2.10' daki kalite evi oluşturulurken yukarıda belirtilen SA ve EC' ler kullanılmıştır. Bu QoE' ler değerlendirilirken 8 uzmanın görüşü alınmıştır. Parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için bir IPTV firmasının 6 çalışanından oluşan grup çalışmıştır.



Şekil 2.10. IPTV QoS ve QoE' leri için HoQ [13]

Bu HoQ matrisinde çıkan sonuçlar incelendiğinde videonun kesintisiz olması %21,9 oran ile en önemli QoE parametresidir. İkinci %12,8 ile ses görüntü senkronizasyonudur. QoS parametrelerinden ise video çerçeve bozulma seviyesi %13,52, IP paket kaybı %12,12 şeklinde bir önem sırası vardır.

2.6. IPTV Taşıma Protokolleri

IPTV ağlarda veriyi taşımak için çeşitli protokoller kullanılmaktadır. Bu protokollerden en çok kullanılanları taşıma katmanında kullanıcı veri birimi protokolü (User Datagram Protocol - UDP), uygulama katmanında gerçek zamanlı aktarım protokolü (Real-time Transport Protocol – RTP) – RTP kontrol protokolü (RTP Control Protocol - RTCP) ve internet grup yönetim protokolü (Internet Group Management Protocol - IGMP)' dür. Ayrıca bazı IPTV ağlarında taşıma kontrol protokolü (Transport Control Protocol - TCP) kullanılmaktadır.

2.6.1. TCP

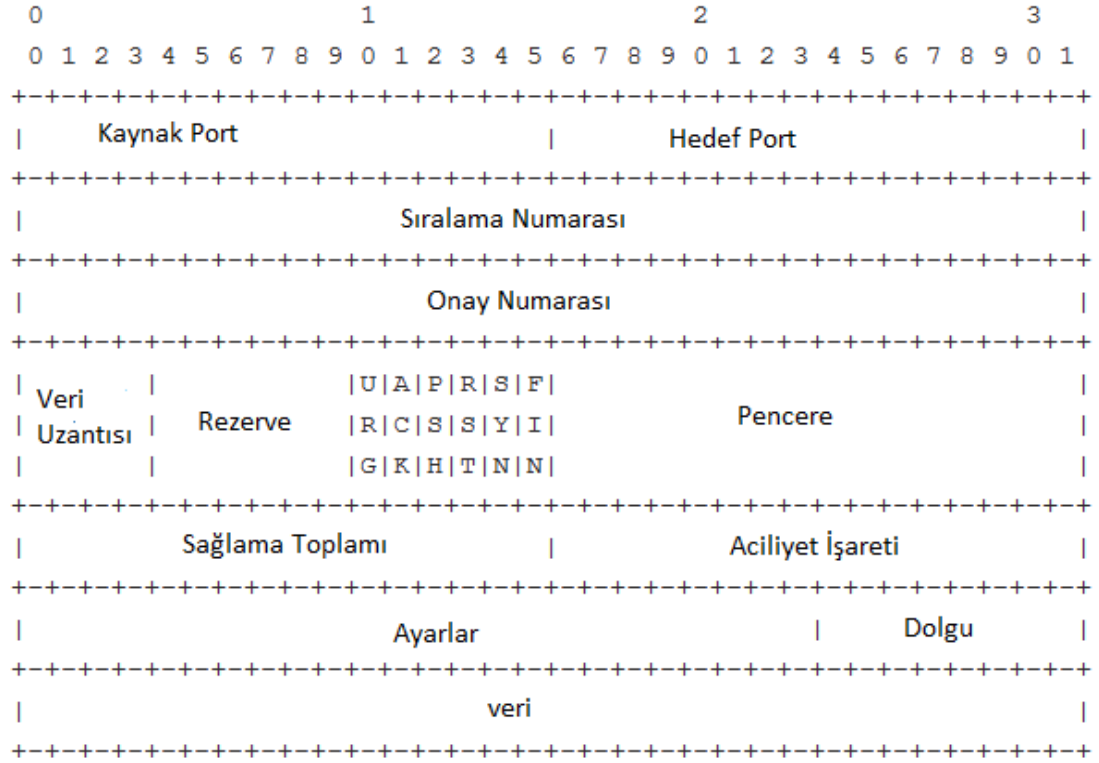
TCP paket anahtarlamalı ağlarda yüksek güvenilirlikli noktadan noktaya bağlantı oluşturmak için kullanılır. IP katmanı ve IP Protokolü üzerinde çalışır. Basit veri gönderimi, her pakete bir sıra numarası vererek paket başarısının takibi, akış kontrolü, güvenlik, her host için farklı port numaraları ile işlem çoklama yapma ve bunları sağlamak için gerekli olan soket numarası, pencere boyutu, sıra numarası bilgilerini (bağlantı) sağlar [14]. Başlık yapısı Şekil 2.11 'deki gibidir.

Burada:

Kaynak Port: 16 bit kaynak port numarasıdır.

Hedef Port: 16 bit hedef port numarasıdır.

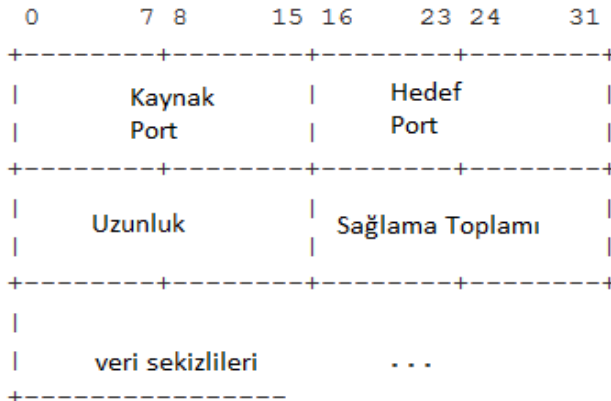
Sıra Numarası: 32 bit paket sıra numarasıdır.



Şekil 2.11. TCP başlık yapısı [14]

2.6.2. UDP

En az protokol ile cihazlar arasında mesaj gönderilmesini sağlar. Çift gönderim veya kaybolan paketleri garanti etmez. Paketlerin sırasının önemli olduğu durumlarda TCP kullanılmalıdır.



Şekil 2.12. UDP başlık yapısı [15]

2.6.3. RTP

RTP gerçek zamanlı ses, video verilerinin aktarımında kullanılır. RTP kullanılan uygulamalarda alt katmanda genelde UDP protokolü kullanılır. Eğer ağ altyapısı destekliyor ise çok noktaya yayın dağıtımını yapar. RTP genelde IP çok noktaya dağıtım ortamında kullanılır. Ayrıca devamlı verinin kaydedilmesi, etkileşimli dağıtık benzetim, kontrol ve ölçüm uygulamaları da RTP kullanabilir.

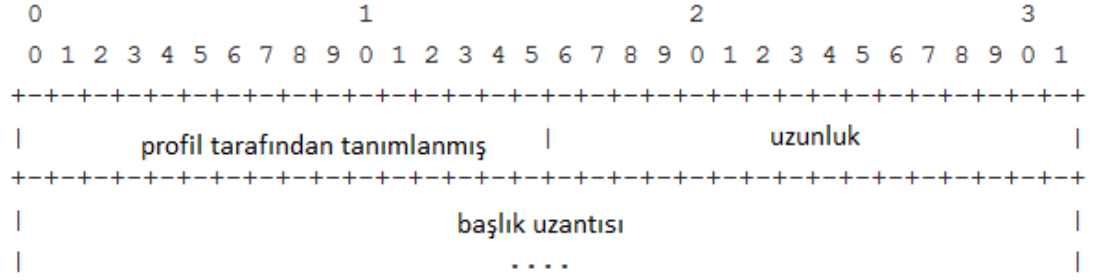
RTCP protokolü ise RTP ile birlikte çalışır. Devam eden bir oturumda servis kalitesini ve paydaşların durumunu görüntüler.

Paketin erişip erişmediğine dair bir kontrol yapmaz. Bu kontrolün alt katmanlar tarafından yapıldığını var sayar. Ancak RTP ile birlikte çalışan kontrol protokolü - RTCP sonuç değerlerini görüntüler.

RTP başlık yapısında sabit alanlar Şekil 2.13.' te başlık uzantısı Şekil 2.14.' te gösterilmektedir. RTP' de bulunan sıralama başlık yapısı paketleri sıraya koymada kullanılır.



Şekil 2.13. RTP başlık yapısında sabit alanlar [16]



Şekil 2.14. RTP başlık uzantısı [16]

Sürüm (V): 2 bit. Bu alan RTP' nin sürümünü tanımlar. Şu anda RTP' nin 2. versiyonu kullanılmaktadır. 1 RTP' nin taslak versiyonu için 0 “vat” ses aracında kullanılan protokolü tanımlamaktadır.

Dolgu (P): 1 bit. Dolgu biti 1 ise, paket sonunda uzantının bir parçası olmayan bir veya daha fazla dolgu sekizlisine sahip demektir. Son sekizli kendisi de dahil kaç sekizlinin önemsenmeyeceği bilgisini tutar. Dolgu bazı şifreleme algoritmalarında kullanılmaktadır.

Uzantı (X): 1 bit. Uzantı biti 1 ise, sabit başlığı en az bir başlık uzantısı takip etmek zorundadır.

CRC Sayısı (CC): 4 bit. CRC sayısı alanı sabit alanı takip eden CRC tanımlayıcılarının sayısını içerir.

İşaretleyici (M) : 1bit. İşaretleyicinin yorumu bir profil ile tanımlanır. Bu paket akışındaki çerçeve sınırlarının işaretlenmesi gibi önemli olaylara izin vermek içindir. Profil ek işaretleyici bitleri tanımlar veya dolgudaki tip alanındaki bit sayısı alanını belirler.

Dolgu Tipi (PT): 7 bit. Bu alan RTP dolgusunun şablonunu tanımlar ve uygulama tarafından yorumunu belirler. Bir RTP kaynağı oturum sırasında dolgu tipini değiştirebilir fakat bu alan farklı ortam akışlarını çoklamak için kullanılamaz. Alıcı anlaşılamayan dolgu tiplerindeki paketleri yok saymalıdır.

Sıra Numarası: 16 bit. Sıra numarası gönderilen her RTP paketi için artırılır. Bu alan ile alıcı atılan paketleri fark edebilir veya paketleri sıralayabilir. Sıra numarası güvenlik sebebiyle rastgele başlamalıdır.

Zaman Damgası: 32 bit. Zaman damgası RTP veri paketindeki ilk sekizlinin örnekleme zamanı senkronizasyon ve dalgalanmanın hesabı için bir saatten alınmalıdır. Saat frekansı dolgu olarak taşınan verinin şablonuna bağlıdır. RTP paketlerinin periyodik olarak üretildiği durumlarda sistem saati yerine örnekleme saatinden belirlenen sözde örnekleme zamanını kullanılmalıdır. Örneğin sabit oranlı bir ses için her örnekleme zamanında zaman damgası bir artırılmalıdır. Bir ses uygulaması bir periyotta 160 örneği alıyorsa zaman damgası her blok için 160 artmalıdır.

SSRC: 32 bit. SSRC alanı kaynak senkronizasyonunu tanımlar. Bu tanımlayıcı aynı oturumda çift olmayacak şekilde rastgele seçilmelidir. Aynı kaynağı seçilme ihtimali düşük olmasına rağmen bütün RTP uygulamaları bu kontrolü içermelidir. Bir kaynak adresini değiştirdiğinde yeni bir SSRC tanımlayıcı seçmelidir.

CSRC listesi: 0 -15 eleman ve her eleman için 32 bit dolgu bu pakette mevcuttur. CC alanında tanımlayıcıların sayısı verilir. 15ten fazla kaynak olması durumunda, sadece 15 tanesi tanımlanabilir. CSRC tanımlayıcılar SSRC tanımlayıcılar kullanılarak karıştırıcılar tarafından eklenir. Örneğin alıcıda doğru konuşmacıyı göstermek için ses paketlerinde paketi oluşturmak için karıştırılan bütün SSRC tanımlayıcılar listelenir.

RTP' de kullanılan bazı kavramlar

RTP dolgusu: RTP tarafından taşınan veridir. Ses örnekleri veya sıkıştırılmış video verisi buna örnektir.

RTP paketi: Bir RTP paketi; sabit RTP başlığı, katılımcı kaynakların muhtemelen

boş bir listesi, dolgu verisini içerir. Bazı protokoller RTP paketini tanımlamak için bir kaplamaya ihtiyaç duyarlar. Genelde bir RTP paketi sadece tekil bir RTP paketini içerir, fakat kaplama izin verirse birden fazla RTP paketini de içerebilir.

RTCP paketi: RTP paketlerindeki benzer sabit bir başlık parçası, ve RTCP paket türüne göre yapılandırılmış elemanlardan oluşur. Genelde birden fazla RTCP paketi bir paket olarak gönderilir. Bu gönderim sabit alandaki ilgili alan ile sağlanır.

Port: Taşıma protokolünün birden fazla hedefi ayırmak için kullandığı soyutlamadır. TCP/IP protokolleri küçük pozitif tam sayıları port numarası tanımlamada kullanırlar. OSI tarafından kullanılan taşıma ayırt ediciler ile aynıdırlar. RTP alt katman protokollerine bağlı olarak aynı oturumdaki RTP ve RTCP paketlerindeki portları çoklamak gibi bazı mekanizmaları sağlar.

Taşıma adresleri : Taşıma seviyesi uç noktalarını tanımlayan ağ adresi ve port kombinasyonundan oluşur.

RTP ortam türü: RTP ortam türü tek bir RTP oturumunda taşınabilecek dolgu türleri listesidir. RTP profilinde RTP ortam türleri ile RTP dolgu türleri eşittir.

Çoklu ortam oturumları: Ortak bir grup paydaş arasındaki eş zamanlı RTP oturumlarıdır. Örneğin bir video konferansı, bir RTP video oturumu ve bir RTP ses oturumundan oluşur.

RTP oturumu: RTP ile haberleşen bir küme paydaşın ilişkisidir. Bir paydaş birden fazla oturuma aynı anda dahil olabilir. Bir çoklu ortam oturumunda her ortam genelde farklı bir oturumda kendi RTCP paketleri ile tutulurlar. Farklı oturumları ayırt etmek için farklı çift hedef ve kaynak adres kullanılır. Bir adreste ağ adresi ve RTP ve RTCP için portlardan oluşur. Bir RTP oturumundaki her paydaş, IP çoklu gönderim durumunda aynı adres çiftini kullanır. Tekli gönderimde her paydaş farklı bir adrese sahiptir.

Senkronize kaynak (SSRC): Bir RTP paket akışının kaynağı 32 bit SSRC tanımlayıcı ile belirtilir. Bu bilgi RTP başlığındadır ve ağa bağlı değildir. Bir senkronize kaynaktaki bütün paketler aynı zaman ve sıralama numarasının bir parçasıdır, böylece alıcı paketleri senkronize kaynaklara göre gruplayabilir. Senkronize kaynaklara mikrofon veya kamera gibi bir kaynaktan alınan paket akışı örnek olabilir. Bir senkronize kaynak veri şablonunu değiştirebilir. Bir SSRC bir RTP oturumu için tekil olacak şekilde rastgele seçilir. Bir paydaş bir çoklu ortam oturumunda aynı SSRC tanımlayıcıyı kullanmak zorunda değildir. Bir paydaş aynı oturumda farklı kameralardan birden fazla akış ürettiğinde her biri farklı bir SSRC ile tanımlanmalıdır.

Yardımcı kaynak (CSRC): RTP karıştırıcı tarafından birleştirilen bir RTP akış kaynağıdır. Karıştırıcı kaynaklara bir grup SSRC tanımlayıcı ekler. SSRC tanımlayıcılar paketin üretimine katılanlardır ve RTP başlığında saklanırlar. Örneğin bir ses konferansında karıştırıcı paketteki konuşmacıları belirtir. Böylece alıcı şu andaki konuşmacıyı belirler.

Son sistem: RTP paketlerinde gönderilecek içeriği oluşturan veya oluşturulan RTP paketlerini alan uygulamadır. Bir son sistem bir oturumda bir veya daha fazla senkronize kaynak gibi davranabilir.

Karıştırıcı: Bir veya daha fazla kaynaktan RTP paketleri alan, veri şablonunu değiştirip paketleri kombine eden ve yeni bir RTP paket olarak gönderen bir ara katmandır. Genelde çoklu giriş kaynakları senkronize edilmediğinden, karıştırıcı birleştirilmiş akışlar için kendi zamanını üretir. Bu sebeple karıştırılmış her paket kaynak olarak karıştırıcıyı gösterir.

Çevirici: RTP paketlerini senkronize kaynak tanımlayıcıları ile gönderen ara katmandır. Güvenlik duvarlarındaki uygulama filtreleri buna bir örnektir.

Görüntüleyici : Bir oturumda paydaşlardan gelen RTCP paketlerini alan ve servis

kalitesini değerlendiren uygulamadır.

RTCP olmayanlar: Kullanışlı bir servis için gerekli olan RTP dışındaki protokol ve mekanizmalardır.

RTCP

RTCP bütün bir oturumda bütün paydaşlara kontrol paketlerinin periyodik iletimi tabanlıdır. Alt katman protokolü veri ve kontrol paketlerini çoklamayı sağlamalıdır. RTCP dört fonksiyonu gerçekleştirir:

- Veri dağıtımının kalitesini göstermek öncelikli fonksiyonudur. Geri bildirim kodlamaları kontrol için kullanışlıdır fakat IP çoklu gönderimde dağıtımdaki hataları fark etmek için daha önemli olduğu saptanmıştır. Bu paketler sayesinde bir problemin yerel veya genel olduğu anlaşılabilir.
- RTCP geleneksel ad veya CNAME olarak tanımlanan ve RTP kaynak için devamlı bir taşıma katmanı belirtici taşır. Bunun sebebi SSRC belirtecinin değişebilir olmasıdır.
- İlk iki fonksiyon her paydaşın RTCP paketi göndermesini gerektirmektedir. Bu yüzden büyük bir paydaş gurubunu düzenlemek için oran kontrol edilmelidir. Her paydaş kendi kontrol paketlerini diğerlerine gönderir. Böylece her paydaş alıcı sayısını hesaplar ve bu sayıyı oran hesaplamada kullanır.
- İsteğe bağlı dördüncü fonksiyon minimum oturum kontrol bilgisini taşımak içindir. Genelde paydaşların üyelik kontrolü olmaksızın bağlanıp ayrıldıkları zayıf kontrollü oturumlar içindir.
- 1-3 fonksiyonları her ortam için kullanılmalıdır fakat özellikle IP çoklu gönderim ortamlarında kullanılmalıdır. RTCP gönderimi gönderici ve alıcılar için kontrol edilmelidir.

RTCP paket biçimi

Bir çok çeşit kontrol bilgisini taşımak için farklı türde RTCP paketleri tanımlanmıştır:

- *SR*: Gönderici raporu, aktif olan gönderici paydaşlarının iletim ve alım raporlarıdır.
- *RR*: Alıcı raporu, aktif olmayan gönderici paydaşlarından istatistik almak içindir ve 31 den fazla kaynak için aktif gönderici raporlama SR ile birleştirilmiştir.
- *SDES*: Kaynak tanımlayıcı elemanlar, ör: CNAME
- *BYE*: Katılım sonu
- *APP*: Uygulamaya özel fonksiyonlar.

2.7. Yayın Şekli

IPTV için iki tür yayın şekli vardır. Unicast yayın ve multicast yayın. Ayrıca kullanıcıların da dağıtıcı konumda olduğu P2P yayın şekli de bu başlıkta ele alınacaktır.

2.7.1. Tekli yayın

Tekli yayın bir noktadan bir noktaya yayın vardır. Böylece her kullanıcı için bir bağlantı ayrılır. VOD için kullanılmaktadır.

2.7.2. Çoklu yayın

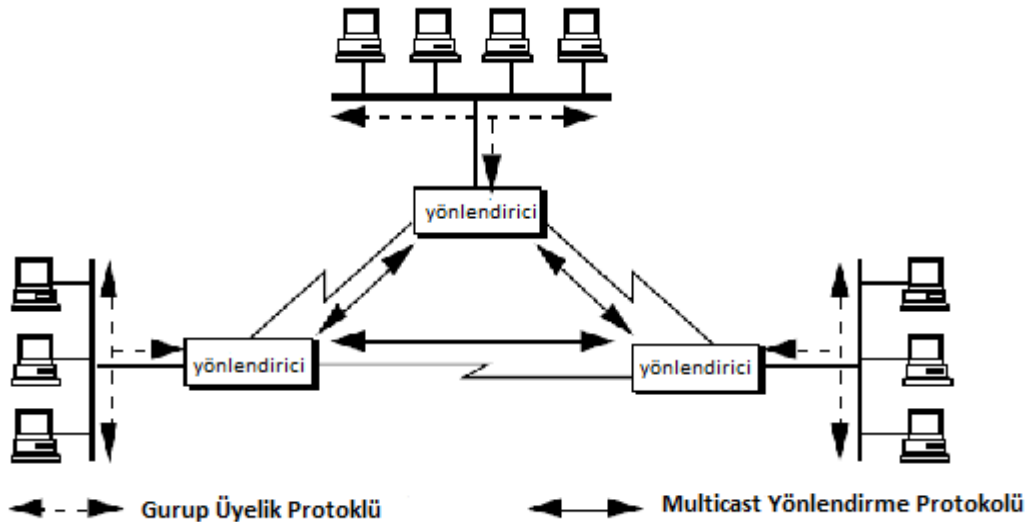
Günümüzde internet uygulamalarının çoğu noktadan noktaya iletimi kullanır. Çoklu yayın geçmişte yerel ağ uygulamaları ile kısıtlı kalmıştır. Fakat birkaç yıldır internet çoklu yayın uygulamalarında artış gözlemlenmiştir. Çoklu yayın IP bant genişliğini ağdaki paket eşlemesinin gereksiz kullanımını önleyerek korur. IP çoklu yayın

uygulamaları sadece internet ile sınırlı değildir. Çoklu yayın IP büyük dağıtık ticari ağlarda da önemli bir rol oynar.

Bu yayın türünde bir mesaj kaynak tarafından bir guruba gönderilir. Daha sonra gönderilen verinin kullanıcı sayısı kadar kopyası oluşturularak istek sahiplerine gönderilir. Böylece hem yükleme süresini kısaltmakta hem bant genişliğinin etkin kullanımını sağlamaktadır. Etkili kullanım için veriler veri birimleri halinde taşıma edilir. Bununla birlikte normal IP adresleri yerine D tipi IP adresleri kullanılır (224.x.x.x – 239.255.255.255).

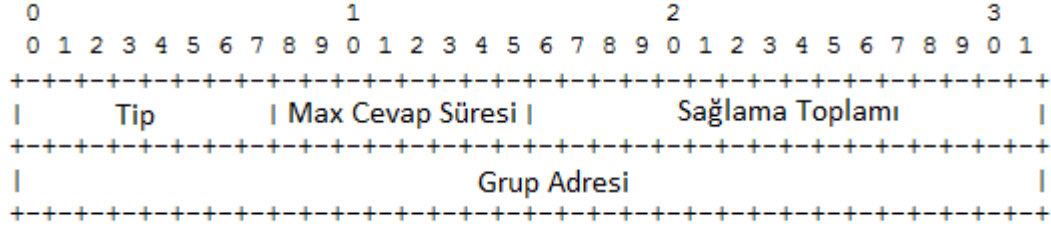
Çoklu yayın bağlantı tabanlı değildir. Çoklu yayın verisinin bütün alıcılara erişeceği garanti edilmez. Ayrıca paketlerin erişim sırası da gönderim sırasından farklı olabilmektedir. Bir sunucu bir çoklu yayın gurubuna üye olmakta veya üyelikten ayrılmakta özgürdür. Üye olurken veya ayrılırken grup üyelerine bilgi vermez.

Grup üyelik protokolü kendi alt ağlarında bağlı olan üyelerden haberdar olması için yönlendiricilerde kullanılırlar. Bir sunucu bir çoklu yayın gurubuna katıldığında paket almak istediğine dair bir grup üyelik mesajı yayınlar. Bu mesajı yayınladıktan sonra IP işlemlerini ve ağ arayüz kartını bu gruptan gelecek mesajları alacak şekilde ayarlar.



Şekil 2.15. Çoklu IP dağıtım servisi

IGMP : IGMP, bir sunucu ve yönlendirici arasında bir gruba katılım isteğini ve grup oturumunu yöneten protokoldür. Bu protokolün dışında çoklu yayın yönlendiricileri için PIM, DVMRP, MOSPF gibi ağ katmanı çoklu yayın algoritmaları kullanılmaktadır. IGMP mesaj paketi yapısı Şekil 2.16' da görüldüğü gibidir.



Şekil 2.16. IGMP mesaj yapısı

2.7.3. P2P yayın

Eşten eşe (Peer to Peer – P2P) dağıtılmış yayın ortamları olarak ta adlandırılır. Bunun sebebi bir P2P ağa dahil olan her kullanıcının kaynakları diğer kullanıcılara dağıtılabilmektedir. HD videoların dağıtımında bir sunucudan veri alma mantığı ile çalışan unicast ve multicast dağıtımdan daha verimli olduğu düşünülmektedir.

BitTorrent gibi bazı içerik sağlayıcılar ve Fox gibi bazı kanallar P2P yayını desteklemektedirler. Bir P2P ağının etkili olması bu ağa dahil olan kullanıcı sayısı ile ilgilidir. Fakat bu tür bir ağda sağlayıcı hakları daha az önemli olmak zorundadır. Bu da P2P yayının diğerlerinden en büyük dezavantajıdır.

3. IPTV İÇİN ÖRNEK BİR AĞ TOPOLOJİSİ BENZETİMİ

Bu bölümde IPTV için örnek bir ağ topolojisi ns2 ortamında gerçekleştirilmiş, bu ağın farklı multicast teknolojileri kullanıldığında verdiği sonuçlar incelenmiştir.

3.1. Benzetim Ortamı - ns2

Benzetim için ns2 2.34 sürümü kullanılmıştır. Benzetim ortamı olarak ns2 ortamının seçilme nedeni literatürdeki çoğu çalışmanın bu benzetim aracı ile yapılmış olması, ve aracın nesne yönelimli olmasıdır.

ns C++ ile yazılmış, OTcl ile yorumlanan nesne yönelimli bir benzeticidir. Benzeticisi C++'daki bir sınıf hiyerarşisini veya OTcl'deki sınıf hiyerarşisini destekler. Kullanıcı açısından, birebir haberleşme olan bu iki hiyerarşi birbirleriyle yakın ilişkilidir. Hiyerarşinin kökü TclObject sınıfıdır.

Otcl:

- ayarlama, kurulum ve "zamanında" işler
- var olan C++ objelerini çalıştırmak

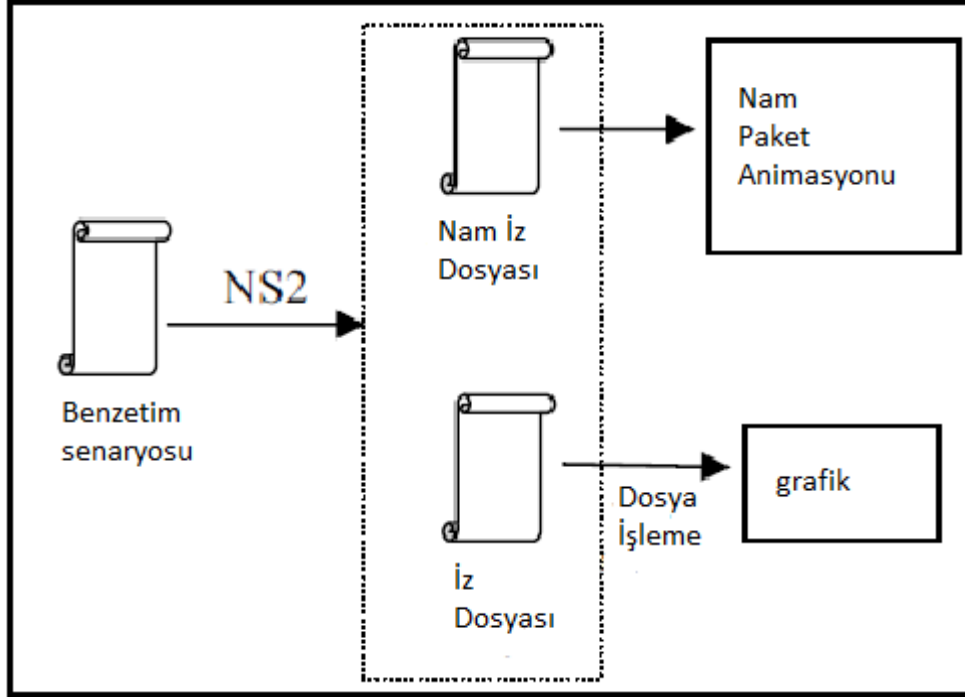
C++:

- bir akışın her paketini işleyen durumlar
- mevcut bir C++ sınıfını farklı bir algoritma ile çalıştırmak

için kullanılabilir.

NS-2 genelde iki iz dosyası üretir, nam iz dosyası ve normal iz dosyası. Nam iz dosyası ağ benzetiminde kullanılır. Nam iz dosyası nam ortamında yürütülerek benzetim gerçekleştirilir. İz dosyaları ise GNU plot, xgraph veya TaceGraph ile

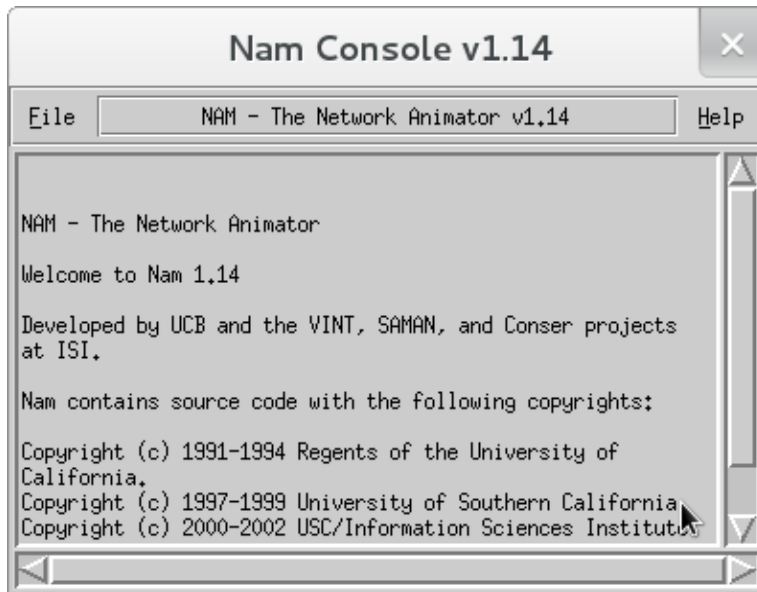
incelenebilir.



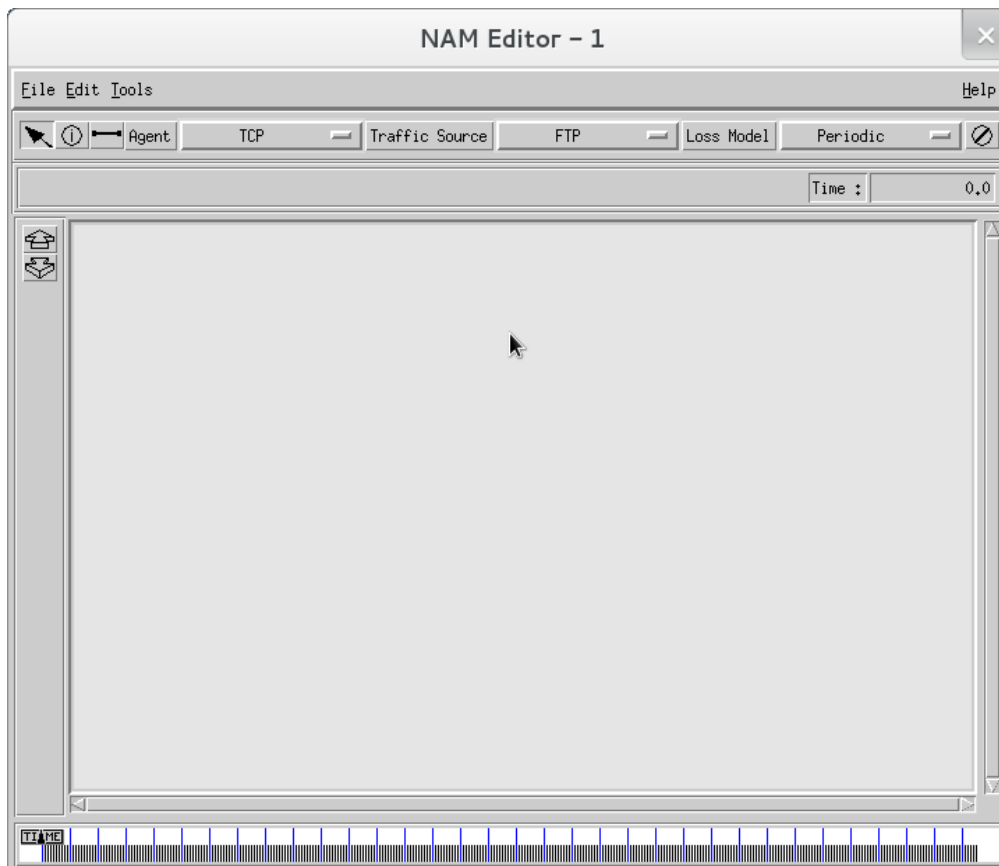
Şekil 3.1. NS-2 benzetim işlem akışı

3.2. Nam

Nam benzetimlerin animasyon olarak yürütüldükleri ortamdır. Bir nam penceresinde birden fazla animasyon aynı anda çalıştırılabilir. nam penceresinin en üstünde bir menü bulunmaktadır. nam kontrolü için 'Dosya' ve 'Yardım' menüleri vardır. 'Dosya' menüsü altında; nam editörü kullanarak yeni bir ns topolojisi oluşturmak için 'Yeni' komutu, mevcut iz dosyalarını açmak için 'Aç' komutu, o anda açılmış bütün nam iz dosyalarının listesini getiren bir 'WinList' komutu ve namı kapatmaya yarayan bir 'Çıkış' komutundan oluşur. Şekil 3.2' de nam konsolu, Şekil 3.3' te bir nam penceresinin ekran görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 3.2. Nam konsolu



Şekil 3.3. Nam penceresi

'Yardım' menüsü ekranı; versiyon gösteren bir komuttan ve izin hakları bilgisinden oluşan limitli bir açılır penceredir

Bir iz dosyası nama yüklendiğinde bir animasyon ekranı açılır. Bu ekran, mevcut ağın düzenini kaydetmeye yarayan 'Düzeni Kaydet' komutu ve mevcut ağ düzenini yazdıran bir 'Print' komutundan oluşur.

'Görüntü' ekranı 4 komut tuşundan oluşur:

- Yeni Görüntü komut tuşu : Aynı animasyonun yeni görüntüsünü oluşturur. Bütün görüntüler senkronize bir şekilde canlandırılır.
- Monitörleri göster seçme kutusu: Seçildiğinde, pencerenin alt yarısında monitörlerin görüntülediği bir pencere açılır.
- Otomatik düzen göster seçme kutusu: Seçildiğinde pencerenin alt yarısında otomatik düzenlemeyi ayarlamak için giriş kutuları ve kontrol tuşları bulunan bir pencere açılır.
- Dipnot göster seçmeli kutusu: Seçildiğinde pencerenin alt yarısında zamanla artan bir listede dipnotların listelendiği bir liste kutusu açılır.

Menü çubuğunun altında, 6 kontrol tuşu, bir etiket ve küçük bir sürükleme çubuğundan oluşan bir kontrol çubuğu vardır:

- Birinci kontrol tuşu («)- Geri sarma. Tıklandığında animasyon mevcut ekran güncelleme hızı oranının 25 katı oranında geri oynatılır.
- İkinci kontrol tuşu (<) - Geriye oynat. Tıklandığında zamanı geri sararak canlandırılır.
- Üçüncü kontrol tuşu (kare) - Durdur. Tıklandığında animasyon duraklar.
- Dördüncü kontrol tuşu (>) - İleri oynat. Tıklandığında animasyon oynatılır.
- Beşince kontrol tuşu (») - Hızlı ileri sar. Tıklandığında animasyon mevcut ekran güncelleme oranının 25 katı hızında ileri oynatılır.
- Altıncı kontrol tuşu (çavuş nişanı) - Mevcut animasyon ekranını kapatır.

Zaman etiketi - mevcut animasyon zamanını gösterir. Oran kaydırıcı - ekran güncelleme oranını ayarlar.

Birinci kontrol çubuğunun altında bir araç kutusu ve bir ana görüntü çubuğundan oluşan pencere bulunur. Bütün yeni ekranlar menü komutu Ekranlar/ Yeni Ekran' kontrolü bu üç bileşene sahiptir. Araç kutusu iki mercek kontrol tuşundan oluşur. Yukarı tuşu büyötmeye, aşağı tuşu küçöltmeye yarar. Bu iki tuş ana animasyon ekranını ayarlamak için kullanılır.

Ana ekrandaki herhangi bir nesneye sol tuşla tıklandığında bir bilgi penceresi açılır. Bu pencerede paket ve ajan nesneleri için bir 'görüntöle' kontrol tuşu vardır. Bu kontrol tuşuna basıldığında bir görüntöleme çubuğı ekrana gelir. Bağlantı nesneleri için bir 'Grafik' kontrol tuşu vardır. Bu tuş basıldığında ise kullanıcıların bant genişliğı kurma grafiğı çizme veya çift bağlantının bir tekil kenarı için bağlantı kaybı grafiğı seçebildiğı yeni bir pencere açılır.

Kullanıcı arayüzünün altında 'Ekranlar/Monitörleri göster' seçmeli kutusunun seçilip seçilmemesine bağılı olarak bir Monitör çubuğı bulunur. Bu çubukta bütün monitörler görüntölenir. Bir monitör çubukta büyük bir kontrol tuşu gibi görünür. namın son versiyonunda paketler ve ajanlar monitörlere sahiptirler.

Paket monitörü boyut, id, ve gönderim zamanını görüntöler. Bir paket hedefe ulaştığında, monitör hala ekranda olur fakat paket görünmez olur. Ajan monitörü ajanın adını, varsa bu ajanla ilişkili değışken izleri gösterir.

Monitör çubuğunun altında bir Zaman Kaydırıcı bulunmaktadır. Mevcut animasyon zamanını seçmek için kullanılır.

Otomatik Düzen Çubuğı görünür veya saklı olabilir. Görünür ise, zaman kaydırıcının altındadır. Üç giriş kutusu ve bir yeniden düzenle kontrol tuşundan oluşur. Etiketlenmiş giriş kutuları kullanıcının iki otomatik düzen sabitini atamasını sağlar.

Kullanıcı bu iki giriş kutusundan birinde GİRİŞ tuşuna bastığında veya yeniden düzenle kontrol tuşuna tıkladığında bu sayıda iterasyon gerçekleştirilir.

nam penceresinin en altında dipnotların görüntülediği Dipnot Liste Kutusu bulunur. Dipnot bir zamanda oluşan bir olayı tanımlayan bir (zaman, akış dizini) çiftinden oluşur. Bir dipnota tıkladığında nam dipnotun kaydedildiği zamana gider.

3.3. Performans Ölçütleri

IPTV gibi gerçek zamanlı uygulamalarda İnternet Protokolü Servis Kalitesi (IPQoS) gereklidir. Bir ağın IPQoS' ini etkileyen parametreler çıktı, gecikme, paket kaybı ve dalgalanmadır.

ns2 ağ benzetim aracı ağda gerçekleşen olayları iz dosyalarına işler. İz dosyaları kaynaktan hedefe gönderilen paket sayısı, paketlerdeki gecikme, paket kayıpları vs. performans değerlendirmesinde kullanılacak bilgileri tutar. Fakat bu dosya ASCII bloklarından oluşan bir dosyadır ve tekrar işlenmeye ihtiyaç duyar.

Çıktı

Çıktı veri gönderen veya alan bir ağın oranıdır. Ağ bağlantıları için iyi bir kanal kapasitesidir ve bit/sn(bps) şeklinde ifade edilir.

$$Tp = \frac{Pa}{Pf}$$

Burada kesin bir zaman aralığında;

Pa: alınan paket sayısı,

Pf :Yönlendirilen paket sayısı şeklinde tanımlıdır.

Paket Kaybı

Paket kaybı bir ağda bir paket hedefine iletilemediğinde gerçekleşir. Paket Kaybı;

$P_d = P_s - P_a$ şeklinde hesaplanabilir. Burada:

P_s : Gönderilen paket sayısı,

P_a : Alınan paket sayısı şeklindedir.

Dalgalanma

Dalgalanma bağlantı akışında bir paketten diğer pakete uçtan uca gecikmenin dalgalanmasıdır.

$$J = |D_{(i+1)} + D_i|$$

Burada;

D_{i+1} : i+1. paketin gecikmesi,

D_i : i. paketin gecikmesi şeklindedir.

Uçtan Uca Gecikme

Uçtan uca gecikme ağdaki bir paketin kaynaktan hedefe iletilmesindeki geçen süredir.

$$D = T_d - T_s$$

Burada; T_d kaynaktan paketin gönderilme zamanı, T_s hedefe paketin iletilme zamanıdır.

3.4. Gerçekleştirilen Benzetim

Benzetimin gerçekleştirilmesinde ns2 ağ benzetim ortamı kullanılmıştır. Bu ortamda RTP, RTCP, TCP, UDP gibi protokollerle birlikte LAN, MAN gibi teknolojiler

desteklenmektedir. Ns2 ile gerçekleştirilen topolojide RTP ve RTCP protokolleri ve çoklu yayın yönlendirme kullanılmıştır.

Ns2' da Protokol Bağımsız Multicast- Yoğun Mod (Protocol Independent Multicast-Dense Mode - PIM-DM), Seyrek Mod (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode - PIM-SM) gibi bazı çoklu yayın protokolleri desteklenmektedir.

PIM-DM; veri iletiminde “itme” modelidir. Aktif kaynak veriyi bütün ağa çoklu yayar ve alıcılar ilgilerini “istek” mesajları ile veya ilgisizliklerini “kesme” mesajları ile bildirirler. Bu model ns2' da “*\$ns mrtproto DM*” komutu ile desteklenmektedir.

PIM-SM modeli ise “çekme” modeli olarak isimlendirilir. Bu modelde veri trafiğini almak isteyen paydaşlar istekte bulunurlar. Bu model buluşma noktası (RP)' nın avantajlarını kullanır. Ağdaki bütün aynı çoklu yayın oturumundaki paydaşlar bu noktaya kaydolurlar ve veriyi bu noktadan alırlar. RP üzerinden veriler tekli yayın olarak gönderilirler. Bu modu kullanmak için uygulamada “*\$ns mrtproto CtrMcast*” komutu kullanılır. “*methandle set_c_rp \$node*” komutu RP düğümünü ayarlar. Ns “*\$ns mrtproto ST*” komutu ile basitleştirilmiş seyrek modu gerçekler.

Bir diğer multicast teknolojisi olan Kaynağa Özel Mod (Protocol Independent Multicast-Source Specific Mode – PIM-SSM) PIM-SM' e benzemektedir. PIM-SM' den farklı olarak “katılım” ve “kesme” mesajları grup ve kaynak (S, G) adres ikilisini içerir. Yönlendiriciler kaynak adresi bulunmayan (*, G) şeklinde adreslenmiş paketleri kabul etmezler. Ayrıca RP' lere bu modda ihtiyaç duyulmaz ve artık yönlendirme ağaçları merkezi değildir. PIM-SSM için ns2 2.27 versiyonundan itibaren eklenebilecek bir paket Tiago Camilo tarafından geliştirilmiştir. Fakat RTPSession sınıfının SSM desteği bulunmadığından bu multicast teknolojisi benzetimde gerçekleştirilmemiştir.

3.4.1. MPEG4 iz dosyası

Ağ üzerinden bir video dosyası gönderimi video iz dosyaları aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan video dosyası özellikleri aşağıdaki gibidir:

Çerçeve Sayısı : 25432

Uzunluk : 3603.24 sec

Dosya Boyutu : 28789563 Byte

Bu video dosyası benzetimde bir dat dosyasına dönüştürülmekte, dat dosyası verileri video akışı olarak paketlenmektedir. Şekil 3.4' te bir MPEG4 iz dosyası örneği görülmektedir.

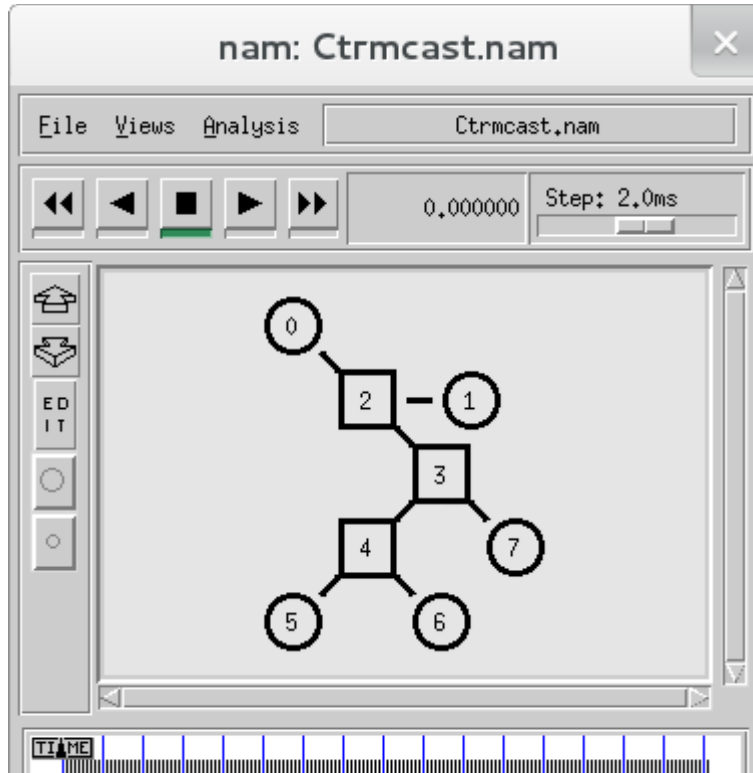
me [ms] Frametype Length [byte]

0	I	687
80	P	380
160	PB	1987
560	PB	5113
1000	P	38
1040	P	1148
1280	PB	1767
1440	PB	1734
1760	PB	1937
1920	PB	1889
2240	PB	1833
2320	PB	1795
2720	PB	2243
2800	P	627
2880	P	828
3000	P	625
3040	P	967
3360	PB	2095
3520	PB	1684
3760	PB	1828
4000	PB	1668
4160	PB	1535
4280	P	436
4320	P	672
4560	PB	1735
4720	PB	1463
----	--	----

Şekil 3.4. MPEG4 iz dosyası örneği

3.4.2. IPTV için bir ağ topolojisi benzetimi

Benzetim bir gönderici ve 7 alıcı düğüm olmak üzere 8 düğümden oluşmaktadır. Transport katmanında UDP protokolü, uygulama katmanında RTP ve raporlama için RTCP protokolü kullanılmıştır. Benzetim ağı Şekil 3.5' te görülmektedir. Benzetimde RTP ve RTCP iki ayrı multicast gruba alınmıştır. Bu farklı portlar kullanmalarını sağlamanın uygun bir yoludur.



Şekil 3.5. IPTV için bir ağ topolojisi benzetimi ağ yapısı

Şekil 3.5' teki topolojiyi oluşturan Otcl kodu aşağıdaki gibidir:

```

set n0 [$ns node]
set n1 [$ns node]
set n2 [$ns node]
set n3 [$ns node]
set n4 [$ns node]
set n5 [$ns node]
set n6 [$ns node]
set n7 [$ns node]

$n2 shape "box"
$n3 shape "box"
$n4 shape "box"

#Create links
$ns duplex-link $n0 $n2 0.5Mb 5ms DropTail
$ns duplex-link $n1 $n2 0.1Mb 5ms DropTail

$ns duplex-link $n2 $n3 0.3Mb 5ms DropTail
$ns duplex-link $n3 $n4 0.2Mb 5ms DropTail
$ns duplex-link $n3 $n7 0.1Mb 5ms DropTail
$ns duplex-link $n4 $n5 0.1Mb 5ms DropTail
$ns duplex-link $n4 $n6 0.1Mb 5ms DropTail

```

Oluşturulan ağ için iki farklı çoklu yayın protokolü için farklı iki uygulama PIM-SM, PIM-DM modları için gerçekleştirilmiştir. Her iki uygulama da 200s süre ile çalıştırılmış Jurassic Park adlı filminden oluşturulan iz dosyası içeriği ağda RTP ile taşınmıştır. 1, 5, 6, 7 numaralı alıcı düğümler ve gönderici düğüm farklı bir oturumda RTCP protokolü ile haberleşmişlerdir. Her iki uygulama için 1 ve 7 numaralı düğümler ağa 100s.' de katılmışlardır. Benzetim analizlerin kolay yapılması için 200s çalıştırılmıştır.

Birinci uygulamada çoklu yayın için PIM-DM modu seçilmiştir. Çoklu yayın türü seçilmesi ve RTP – RTCP paketleri için farklı gruplar oluşturulması için yazılan Otel aşağıdaki gibidir:

```
#routing protocol: say distance vector
#protocols: CtrMcast DM ST BST
set mproto DM
set mrthandle [$ns mrtproto $mproto {}]

#allocate group addresses
set group0 [Node allocaddr]
set group1 [Node allocaddr]
```

Gönderici düğüm ve alıcı düğümler için bir RTP ve RTCP ajan tanımlanmıştır. Her gönderici ve alıcı düğüm için bir RTP oturum objesi oluşturulmuş, bu oturum objeleri aynı düğüm için RTP ve RTCP ajanlarının oturum parametresi olarak tanımlanmıştır. Aşağıda her iki uygulama için aynı olan ve RTP, RTCP ayarlarının yapılmasını sağlayan Otcl kodları bulunmaktadır. Gönderici için bu ayarlar aşağıdaki Otcl kodu ile gerçekleştirilmiştir:

```
#####
#RTP transport agent for the sender|
# RTP Agent
#####
set rtp0 [new Agent/RTP]
$rtp0 set packetSize_ $packetSize
$rtp0 set seqno_ 0
$ns attach-agent $n0 $rtp0
$rtp0 set dst_addr_ $group0
$rtp0 set dst_port_ 0
$rtp0 set class_ 1
$rtp0 set fid_ 1 ;#red color

# RTCP Agent
set rtcp0 [new Agent/RTCP]
$ns attach-agent $n0 $rtcp0
$rtcp0 set dst_addr_ $group1
$rtcp0 set dst_port_ 0
#$RTP_s set class_ 2
$rtcp0 set fid_ 2 ;#purple color
$rtcp0 set interval_ $val(report_interval)
$rtcp0 set random_ 1

# RTP Session
set s0 [new Session/RTP]
$s0 attach-node $n0
$s0 session_bw 400kb/s
$rtp0 session $s0
$rtcp0 session $s0
```

Alıcı düğümler için bu ayarlar:

```
#####
#RTP transport agent for the receiver1|
# RTP Agent
#####
set rtp1 [new Agent/RTP]
$ns attach-agent $n1 $rtp1

# RTCP Agent
set rtcp1 [new Agent/RTCP]
$ns attach-agent $n1 $rtcp1
$rtcp1 set dst_addr_ $group1
$rtcp1 set dst_port_ 0
#$RTP_s set class_ 2
$rtcp1 set fid_ 3 ;#purple color
$rtcp1 set interval_ $val(report_interval)
$rtcp1 set random_ 1

# RTP Session
set s1 [new Session/RTP]
$s1 attach-node $n1
$s1 session_bw 400kb/s
$rtp1 session $s1
$rtcp1 session $s1
```

şeklindedir.

Benzetimin her iki uygulaması için video iz dosyasına rtp0 ajanımız ayarlanmış, kuyruk limitleri 5 olarak atanmıştır.

PIM-SM protokolü kullanılan benzetim sonucunda oluşan nam iz dosyasının içeriği Şekil 3.6.'daki gibidir.

```

- -t 1.03134666666667 -s 2 -d 3 -p rtp -e 1500 -c 1 -i 28 -a 1 -x
{0.1 -2147483648.0 4 ----- null}
h -t 1.03134666666667 -s 2 -d 3 -p rtp -e 1500 -c 1 -i 28 -a 1 -x
{0.1 -2147483648.0 -1 ----- null}
r -t 1.0337083579914 -s 0 -d 2 -p encap -e 48 -c 0 -i 33 -a 0 -x
{0.6 2.0 -1 ----- null}
+ -t 1.0337083579914 -s 2 -d 0 -p rtcp -e 28 -c 2 -i 32 -a 2 -x
{0.2 -2147483647.0 -1 ----- null}
- -t 1.0337083579914 -s 2 -d 0 -p rtcp -e 28 -c 2 -i 32 -a 2 -x
{0.2 -2147483647.0 -1 ----- null}
h -t 1.0337083579914 -s 2 -d 0 -p rtcp -e 28 -c 2 -i 32 -a 2 -x
{0.2 -2147483647.0 -1 ----- null}
+ -t 1.0337083579914 -s 2 -d 3 -p rtcp -e 28 -c 2 -i 32 -a 2 -x
{0.2 -2147483647.0 -1 ----- null}

```

Şekil 3.6. PIM-SM için nam dosyası içeriği

Şekil 3.7' de PIM-DM protokolü uygulamasının sonucunda elde edilen nam dosyası içeriği görülmektedir.

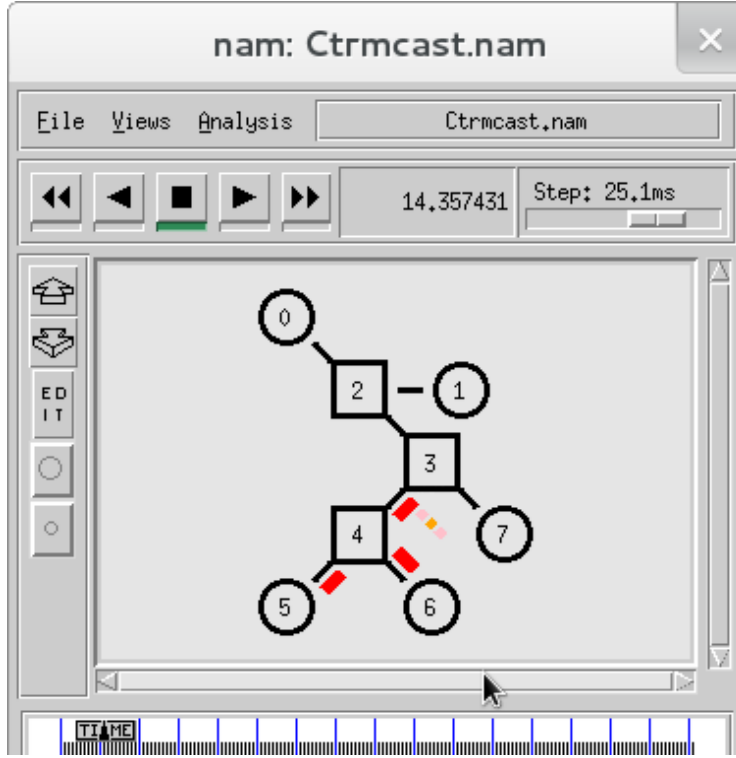
```

h -t 0.299 -s 4 -d 6 -p rtp -e 1500 -c 1 -i 0 -a 1 -x {0.1 -
2147483648.0 -1 ----- null}
- -t 0.309 -s 2 -d 1 -p rtp -e 1500 -c 1 -i 1 -a 1 -x {0.1 -
2147483648.0 1 ----- null}
h -t 0.309 -s 2 -d 1 -p rtp -e 1500 -c 1 -i 1 -a 1 -x {0.1 -
2147483648.0 -1 ----- null}
r -t 0.314 -s 2 -d 1 -p rtp -e 1500 -c 1 -i 0 -a 1 -x {0.1 -
2147483648.0 1 ----- null}
+ -t 0.314 -s 1 -d 2 -p prune -e 80 -c 30 -i 2 -a 30 -x {1.0 2.0
-1 ----- null}
- -t 0.314 -s 1 -d 2 -p prune -e 80 -c 30 -i 2 -a 30 -x {1.0 2.0
-1 ----- null}
h -t 0.314 -s 1 -d 2 -p prune -e 80 -c 30 -i 2 -a 30 -x {1.0 2.0
-1 ----- null}
r -t 0.3254 -s 1 -d 2 -p prune -e 80 -c 30 -i 2 -a 30 -x {1.0 2.0
-1 ----- null}

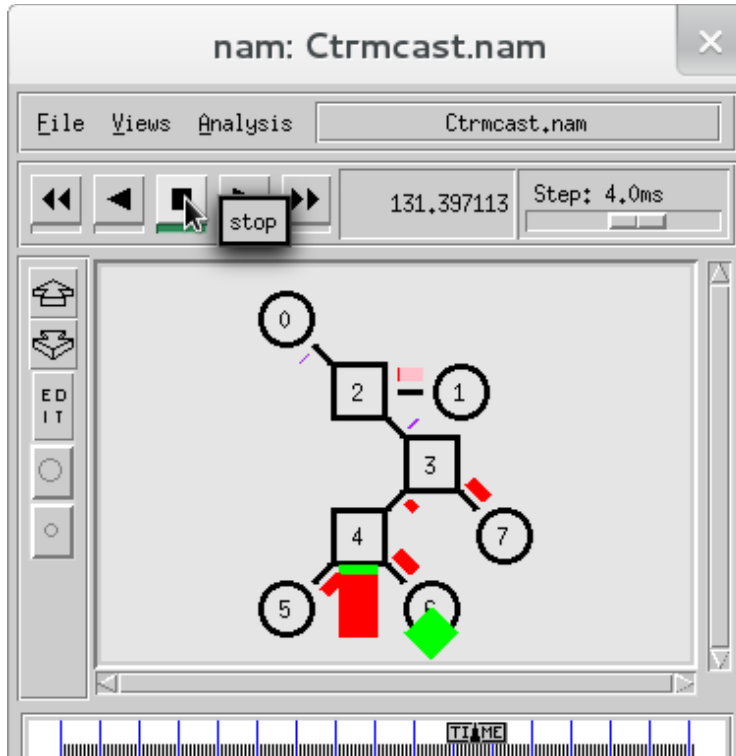
```

Şekil 3.7. PIM-DM için nam dosyası içeriği

PIM-SM için Şekil 3.8.' de çalışmakta olan benzetimden ekran görüntüsü bulunmaktadır. Burada 15. saniyede 1 ve 7. düğümlerden istek alınmadığından bu düğümlere paket gönderilmemektedir.



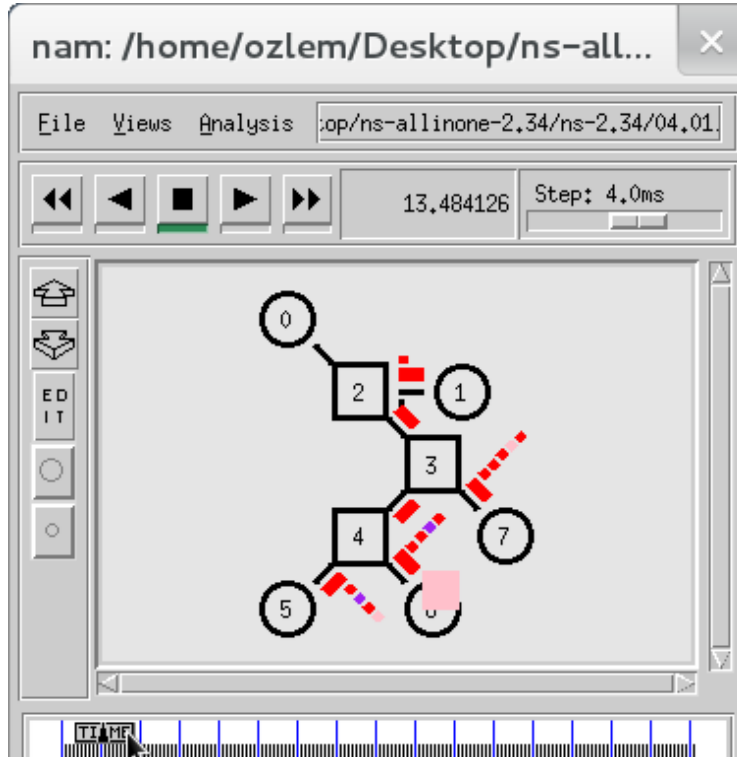
Şekil 3.8. PIM-SM için benzetimin çalışması – 15s



Şekil 3.9. PIM-SM için benzetimin çalışması – 130s

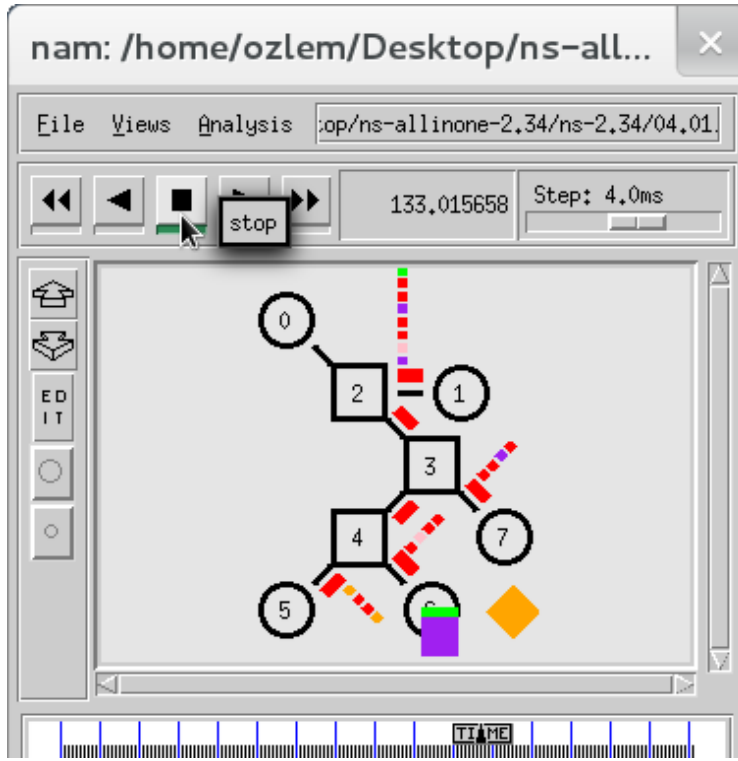
PIM-SM için Şekil 3.9.' de çalışmakta olan benzetimden ekran görüntüsü bulunmaktadır. Burada gönderilen paketler, kuyruktaki paketler ve atılan paketler görülmektedir. Ağa yeni katılan 1. ve 7. düğümlerin trafiği etkilediği görülmektedir.

PIM-DM için Şekil 3.10.' da çalışmakta olan benzetimden ekran görüntüsü bulunmaktadır. Burada 1 ve 7. düğümlere bir süre paketler gönderilmekte, kesme mesajlarından sonra bir süre paket gönderilmemektedir. Fakat istek olmadan gönderilen paketlerin, kesme paketlerinin ağda oluşturduğu yoğunluk açıkça görülmektedir.



Şekil 3.10. PIM-DM için benzetimin çalışması – 13s

PIM-DM için Şekil 3.11.' de çalışmakta olan benzetimden ekran görüntüsü bulunmaktadır. Burada gönderilen paketler, kuyruktaki paketler ve atılan paketler görülmektedir. Ağa yeni katılan 1. ve 7. düğümlerin trafiği etkilediği görülmektedir.



Şekil 3.11. PIM-DM için benzetimin çalışması – 130s

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

ns2 ile gerçekleştirilen benzetimlerin sonucunda tr uzantılı bir iz dosyası oluşur. Bu dosyanın biçimi Şekil 4.1' de görüldüğü gibidir.

Tip	Zaman	Kaynak düğüm	Hedef düğüm	Paket adı	Paket boyutu	bayrak	izleme num.	Kaynak adres	Hedef adres	sıralama num.	Paket tekil num.
-----	-------	-----------------	----------------	--------------	-----------------	--------	----------------	-----------------	----------------	------------------	---------------------

Şekil 4.1. İz dosyası biçimi

Aşağıda örnek bir iz dosyası için içerik görülmektedir. Bu dosya Çizelge 4.1' deki şablona göre biçimlendirilmiştir.

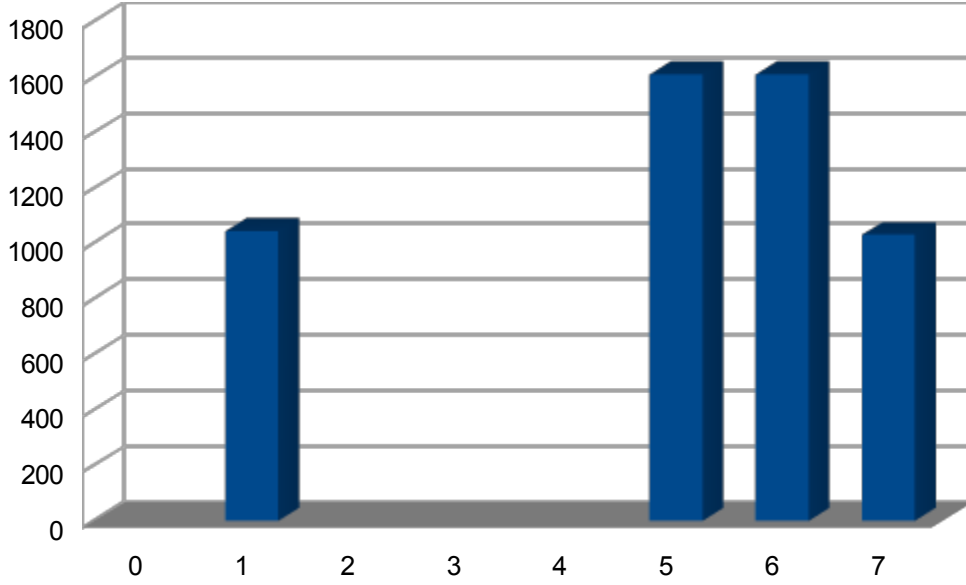
```
v 0 eval {set sim_annotation {0 1 join-group -2147483647}}
v 0 eval {set sim_annotation {0 5 join-group -2147483648}}
v 0 eval {set sim_annotation {0 5 join-group -2147483647}}
v 0 eval {set sim_annotation {0 6 join-group -2147483648}}
v 0 eval {set sim_annotation {0 6 join-group -2147483647}}
v 0 eval {set sim_annotation {0 7 join-group -2147483648}}
v 0 eval {set sim_annotation {0 7 join-group -2147483647}}
+ 0.16 0 2 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 0
- 0.16 0 2 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 0
+ 0.16 0 2 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 1
- 0.184 0 2 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 1
r 0.189 0 2 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 0
+ 0.189 2 1 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 0
- 0.189 2 1 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 0
+ 0.189 2 3 rtp 1500 ----- 1 0.1 -2147483648.0 1 0
```

Bu dosyanın içeriğinden performans ölçüm parametrelerinin sonuçlarına ulaşmak mümkündür. Dosyayı analiz etmek için trace graph analiz aracı kullanılmıştır.

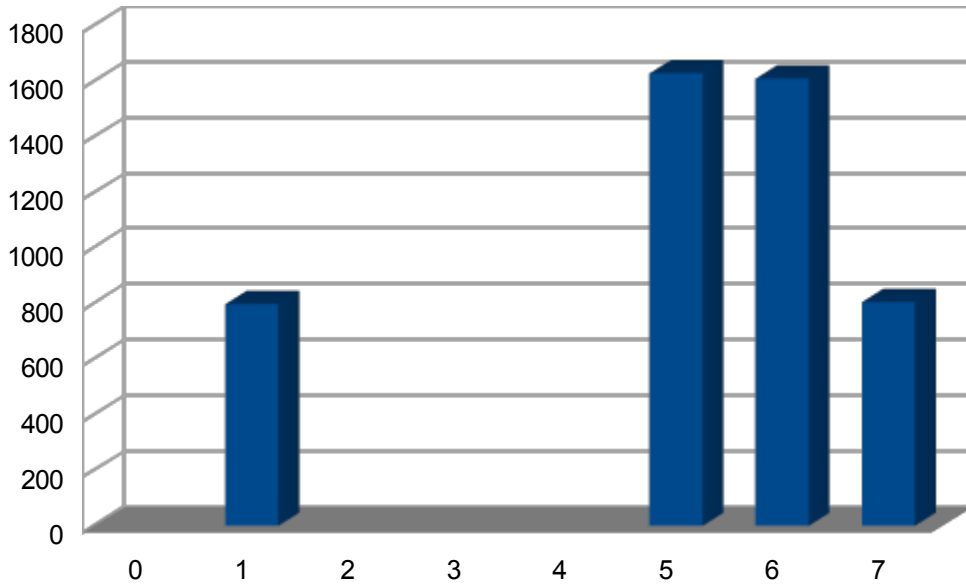
Çizelge 4.1. İz dosyası şablonu [17]

Olay	Kısaltma	Tip	Değer
Normal Olay	r: Alınan d: Silinen e: Hata +: Kuruğa Eklenen -: Kuyruktan Çıkarılan	%g %d %d %s %d %s %d %d.%d %d.%d %d %d	
		double	Zaman
		int	(Bağlama-katmanı) Kaynak Düğüm
		int	(Bağlama-katmanı) Hedef Düğüm
		string	Paket Adı
		int	Paket Boyutu
		string	Bayraklar
		int	İzleme Numarası
		int	(Ağ-katmanı) Kaynak Adres
		int	Kaynak Port
		int	(Ağ-katmanı) Hedef Adres
		int	Hedef Port
		int	Sıralama Numarası
		int	Tekil Paket Numarası

PIM-SM için RTP, RTCP ve kapsülleme paketleri, PIM-DM için RTP, RTCP, istek, kesme paketleri gönderilmektedir. Şekil 4.2' de bütün düğümler için alınan RTP paket sayıları görülmektedir. Her iki uygulamada yaklaşık 1900 RTP paketi 0. düğüm tarafından üretilmiştir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' te görüldüğü gibi DM modda 1. ve 7. düğüm fazladan yaklaşık 300 paket almışlardır.

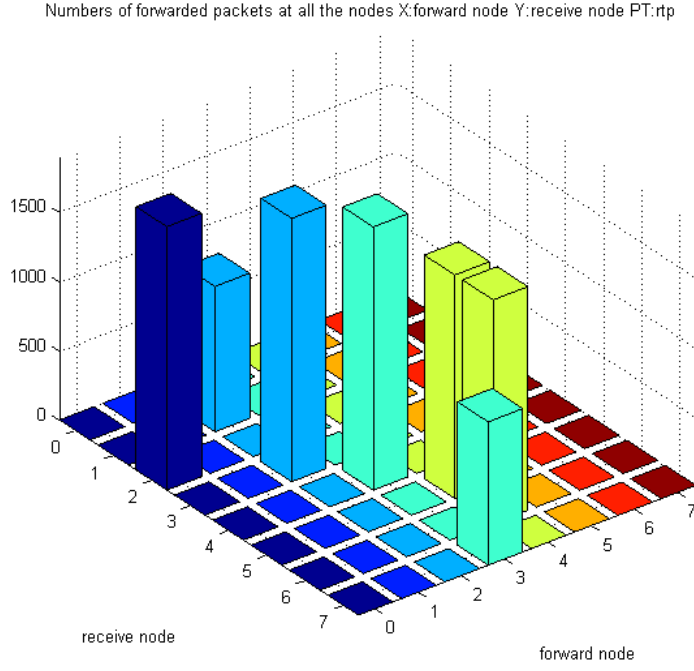


Şekil 4.2. DM uygulamasında düğümler tarafından alınan RTP paket sayıları

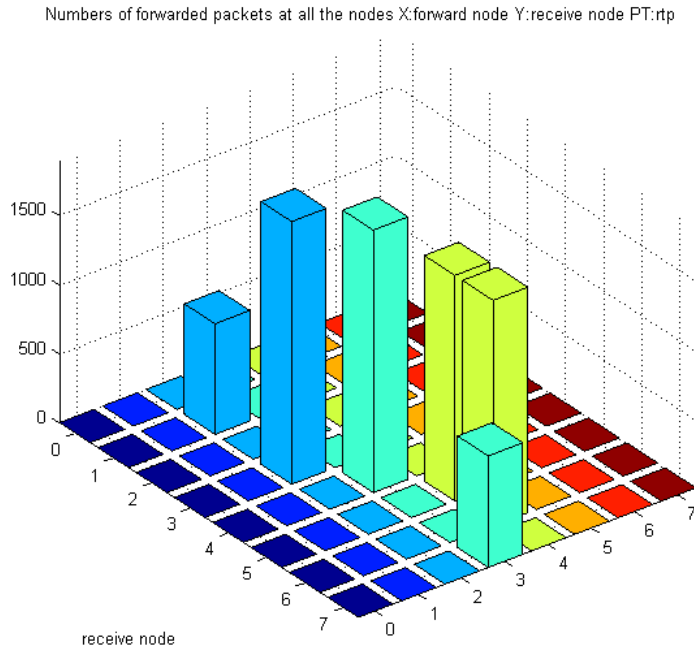


Şekil 4.3. SM uygulamasında düğümler tarafından alınan RTP paket sayıları

RTP paketlerinin ve RTCP paketlerinin yönlendirilme sayıları Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te görülmektedir. DM' in ağda oluşturduğu yönlendirme trafiği artışı görülmektedir.



Şekil 4.4. DM uygulamasında yönlendirilen paket sayıları

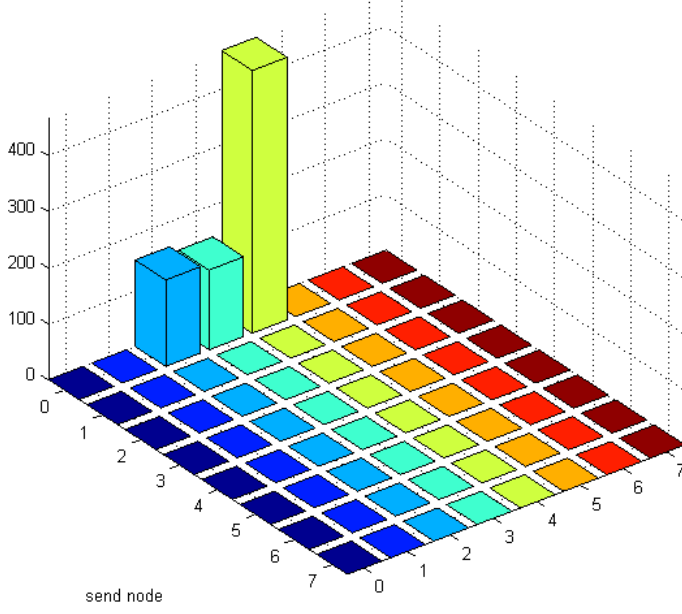


Şekil 4.5. SM uygulamasında yönlendirilen paket sayıları

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7' de her iki uygulama için atılan paket sayıları görülmektedir.

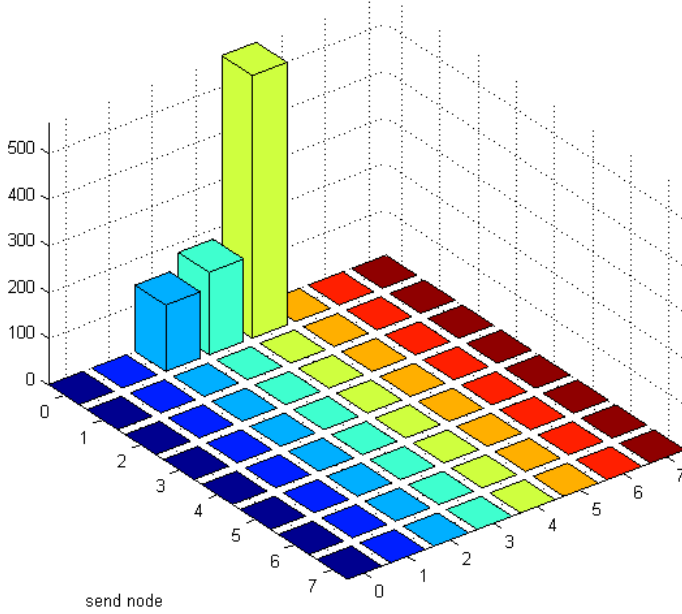
Trafik yoğunluğundaki artıştan beklendiği gibi DM için atılan paket sayılarının arttığı görülmektedir.

Numbers of dropped packets at all the nodes X:receive and drop node Y:send node PT:rtt



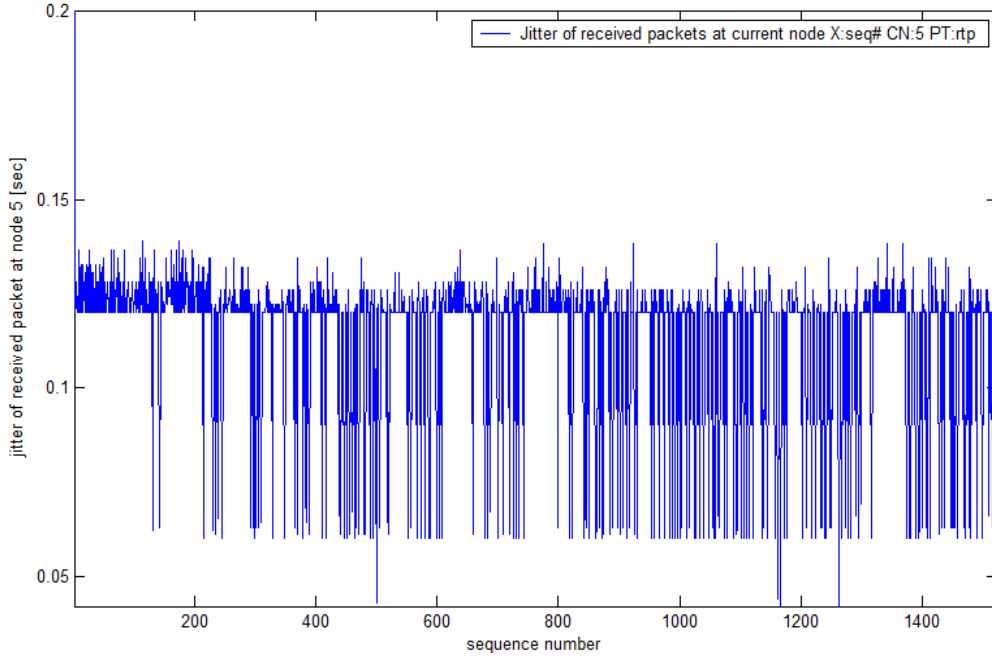
Şekil 4.6. SM uygulamasında atılan paket sayıları

Numbers of dropped packets at all the nodes X:receive and drop node Y:send node PT:rtt

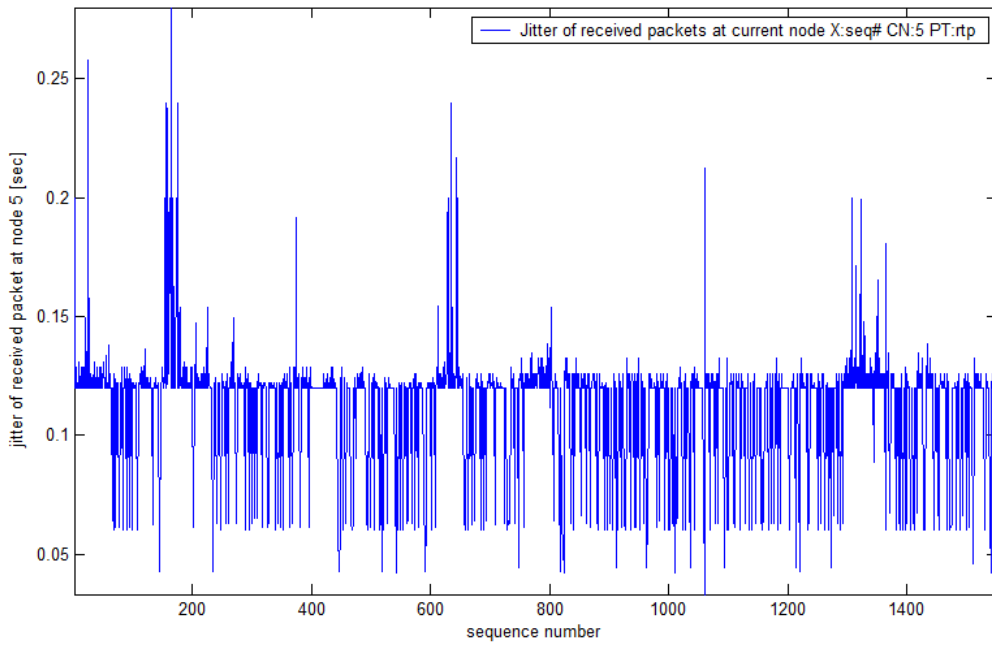


Şekil 4.7. DM uygulamasında atılan paket sayıları

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9' da 5. düğüm için alınan paketlerdeki dalgalanmalar görülmektedir. Burada SM mod daha kısa dalgalanma sonuçları vermektedir.

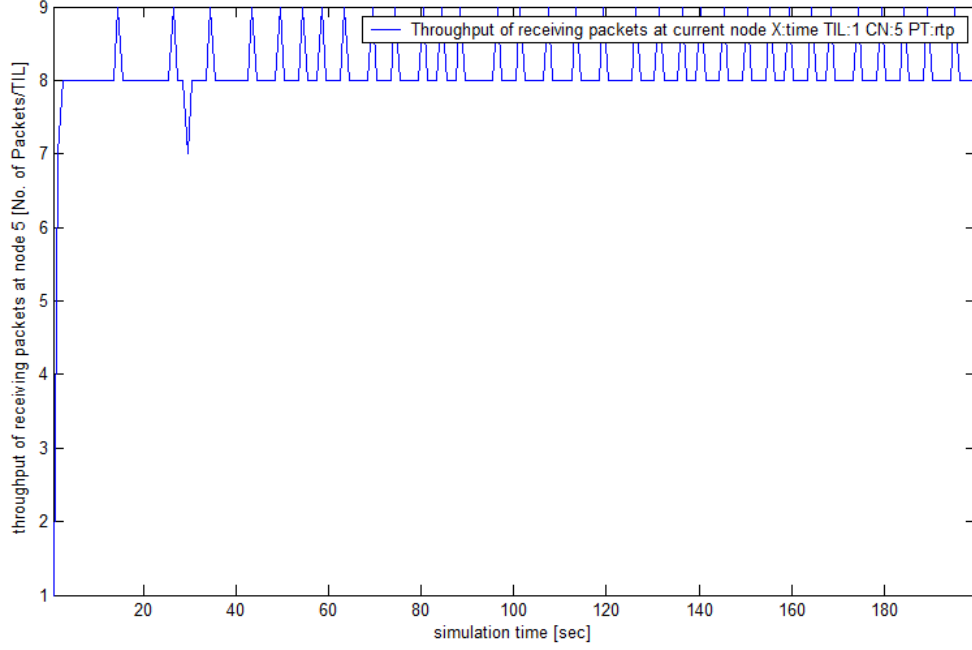


Şekil 4.8. SM uygulamasında 5. düğüm için alınan paketlerdeki dalgalanma

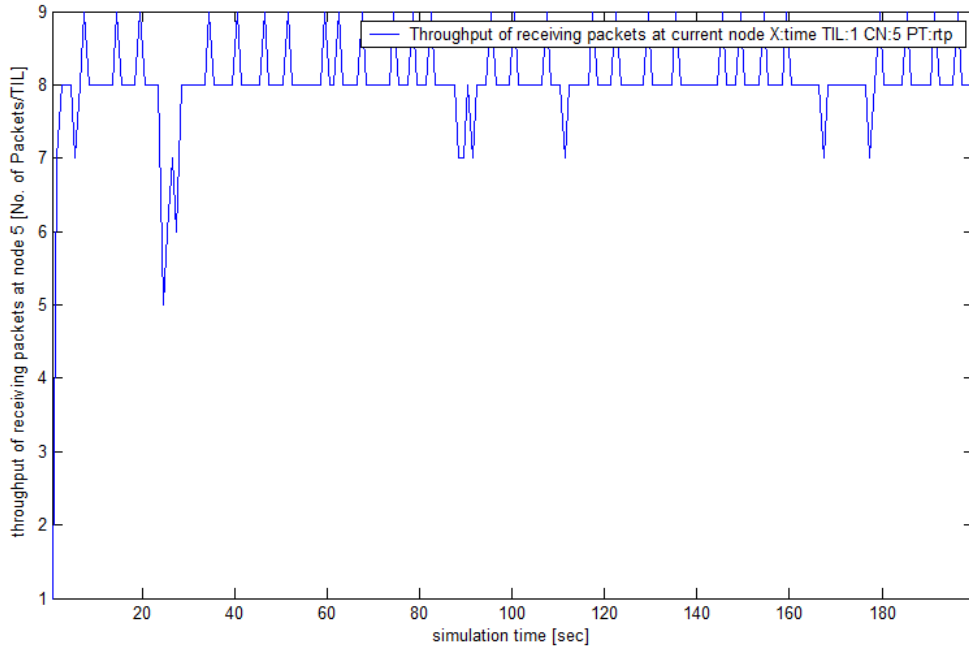


Şekil 4.9. SM uygulamasında 5. düğüm için alınan paketlerdeki dalgalanma

SM DM modlar için 5. düğümdeki çıktı grafikleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11' de görülmektedir. Burada SM daha sabit bir akış izlemektedir.

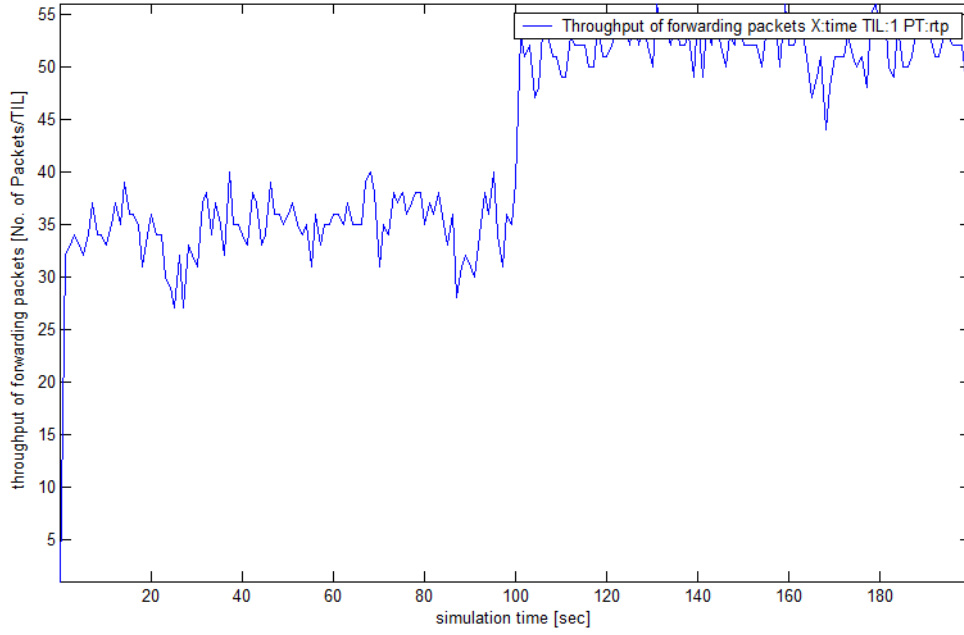


Şekil 4.10. SM uygulamasında 5. düğüm için çıktı

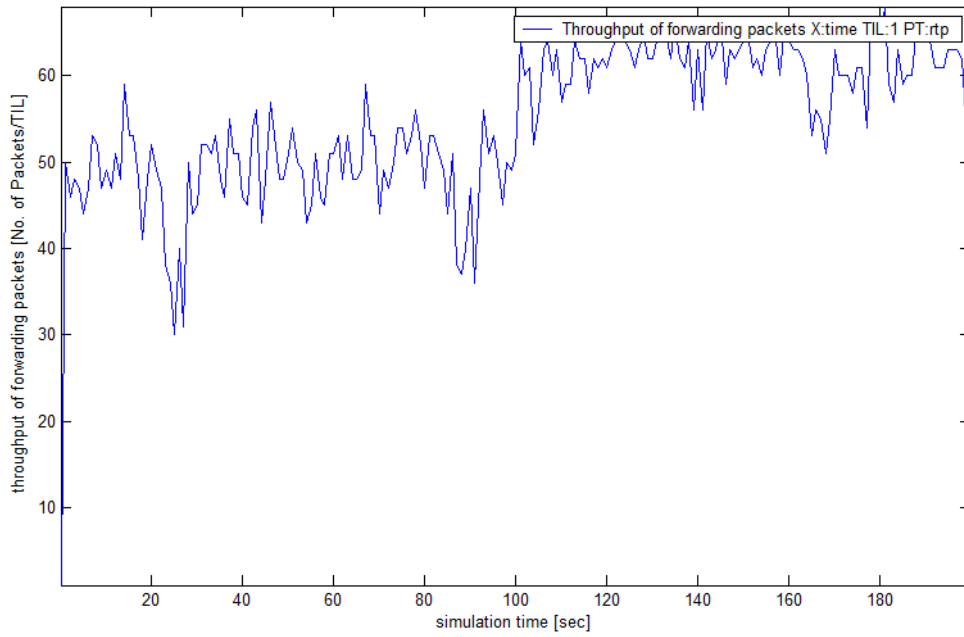


Şekil 4.11. DM uygulamasında 5. düğüm için çıktı

Şekilde 4.12 ve Şekil 4.13' te yönlendirilen paketler için çıktı değerleri görülmektedir. Burada da başlangıçta alıcı olmayan düğümlerin oluşturduğu yükün çıktıya etkisi açıkça görülmektedir.

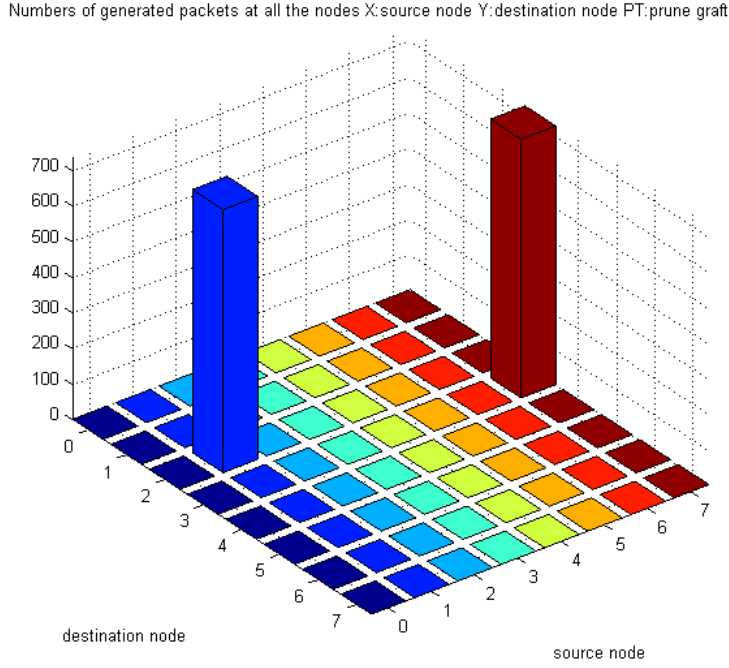


Şekil 4.12. SM uygulamasında yönlendirilen paket çıktısı



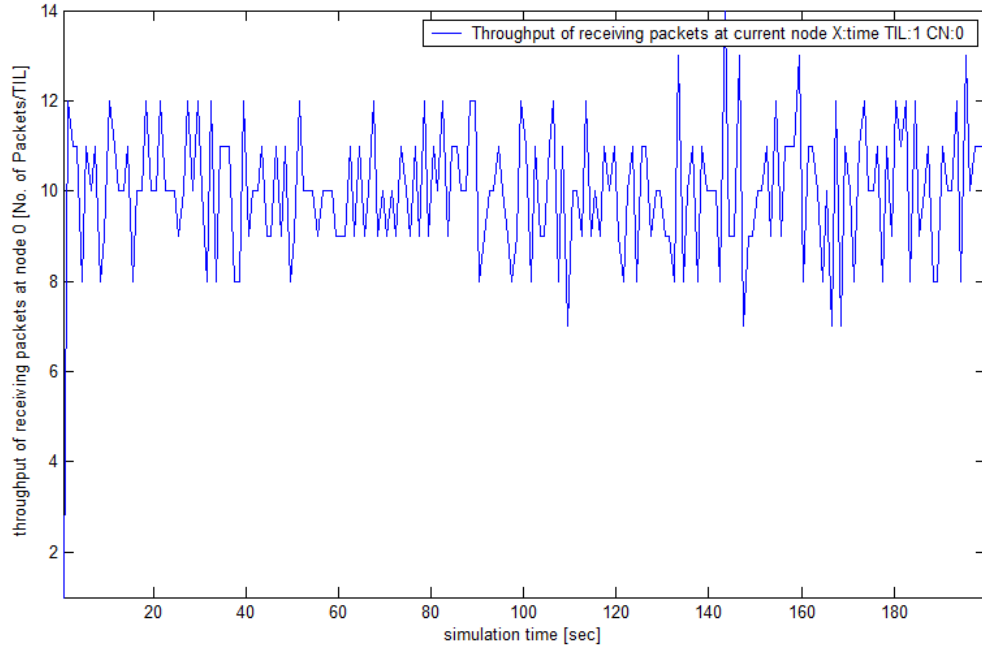
Şekil 4.13. SM uygulamasında yönlendirilen paket çıktısı

Şekil 4.14' te istek ve kesme mesajlarının ağda oluşturduğu paketler görülmektedir. Burada yaklaşık 700 kesme ve 700 istek mesajının oluşturulduğu görülmektedir.

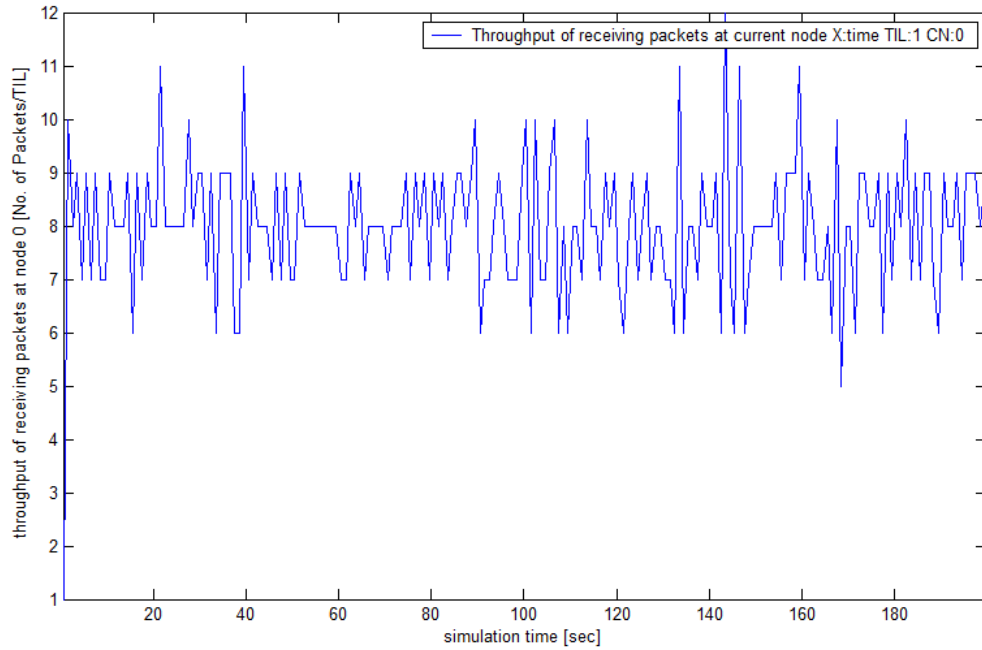


Şekil 4.14. DM uygulamasında istek ve kesme mesajları sayısı

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16' da RTCP paketleri için 0. düğümde çıktı değerleri görülmektedir. Burada SM mod için daha fazla RTCP paket trafiği olduğu görülmektedir.

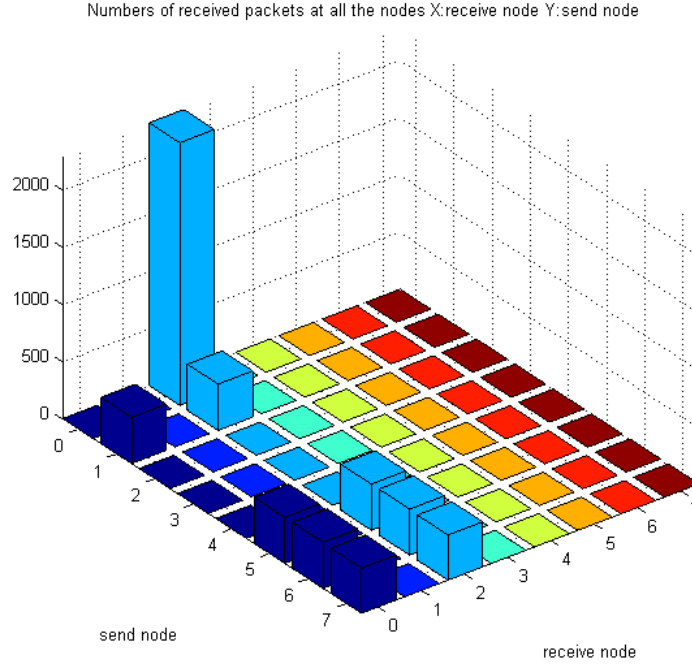


Şekil 4.15. SM uygulamasında 0. düğümde RTCP paketleri için çıktı

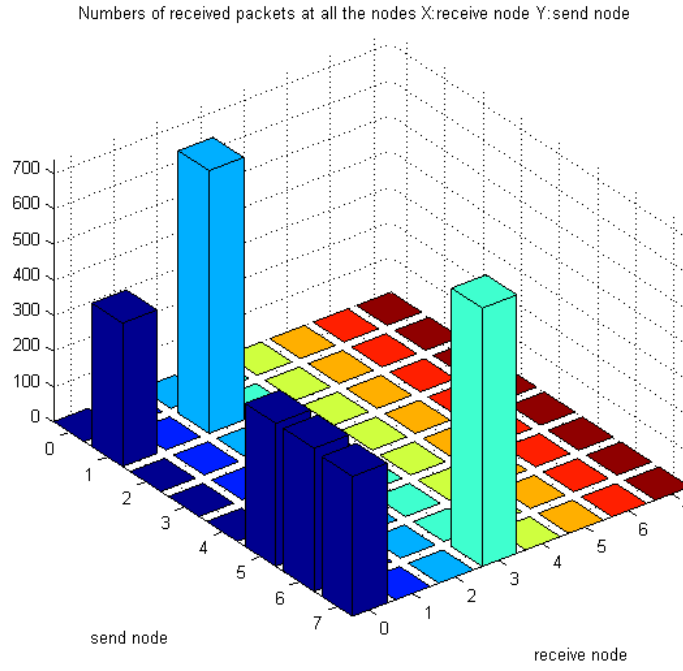


Şekil 4.16. DM uygulamasında 0. düğümde RTCP paketleri için çıktı

Şekil 4.17 ve Şekil 4.18' de her düğüm tarafından alınan paket sayıları görülmektedir. SM mod için RP olarak seçilen 2. düğümde oluşan paket trafiği görülmektedir.



Şekil 4.17. SM uygulamasında alınan paket sayıları



Şekil 4.18. DM uygulamasında alınan paket sayıları

5. SONUÇLAR

IPTV günümüzün en önemli teknolojilerinden biridir. IP protokolü ile iletişim kuran bu sistem IP' nin kullanıldığı iphone, bilgisayar, STB' lar ile televizyonlar gibi birçok farklı platformda yarışmaktadır. IPTV diğer TV teknolojileri ile karşılaştırıldığında kullanıcı ile etkileşimli olması en büyük avantajıdır. Kullanıcı ile etkileşim anlayışı ile birlikte yeni nesil TV anlayışı ortaya çıkmıştır. IPTV ülkemizde TNet tarafından tivibu adı ile hizmete sunulmuştur.

IPTV' ye teknolojik kısıtlar açısından baktığımızda ise diğer TV dağıtım teknolojilerine göre dezavantajlıdır. IP ağlarının sınırlı bant genişliği IPTV' nin darboğazıdır. Gerek kanal değiştirmede, gerek kullanıcı ile etkileşim ile gerçekleşen diğer işlemlerde bu darboğazı aşmak için çeşitli protokoller, algoritmalar, teknolojiler tasarlanmaktadır.

Bu tezde IPTV' nin genel tanımı yapılmış, bu genel tanım çerçevesinde kullanılan protokoller, ağ dağıtım teknolojileri, video sıkıştırma teknikleri, yazılımlar, donanımlar incelenmiş, IPTV için performans konusu ele alınmıştır. Çalışmanın sonunda IPTV' nin ns2 simülasyon ortamında iki farklı çoklu yayın teknolojisi için uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonuçları incelendiğinde abone mantığı ile çalışan IPTV ağları için kanal değiştirme performansı, ağdaki paket yoğunluğu ve gecikmeler açısından daha iyi sonuçlar veren PIM SM modunun uygun olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. İnternet: IP, Televizyon Kavramları
<http://en.wikipedia.org>
2. Yükselten H., “Sıp Tabanlı Telefon Servislerinin IPTV Sistemine Uyarlanabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, **Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, 1-9 (2010)
3. Simpson W., Greenfield H., “What is Internet Protocol and Why Use It for Video?”, **IPTV and Internet Video (Second Edition)**, 1-14 (2009)
4. İnternet: Bilgi Teknolojileri Kurumu
www.btk.gov.tr
5. Simpson W., Greenfield H., “Types of IP Video”, **IPTV and Internet Video (Second Edition)**, 15-29 (2009)
6. Simpson W., Greenfield H., “Network Overviews”, **IPTV and Internet Video (Second Edition)**, 47-66 (2009)
7. Kim D., “Application of the HoQ Framework to Improving QoE of Broadband Internet Services”, **IEEE Network**, Vol. 24, No. 2 (2010)
8. Pınarbaşı M., “IPTV Ağ Dağıtım Teknolojileri, İçerik Taşıma Mimarisi ve Çok Noktaya Yayın”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 9-43 (2009)
9. Vasudevan S.V., Lui X., Kollmansberger K., “IPTV Architectures for Cable Systems: An Evolutionary Approach”, **IPTV Systems, Standarts and Architectures**, 102-109 (2008)
10. Ellis M., Perkins C., “Packet Loss Characteristics of IPTV-like Traffic on Residential Links”, **Consumer Communications and Networking Conference(CCNC)**, 1-5 (2010)
11. Singh H., K C. Y., Kim S. S., Ngo C., “IPTV over WirelessLAN: Promises and Challenges”, **Consumer Communications and Networking Conference(CCNC)**, 626-631 (2008)
12. She J., Hou F., Ho P.H., Xie L.L., “IPTV over WiMAX: Key Success Factors, **Advances in Mobile Multimedia**, 87-93
13. Kim K.J., Shin W.S., Min D.K., Kim H.J., Yoo J.S., Lim H.M., Lee S.H., Jeong Y.K., “Analysis of Key Features in IPTV Service Quality Model”, **Industrial Engineering and Engineering Management**, 595-598 (2008)

14. RFC 793 - Transmission Control Protocol
15. RFC 768 – User Datagram Protocol
16. RFC 1889 – Real Time Transmission Protocol
17. İnternet: İz Dosyası Biçimi
http://nslam.isi.edu/nslam/index.php/NS-2_Trace_Formats
18. RFC-791 Internet Protocol
19. Begen A. C., Perkins C. C., “On the Use of RTP for Monitoring and Fault Isolation in IPTV”, **IEEE Network**, Vol:24, 14-19 (2010)
20. Li S. T., A platform neutral live IPTV presentation system, **Information Sciences**, 33-52 (2001)
21. RFC-2236 Internet Group Management Protocol
22. Salaha K., Calyamb P., Buharic M.I., “Assessing readiness of IP networks to support desktop videoconferencing using OPNET”, **Journal of Network and Computer Applications**, 31, 921–943 (2008)
23. Semria C., Maufer T., “Introduction to IP Multicast Routing”, **Internet Draft**, 1-18 (1997)
24. Lee S.B., Muntean G.M., Smeaton A.F., “Performance-aware Replication of Distributed Pre-recorded IPTV Content”, **Broadcasting IEEE Transactions**, Vol:55, 516-526 (2009)
25. İnternet: Ns2 Klavuzu
<http://www.isi.edu/nslam/ns/tutorial/>
26. İnternet: Ns2 Klavuzu
http://nslam.isi.edu/nslam/index.php/NS_manual
27. İnternet: Global IPTV abone sayıları
<http://www.digitaltvnews.net/content/?p=15122>
28. Simek M., Komosny D., Burget R., “One Source Multicast Model Using RTP in NS2”, **IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security**, 252 VOL.7 No.11 (2007)
29. İnternet: Eşten eşe yayın
<http://tr.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer>

30. Umair A., Ishak Z., Din N. Md., "Trace Analyzer for NS-2", **Research and Development 4th Student Conference**, 29-32 (2006)
31. Fiztek F. H. P., Reisslein M., "MPEG4 and H.263 Video Traces for Network Performance Evaluation", **IEEE Network**, Vol:15, 40-54 (2001)
32. LEE C.S., "IPTV over Next Generation Networks" , **Broadband Convergence Networks**, Genava, 1-18 (2007)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KILIÇ, Özlem
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 21.07.1986 AKSARAY
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 2415716
e-mail : ozlemkilic_aks@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği	2008
Lise	Aksaray Hazım Kulak Anadolu Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008	Likom Yazılım	Yazılım Mühendisi
2009	Nanomanyetik Bilimsel Cihazlar	Yazılım Mühendisi
2010	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü	Bilgisayar Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca