



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**İNTERNET PROTOKOLÜ TELEVİZYONUNUN UYDU  
ÜZERİNDEN GERÇEKLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM  
GELİŞTİRİLMESİ**

**Bilg.Yük.Müh. M.Deniz DEMİRCİ**  
**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman**  
**Prof.Dr. A.Halim ZAİM**

**Haziran, 2011**

**İSTANBUL**



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**İNTERNET PROTOKOLÜ TELEVİZYONUNUN UYDU  
ÜZERİNDEN GERÇEKLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM  
GELİŞTİRİLMESİ**

**Bilg.Yük.Müh. M.Deniz DEMİRCİ**  
**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman**  
**Prof.Dr. A.Halim ZAIM**

**Haziran, 2011**

**İSTANBUL**

Bu çalışma 06/07/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Prof.Dr.A.Halim ZAİM (Danışman)  
İstanbul Ticaret Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü



Prof.Dr.Gökhan ZGÖREN  
Kültür Üniversitesi  
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi



Prof.Dr. Osman Nuri UÇAN  
İstanbul Aydın Üniversitesi  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi



Prof.Dr.Ahmet SERTBAŞ  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi



Prof.Dr.İlhami YAVUZ  
Maltepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü



Prof.Dr.İlhami YAVUZ  
Maltepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## ÖNSÖZ

Hayatımın her aşamasında bana destek ve rehber olan sevgili anne ve babama, biricik hayat arkadaşına, tezime olan yoğun katkılarından dolayı danışman hocam Sn. Prof.Dr. A. Halim ZAIM'e, değerli tez izleme komiteme, bölümümüz hocalarına, benden desteğini esirgemeyen Araş. Gör. Ergün GÜMÜŞ, Yard. Doç. Dr. Muhammed Ali AYDIN ve diğer çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamı sevgili ebeveynlerime, eşime ve biricik kızıma ithaf ediyorum.

**Haziran, 2011**

**Mehmet Deniz DEMİRCİ**

## İÇİNDEKİLER

<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>x</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. MPEG TS VE IP ÇOĞAGÖNDERİM</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2. GÖRÜNTÜ SIKIŞTIRMA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3. IP ÇOĞAGÖNDERİM</b> .....	<b>6</b>
<b>2.4. IPTV BİLEŞENLERİ VE SON KULLANICI SERVİSLERİ</b> .....	<b>7</b>
2.4.1 Baş-Son .....	7
2.4.2. Özel Yazılım .....	9
2.4.3. Video Sunucusu .....	10
2.4.4. İçerik Koruma (CAS/DRM).....	11
2.4.5. Reklam Eklenmesi .....	11
2.4.6. İletim ve Erişim Ağı.....	12
2.4.7. Kullanıcı Tarafı .....	12
<b>2.5. GELECEK JENERASYON AĞLARDA(NEXT GENERATION NETWORKS,NGN) IPTV</b> .....	<b>13</b>
2.5.1. GJA'nın etkisi .....	14
2.5.2. GJA üzerinden IPTV .....	15
<b>2.6. IPTV'NİN YÜKSEK SEVİYE GEREKSİNİMLERİ</b> .....	<b>17</b>
2.6.1. Mimari Açıdan .....	17

2.6.2. QoS ve Performans Açısından .....	18
2.6.3. Güvenlik ve İçerik Koruma Açısından .....	18
2.6.4. Ağ ve Kontrol Açısından .....	19
2.6.5. Uçsistemler ve Ortasistemler Açısından .....	19
2.6.6. Halkın İlgi Alanları Açısından .....	20
<b>2.7. IPTV'NİN FONKSİYONEL MİMARİSİ.....</b>	<b>20</b>
2.7.1. Yüksek Seviye IPTV Mimarisi .....	21
2.7.2.GJA bazlı IPTV Fonksiyonel Mimarisi .....	23
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1. ÇOKLU ORTAM UYGULAMALARI.....</b>	<b>26</b>
3.1.1. Akan Kayıt edilmiş Ses ve Video Uygulamaları .....	26
3.1.2. Akan Canlı Ses ve ve Video .....	27
3.1.3. Gerçek Zamanlı Ses ve Video.....	27
3.2.1. Bugünkü İnternet'te Çoklu ortam'ın önündeki Engeller .....	28
3.2.2. Kayıt Edilmiş Ses ve Videonun Akışı.....	29
3.2.3. Gerçek Zamanlı Akış Protokolü (RTSP) .....	29
<b>3.2. EN İYİ ÇABA SERVİSİNİN SINIRLARI .....</b>	<b>30</b>
3.2.1. Paket Kaybı .....	31
3.2.2. Sondan-sona Gecikme.....	31
3.2.3. Paket Gecikme Değişimi.....	32
<b>3.3. İNTERNET PROTOKOLÜ TELEVİZYONU VE ÇOKLU SERVİSLER</b>	<b>33</b>
<b>3.4. ZAMANLAMA MEKANİZMALARİ .....</b>	<b>33</b>
3.4.1. İlk Giren İlk Çıkar (FIFO) .....	33
3.4.3. Planlama:Delik kova .....	37
3.4.4. Diffserv(Farklı Servis) .....	40
3.4.5. Kaynak Rezervasyonu.....	43
3.4.6. Çağrı Kabulü .....	44
3.4.7. Çağrı Oluşturma Sinyalizasyonu .....	44
3.4.8. Intserv ve RSVP .....	45
<b>3.5. ÖZGÜN TARİFELENDİRME ALGORİTMASI.....</b>	<b>47</b>
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>56</b>
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>66</b>

<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>69</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>71</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 IPTV Ağının Anahtar Elemanları.....	8
Şekil 2.2 İçerik Alıcısı ve DSLAM Yeri.....	10
Şekil 2.3 Reklam Ekleme Sistemi Blok Diyagramı .....	11
Şekil 2.5 GJA nın Etkisi.....	15
Şekil 2.6 GJA üzerinden IPTV Uygulaması .....	16
Şekil 2.7 IPTV Referans Modeli .....	21
Şekil 2.8 Yüksek Seviye IPTV Fonksiyonel Mimarisi .....	22
Şekil 2.10 İçerik Sağlayıcı ve OSS/BSS içeren GJA bazlı IPTV Mimarisi .....	25
Şekil 3.1:FIFO Kuyruğu Yapısı.....	34
Şekil 3.2: FIFO Kuyruğunun Çalışma Hali.....	35
Şekil 3.3: İki Öncelik Sınıfı için Sırayla Disiplini Çalışma Hali .....	35
Şekil 3.4: AAK'nın Yapısı .....	36
Şekil 3.5: Delik kova Planlayıcısı Çalışma Prensibi.....	38
Şekil 3.6: AAK Tarifelendiricisine bağlı N adet Delik kovanın Yapısı.....	40
Şekil 3.7: Basit bir Farklı Servis Örneği .....	42
Şekil 3.8: Çağrı Oluşturma Prosesi .....	45
Şekil 3.8: Eleman başına çağrı kabulü .....	46
Şekil 3.11: Üzerinde çalışılan ağın topolojisi .....	47
Şekil 3.12:Ağda kullanılan ip paketinin içeriği .....	48
Şekil 3.13:Tarifelendirme Mekanizması .....	49
Şekil 3.14: Tarifelendirme Algoritmasının Akış Diyagramı .....	55
Şekil 4.1: Değişik yüklerde PC1 paketlerinin ortalama gecikmeleri.....	56
Şekil 4.2: Değişik yüklerde PC2 paketlerinin ortalama gecikmeleri.....	57
Şekil 4.3: Değişik yüklerde PC3 paketlerinin ortalama gecikmeleri.....	58
Şekil 4.4: Değişik yüklerde PC4 paketlerinin ortalama gecikmeleri.....	59
Şekil 4.5: Değişik yüklerde PC5 paketlerinin ortalama gecikmeleri.....	60
Şekil 4.6: Değişik yüklerde PC1 paketlerinin ortalama jitter miktarları.....	61
Şekil 4.7: Değişik yüklerde PC2 paketlerinin ortalama jitter miktarları.....	62



<b>Şekil 4.8: Değişik yüklerde PC3 paketlerinin ortalama jitter miktarları.....</b>	<b>63</b>
<b>Şekil 4.9: Değişik yüklerde PC4 paketlerinin ortalama jitter miktarları.....</b>	<b>64</b>
<b>Şekil 4.10: Değişik yüklerde PC5 paketlerinin ortalama jitter miktarları.....</b>	<b>65</b>

## TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Sıkıştırma Formatları .....	6
Tablo 3.1: Servis sınıflarının özellikleri.....	51
Tablo 3.2: Yedek Kredi Tablosu.....	52
Tablo 3.3: Yedek Kredi Güncelleme Tablosu.....	53
Tablo 3.4: Eşik Değer Artım Tablosu.....	54

## SEMBOL LİSTESİ

A	:İçerik Akışı
B	:İçerik Dileği, Tanımlayıcı Metadata/İçerik Bilgisi vs.
C	:Telif Hakları Yönetimi Etkileşimi
C1	:Teklif Hakları Yönetimi
D	:Servis Etkileşimi Mesajı
E	:İçeriğin Bulunduğu Yer Bilgisi, Ücretlendirme Bilgisi, İçerik Kontrol Komutu vs.
F1	:Oynatma Kontrol Sinyali
F2	:İçerik Akışı
G	:Kimlik Doğrulama ve Kabul sonrası Koşullu Erişim Sistemi
i	:Öncelik sınıf indisi
$w_i$	:Öncelik sınıf ağırlığı
t	: Herhangi bir zaman aralığında ağa girebilecek paket sayısı
$b_i$ ve $r_i$	: Akış Parametreleri
$p(n)$	: Poisson yoğunluk fonksiyonu
e	: Doğal logaritmanın tabanı ( $e = 2.71828\dots$ );
n	:Olasılığı fonksiyon ile verilmekte olan olayın ortaya çıkma sayısı;
$\lambda$	: Verilen sabit aralıkta ortaya çıkma sayısının beklenen değeri; bir pozitif gerçel sayı
$Est_n^i$	: i. servis sınıfının n.paketi için tahmin edilen paket sayısı değeri
$\alpha$	: Alfa yumuşatma katsayısı.
$RT_n$	: Bulunulan ana kadar gerçekten YA ya iletilen paket sayısı
$YedekKredi_{PC}$	: Öncelik sınıfının o anki yedek kredi değeri
$EsikDeger_{PC}$	: Öncelik sınıfının o anki eşik değer miktarı
PC	: PC(Priority Class)(Öncelik sınıfı) sayı olarak

## **ÖZET**

### **İNTERNET PROTOKOLÜ TELEVİZYONUNUN UYDU ÜZERİNDEN GERÇEKLENMESİ İÇİN BİR YÖNTEM GELİŞTİRİLMESİ**

Bu çalışmada İnternet Protokolü Televizyonu adıyla anılan yeni bir dijital teknoloji üzerinde durulmuştur. Bu teknoloji televizyon yayını, dijital telefon görüşmesi ve internet bağlantısının aynı anda ve ip protokolü üzerinden verilmesidir.

Öncelikle, İnternet Protokolü Televizyonu(IPTV) nun günümüz internet teknolojileri üzerinde nasıl gerçekleştiğini ve daha standartlaşmamış bir teknoloji olduğu üzerinde tartışılmıştır.

Sonrasında, çokluortam uygulamalarının internet üzerinde uygulanabilmesi için uygulanan tekniklerden bahsedilmiş, ardından internet üzerinde bu uygulamaların gerçekleştirilmesinin zorluklarından bahsedilmiştir. Servis kalitesi (QoS) kriterlerinin neler olduğu ve bu kriterlerin hangilerinin IPTV üzerinde etkili olduğundan bahsedilmiştir.

Sonuçta, servis kalitesinin sağlanabilmesi için üretilmiş tekniklerden bahsedildikten sonra tezimizin asıl konusu olan planlama ve tarifelendirme tekniklerinden bahsedilerek kendi ürettiğimiz teknik anlatılarak, bulgularımız ve bu bulgular hakkındaki objektif yorumlarımız ve tartışmalarla tez sonlandırılmıştır.

## **SUMMARY**

### **DESIGN OF A METHOD TO IMPLEMENT IPTV OVER SATELLITE**

In this study, a new digital technology called The Internet Protocol Television (IPTV) is dwelled. By this technology, broadcast of digital interactive television, phone calls and internet services over internet protocols becomes possible.

Primarily, implementation of IPTV in today and future technologies and issues about standardization is discussed.

Then technologies that are used to implement multimedia applications over internet with their challenges and criterias for quality of service (QoS) are mentioned.

Finally, techniques to provide the quality of service and a new scheduling algorithm for prioritized services over IPTV are given with the simulation results. The results are discussed as epilogue.

## 1. GİRİŞ

İnternet Protokolü Televizyonu(kısaca IPTV) oldukça yeni, gelişmeye açık ve belki de önümüzdeki 20-30 senenin eğlence, iletişim ve televizyon mecrası olacaktır. İnternetin yaklaşık son 20 senelik gelişimi göz önüne alındığında 90'lı yılların başında IPTV gibi bir teknolojinin hayata geçirilmesi hayal gibi görünmekteydi. Fakat şimdi 20 sene sonra ne olacağını kestirmek te mümkün görünmemektedir. IPTV, üçlü oynatım diye tabir edilen, ip protokolü üzerinden televizyon yayını, telefon görüşmesi ve veri olarak üç ayrı hizmetin bir servise toplanmış halidir.

IPTV'nin önünde birçok engel vardır. Birincisi ve en büyüğü bant genişliğidir. Dünya'da en hızlı internetin kullanıldığı Amerika Birleşik Devletlerinde bile internet hızları; özellikle günümüzde HD(yüksek tanımlı yayın) yayın yapabilen IPTV servis sağlayıcıları için yeterli değildir. Bu durumun diğer ülkelerde, özellikle üçüncü dünya ülkelerinde daha vahim olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Ülkemizde hala çok ulaşılabilir seviyelerde olmayan internet servisleri bile hala IPTV yayını için yeterli değildir. Akademik olarak bu sorunun çözülebilmesi de mümkün olarak görülmemektedir. Daha yüksek maliyetli teknolojilere geçmek gerekmektedir ki bu tezimizin konusu değildir.

Diğer büyük problemlerden bir tanesi de bilinen internet protokolü üzerinden servis kalitesini garantilemek mümkün değildir. İnternet tamamen en iyi çaba diye tabir edilen o an ki şartların mümkün kıldığı en iyi şekilde hizmet verebilen bir yapıya sahiptir. Bu yüzden birçok ara teknoloji ortama eklenmiştir. Intserv (RFC1633), Diffserv (RFC3260) gibi etiket seçme mentalitesi ile çalışan servisleri sınıflandıran mekanizmalar sunulmuştur.

Yukarıda belirtildiği gibi internet, en iyi çaba servisi olduğundan ve hiçbir paket arasında bir hiyerarşi olmadığından IPTV yayınının sıradan bir e-posta mesajı ile işleniş

bakımından bir farkı olmayacaktır. Bu şekilde bu servisin düzgün olarak aboneye verilmesi de mümkün olmayacaktır.

Bu tezde, daha önce bahsedildiği gibi servis sağlayıcı ile abone arasına dünyanın etrafında dönen haberleşme uydularının konulması ile geniş bir alana yayın yapabilen uydular sayesinde, kablolu veya kablosuz ağ ile dağıtma maliyetleri düşecektir. Yeryüzüne inildikten sonra akıllı yolatayıcılar(nodlar) sayesinde abonenin evindeki cihaza kadar sözkonusu paketlerin mümkün olan en iyi biçimde iletilmesi sağlanacaktır. Bant genişliği bakımından önceden bahsedilen sıkıntı ortadan kalktıktan sonra asıl ilgilenilen konu, gelen paketlerin birbirinden ayrılması ve bu nodlar üzerinden geçerken nasıl yönlendirileceğidir.

## 2. GENEL KISIMLAR

IPTV, aynı zamanda üçlü oyun olarakta bilinir; müşterilere: veri, ses ve görüntü servislerinin birarada verilebildiği bir çözüm olarak tasarlanmalıdır. Tek bir genişbant bağlantı üzerinden Ethernet, PON, FTTH veya ADSL cinsi bağlantılarla verilmektedir. Ethernet bağlantısı genişletilebilirlik ve düşük maliyet özellikleri sayesinde daha çok tercih edilmektedir. Ses POTS veya VOIP; veri servisi, yüksek hızlı internet ve görüntü için ise, tüm geleneksel servislerle beraber, normal kablo yayın veya uydu yayınında olmayan ileri düzey özellikler de bulundurmalıdır. Mesela VOD(İsteğe bağlı görüntü), ses, veri ve videonun kaynaştırıldığı diğer uygulamalar olabilir. Ayrıca etkili bir arabirim sunarak ani kanal değiştirme ve birçok resim içinde resim gösterebilme yeteneğine sahiptir.

IPTV mimarisi için önemli faktörler: Görüntü sıkıştırma teknolojileri, Dijital Telif Hakkı Yönetimi teknolojileri, açık standartlar, IP çoğagönderim(multicast) protokolleri, IP QoS (Servis kalitesi) yetenekleri ve internet protokolünü kullanan, bantgenişliğini arttıran yeni genişbant dağıtım ağlarıdır.

IPTV kablo yayınlara göre üstünlük sağlamış durumdadır ama özellikle önündeki çözülmesi beklenen problemler; OSS/BSS (Çalışma destek sistemleri/Ücretlendirme destek sistemleri) nin de entegre edilebilmesidir.

Diğer bir problem ise yüksek elde edilebilme oranı, ölçeklenebilirlik ve özellikle DoS(Servis Reddi) saldırılarına karşı koyabilecek gelişmiş güvenlik özelliklerine sahip olma zorunluluğudur.

Bu problemleri IPTV aşmıştır. İlk sorun MPEG-2 den daha iyi bir sıkıştırma formatı bulma gerekliliği idi.



IPTV servisi, geleneksel yayın sistemleri ve uydu yayınlarından farklıdır. Geleneksel yayın sistemlerinde tuner sistemleri bütün kanalları aynı anda almaktadır. Kullanıcı bir kanal seçtiğinde hemen ilgili kanal görüntülenmektedir. IPTV servisinde ise bunun tam tersine bütün kanalları kullanıcıya aynı anda transfer edememektedir. Çünkü son yol atayıcı (last router) ile evdeki ağ geçidi arasında yeterli bant genişliği yoktur.

Kanal değiştirme süresi de aşılması gereken kritik bir problemdir. Genelde, kanal değiştirme süresi birçok parametreye bağlıdır: Komut işleme süresi, ağ gecikme süresi, tuner katmanındaki gecikme, tuner tampon belleğinin gecikme süresi ve MPEG kodunu çözme süresidir. Komut işleme süresi uzaktan kumandanın tuşuna basılması veya bilgisayarda ilgili tuşa basılması ile katılma(join) mesajının gönderilmesi arasında geçen süredir. (Iano, 2007)

## 2.1. MPEG TS VE IP ÇOGAGÖNDERİM

İletim akışı (MPEG-TS) MPEG-2 part 1 standartları ile tanımlanmış bir formattır. Yararılma amacı, çıkışı dijital görüntü ve sesin birbirine senkronize edilmek istenmesidir. İletim akışı hata düzeltme için özellikler sunmaktadır. DVB ve ATSC gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. (Lee, 2007)

Bu standardın amacı: sesi ve görüntüyü sıkıştırma, ağ boyunca çok katmanlı yapıyı iletme ve veriyi çok katmanlı yapıya enkapsüle etmektir.

MPEG-TS birden fazla akışı(ses, görüntü,data) çok katmanlı yapıya dönüştürme yolları içermektedir.Üçlü oyundaki bir sürü program ve servisi tek parça halinde taşıyabilir. Oysa IPTV de MPEG-TS tek bir programı taşımaktadır.

IPTV'de bir program birden fazla akış içerir. Bir görüntü akışı, bir veya daha fazla ses akışı, bir veri akışı ve 0 veya daha fazla altyazı akışı içermektedir:

Veri akışı: Kanala özgü bilgi tabloları(PSI)

Görüntü Akışı: MPEG-1, MPEG-2, H.264 veya VC-1

Ses Akışı: MPEG katman II, AC-3 veya Dolby

Altyazı Akışı: DVB bitmap

Bir dekoder bütün bu akışları organize edip düzenleyebilmelidir. Ayrıca hangi akışı ne zaman izleyiciye göstereceğini bilmelidir.

PSI tabloları dekodere iletim akışı içinde her program için ses ve görüntüyü bulabilmesi için yardım etmekte ve Şartlı Erişim(CA) durumunu da doğrulamaktadır. Bu tablolar sürekli akış içinde yenilenmektedir ki ani erişim gerektiğinde sistem onu bulabilsin. Bu tablolar İçerik tablosu görevi görmektedir.

## 2.2. GÖRÜNTÜ SIKIŞTIRMA

H.264 diğer adıyla MPEG-4 part 10 veya MPEG-4 Gelişmiş Görüntü Sıkıştırma (AVC) kodek görüntü sinyalinin kalitesini diğer MPEG-2 standartlarına göre oldukça arttırmaktadır. Bu kodek servis bit rate'ini en az yarı yarıya azaltmaktadır.

Windows Media 9 aynı zamanda VC-1 olarak bilinen bu kodek Microsoft'un sahibi olduğu bir kodektir ve MPEG-4 AVC'ye rakiptir.

Aşağıda Tablo 2.1 de formatların Standart ve Yüksek tanımlı görüntüler için saniye başına kapladıkları yer miktarı verilmektedir.

	SDTV	HDTV
MPEG-2	2 - 4 Mbps	16 - 19 Mbps
H.264	1.5 - 2 Mbps	6 - 8 Mbps
WM9 (VC-1)	1.5 - 2 Mbps	6 - 8 Mbps

Tablo 2.1 Sıkıştırma Formatları

### 2.3. IP ÇOĞAGÖNDERİM

Veri yayınlandığı zaman sistemdeki bütün istemcilere sadece bir kopya gönderilir. Teke gönderimde(unicast) ise her istemciye bir kopya gönderildiği için bantgenişliği harcanmış olur. Çünkü aynı zamanda istenmeyen verinin de gereksiz yere kullanıcılara gönderilmesine engel olunamamaktadır. Yayın da ayrıca istemci makinelerini yavaşlatacaktır.

Çoğagönderim bu iki yöntemin de güçlü yanlarını alıp zayıflarından kurtulmaktadır. Multimedya uygulamalarının ihtiyaç duyduğu genişbant böylece kurtarılmış olur.

Çoğagönderimin çok önemli avantajları vardır. Gruplar dinamiktir: istemciler istedikleri zaman gruba girer veya gruptan çıkarlar. Grup yaratmak veya olan grubu kaldırmak için karmaşık düzenlere gerek yoktur. Grubun eğer hiç üyesi kalmamışsa, grup kendiliğinden ağdaki varlığını bitirir. Gruplar ayrıca çok kolayca büyüyebilir çünkü ne kadar çok istemci çoğagönderime iştirak ederse çoğagönderim o kadar o yeni alt gruba doğru yönlendirilir.

Internet Grup Çoğagönderim Protokolü (IGMP) Ipv4 sistemleri için geliştirilmiş bir protokol olup Ip Çoğagönderimi üyeliğini çoğagönderim ara yönlendiricilerine doğru iletmek için kullanılmaktadır.

IPTV’de MPEG-TS ethernet üzerinden enkapsüle edilmektedir. Ethernet ağları ucuz maliyeti ve diğer metroploiten ağlara oranla çalıştırılmasının kolay olması sebebiyle ağlarını geliştirmek isteyenler için bir çekim kaynağıdır.

Kanallar ve Seyrettiğin-kadar-öde(PPV) IP ağlarda çoğagönderim kullanılarak, İsteğe-bağlı-Görüntü(VoD) ve İsteğe-bağlı Müzik (MoD) da ise tekegönderim kullanılmaktadır.

Tabii ki, IP-çoğagönderim kullanıldığı zaman, görüntünün durdurulması, hızlı ileri, hızlı geri sarma gibi işlemler yapılamamaktadır. Tekegönderim kullanılan isteğe-bağlı işlemlerde bu işlemler kullanılabilir. Tabii ki, IP-çoğagönderim kullanıldığı zaman, görüntünün durdurulması, hızlı ileri, hızlı geri sarma gibi işlemler yapılamamaktadır. Tekegönderim kullanılan isteğe-bağlı işlemlerde bu işlemler kullanılabilir.

## **2.4. IPTV BİLEŞENLERİ VE SON KULLANICI SERVİSLERİ**

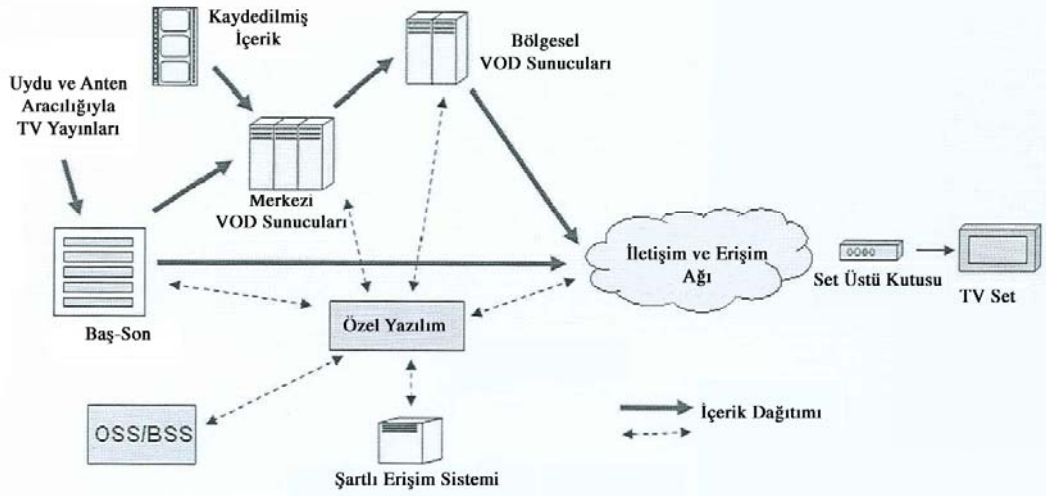
IPTV mimarisindeki en büyük fonksiyonu olan bölümleri Baş-Son(Head-end); İçerik elde edilmesi ki içerik kodlaması araçları içerir; özel yazılım (middleware) servis yönetimi, gönderim ve tüketim işlerinden sorumludur; ayrıca İçerik Koruma, gerçek zamanlı içerik kriptolama ve Dijital Telif Hakları Yönetimi(DRM) ve Kullanıcı mekanı.

Baş-Son, Özel Yazılım, VoD sunucuları, İletim ve Erişim Ağı(transport and access network), şartlı erişim, Dijital Telif Hakları Yönetimi ve set üstü kutusu sistemin anahtar parçalarıdır. Şekil 2.1 de aşağıda bu öğeler belirtilmiştir.

### **2.4.1 Baş-Son**

Baş-Son(Head-End), IPTV ağına içeriğin ilk alındığı bölümdür ve birçok fonksiyonu vardır.

Dijital kablo ve uydu yayınlarındaki gibi sistemin bir görüntü baş-sonuna ihtiyacı vardır.



Şekil 2.1 IPTV Ağına Anahtar Elemanları

İki tip baş-son vardır: TV Yayını Baş-Sonu ve VoD Baş-Sonu. TV Yayını tipi görüntü akışı değişik formatlarda kabul eder ve yeniden formatlayıp, enkapsüle edip, çekirdek ağ ile etkileşip, çekirdek ağ üzerinden görüntü sinyalini erişim ağına gönderir.

Ana baş-son dışında IPTV sistemi birden fazla bölgesel baş-sonlar da barındırabilir. Bunlar lokal tv ve radyo yayınlarını yakalamak için kullanılırlar.

Baş-son, kodlayıcılar, özel yazılım, VoD Sunucusu, tv yayını Sunucusu, abone yöneticisi, kaynak yöneticisi, oturum yöneticisi ve uygulama yöneticisi gibi değişik bileşenden oluşur.

Uydu sinyallerinin kodlarının çözülmesinden sonra, içerik kodlayıcıya gönderilir, buradan elde edilen MPEG-TS çoğagönderim ile gerçek zamanlı olarak iletilir. Aynı zamanda isteğe-bağlı içeriğin saklandığı sunuculara da kayıt edilir.

### 2.4.2. Özel Yazılım

Özel yazılım, kullanıcının içeriği gezmesi için gerekli araçları yönetir; içerik paketleme ve servis yönetimi; ve kimlik doğrulama için etkileşim, işlemler için destek sistemi (OSS) ve faturalandırma destek sistemleri (BSS) gibi fonksiyonları yerine getirir.

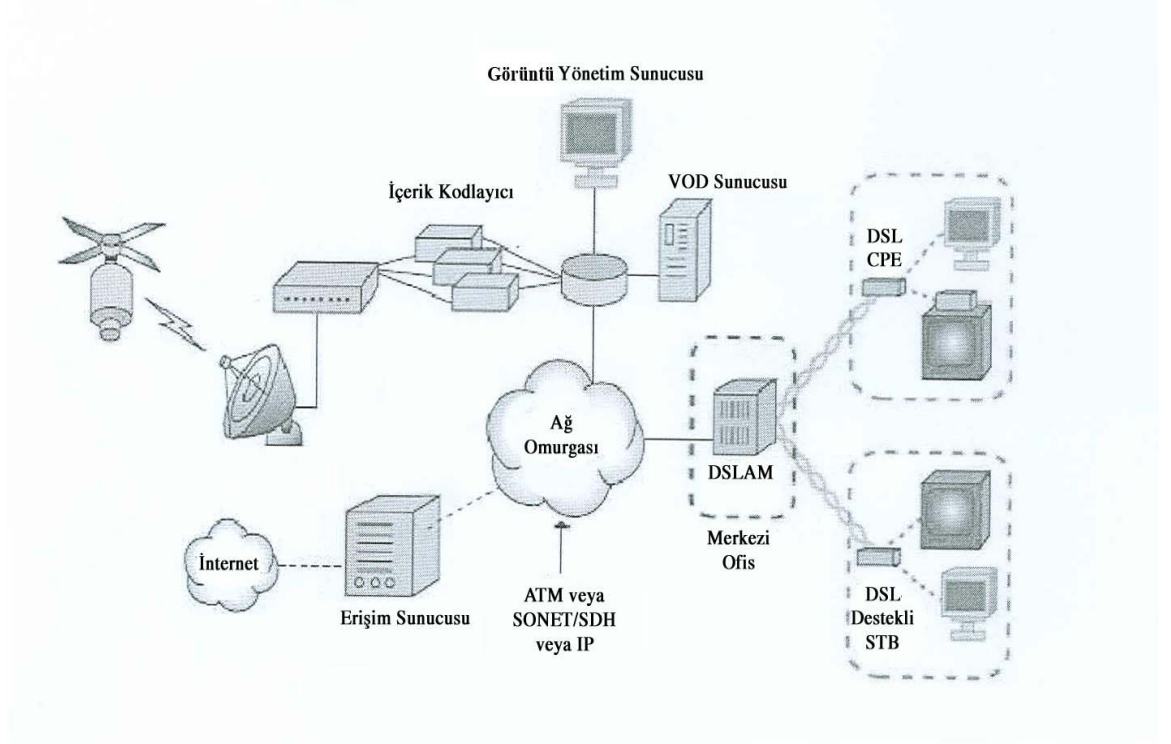
Bu fonksiyonlara ek olarak web sunucuları, uygulama sunucuları, içerik yönetim sistemleri de desteklenmektedir.

Web tampon belleği, uygulama sunucusu (AS) ve veritabanı (DB) için tekrarlanan url taleplerini ortadan kaldırmaktadır. Bu işlemi statik ve dinamik olarak yaratılan içerikleri tamponlayarak yapmaktadır. AS ve DB katmanlarının üzerindeki yükü böylece azaltmaktadır.

Bazı özel yazılım üreticileri ayrıca iş raporları da hazırlayan yazılım üretmektedirler.

Yöneticileri hangi filmin ne kadar satın alınıp izlendiğini, hangi kanalın ne kadar izlendiğini belirleyen rating ölçümlerini, kullanıcı davranış biçimlerini kullanıcıyı rahatsız etmeden veri madenciliği yaparak bu yazılımlar belirler.

DSLAM (Dijital abone hattı erişimi birleştiricisi) den gelen IGMP SYSLOG mesajlarına bakılarak kullanıcının içeriği kullanma süresi tam olarak hesaplanabilir. Herhangi bir anda bir kullanıcı kanal değiştirdiğinde, bir IGMP terk etme mesajı DSLAM'e gönderilir. Ardından bir IGMP katılma mesajı gelir. Böylece DSLAM her zaplama olayını böylece takip eder. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2 İçerik Alıcısı ve DSLAM Yeri

### 2.4.3. Video Sunucusu

Akan görüntü sunucusu veya VoD sunucusu sadece bu işe ayrılmış donanımlar olup çok büyük saklama üniteleri ve hızlı bağlantılar içerir ve özel yazılım tarafından kontrol edilir.

VoD sunucuları Gerçek zamanlı Akış protokolü (RTSP) ile tekegönderim yöntemi ile MPEG-TS içeriği kullanıcılara gönderir.

#### 2.4.4. İçerik Koruma (CAS/DRM)

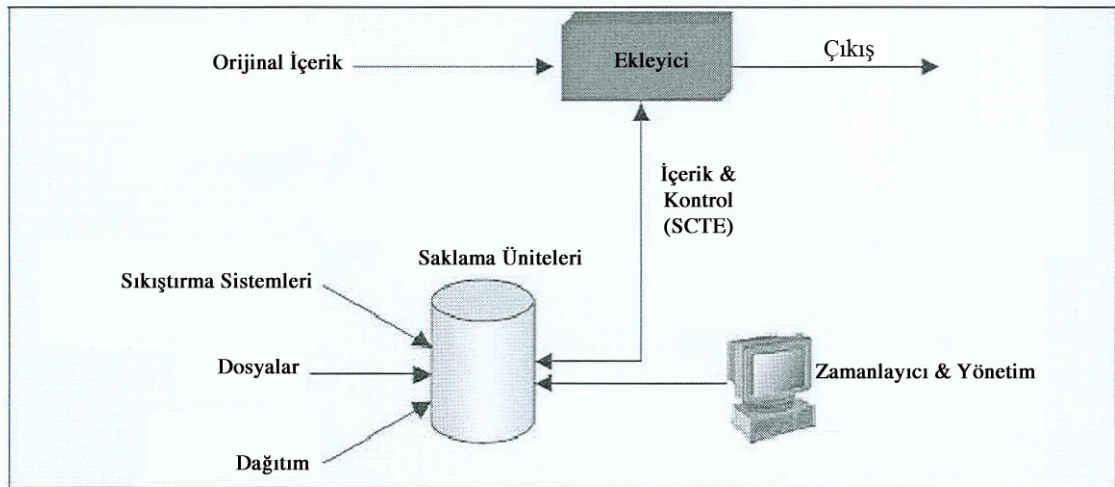
IPTV için en önemli problem olarak içeriğin korunması ve yetkisiz kişilerin bu içeriğe erişiminin engellenmesi gelmektedir. Ayrıca illegal kopyaların da sistemde dolaşması engellenmelidir. Bu işlemleri özel yazılım halletmektedir.

#### 2.4.5. Reklam Eklenmesi

IPTV çözümü servis sağlayıcıya reklam ekleme, yerini değiştirme, planlı zamanlarda reklamların tekrar gösterilmesi gibi işlemleri de yerine getirmektedir. Servis sağlayıcıya oldukça iyi kazanç sağlamaktadır.

Bir reklam çözümü oluşturabilmek için ekstra ekipmana ihtiyaç vardır. İçerik sağlayıcılar, reklamın başlangıç ve bitişini belirlemek için sol ses kanalından ton türü sinyal(DTMF) göndermektedir.

Bu yüzden ekleyici(splicer) bu tetiklemeyi alınca reklam sunucusundaki reklam görüntüsü ile kanal görüntüsünün yerini değiştirip reklamı istenen zamanda oynatmış olur. Reklam ekleme sisteminin blok diyagramı Şekil 2.3'te verilmektedir.



Şekil 2.3 Reklam Ekleme Sistemi Blok Diyagramı



#### **2.4.6. İletim ve Erişim Ağı**

İletim ağı, çekirdek, uç ve erişim olarak 3 bölümden oluşur.

Kodlanmış görüntü grubu çekirdek ağ üzerinden iletilir. Bu ağlar iyi tasarlanmış hali hazırdaki IP ağları olabildiği gibi özel şekilde video iletimi için inşa edilmiş IP ağları da olabilir.

Erişim ağı, iletim ağından kullanıcıya oluşturulmuş bir link bağlantısı gibidir. Erişim ağı olarak ADSL2+ ve VDSL kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca fiber teknolojilerden olan PON (Pasif Optik Ağ) veya FTTH( Eve kadar Fiber) kullanılabildiği gibi bir kablosuz bağlantı olarak WIMAX da kullanılma çalışmaları yapılmaktadır.

#### **2.4.7. Kullanıcı Tarafı**

Burası genişbant ağın sonudur, DSL modem ile sona erer. IPTV alıcısı ve set üstü kutusu(STB) IGMP ve RTSP kullanarak servise erişir. Canlı yayınlar daha önce de belirtildiği gibi IP çoğagönderim ile yapılır. Bir STB böyle bir servise katılma veya terk etme işlemlerini uygun IGMP komutlarını kullanıp yerine getirebilir. VoD servisleri yine daha önce belirtildiği gibi IP tekegönderim ile belirli bir kullanıcıya gönderildiğinden alıcı tarafından başlatılmasına gerek yoktur.

STB ler kullanıcıya içerik arasında gezinme, içerik seçme ve elde etme ve TV de izlenebilmesi için format çevirimi gibi işlemleri gerçekleştirerek hizmet etmektedir. Tipik olarak HTML ile sistem üzerinde gezinip özel yazılıma ulaşip ilgili hizmeti kullanıcıya ulaştırın bir istemcidir.

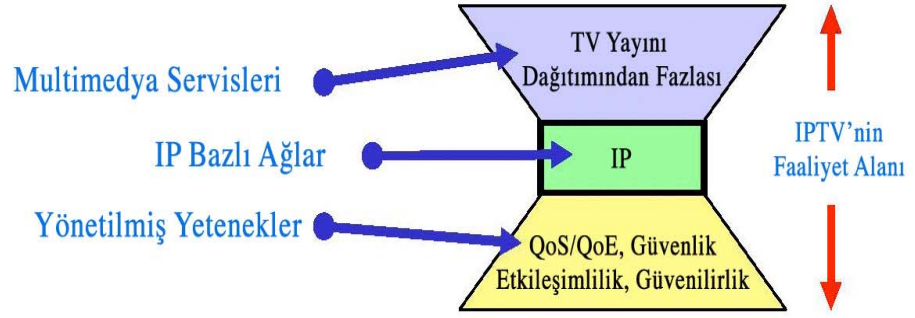
## **2.5. GELECEK JENERASYON AĞLARDA(NEXT GENERATION NETWORKS,NGN) IPTV**

Gelecek Jenerasyon Ağlar (GJA)'ın tanımlanması ile birlikte IP(internet protokolü) QoS güvenlik vs. üzerinde yönetim kapasitesi ile donatılmış olsa da geleneksel (EİÇ)“En iyi çaba” IP de birçok kullanıcı servis gereksinimlerinde (gerçek zamanlı görüntü aktarımı gibi) yetersizdi. Yönetilebilir IP özellikleri sayesinde GJA'da bu problem artık kalmayacaktır.

IPTV, IP bazlı ağlar üzerinden gerekli QoS ve QoE(Deneyimler Kalitesi: Son kullanıcı açısından sorunsuz servis alınması için duyulan gereksinimler topluluğu) sağlanması koşulu ile televizyon, video, ses, metin, grafik, veri (mülimedya servisleri) iletmek için kurulan sistemdir.

IPTV sıradan bir televizyon görüntüsü iletmeye medyası değildir. Televizyon yayını dışında ileri yan servisleri vardır. Çift yönlü iletişim imkanı mümkündür. Kullanıcı oy verebilir, televizyon programını interaktif biçimde görebilir ve program yapabilir, VOD(İsteğe bağlı görüntü:İstenen eski programın istendiği zaman istendiği kadarının oynatılması) desteği alabilir ve daha birçok triple-play(üçlü oyun:görüntü,ses,veri iletimi) hizmetinden yararlanabilir. Bu ileri servislerin kullanıcıya sorunsuz ve kesintisiz aktarımı günümüz IP ağları ile gerektiği biçimde yapılamamaktadır.

Şekil 2.4 IPTV'nin ne anlama geldiğini ve kapsamını göstermektedir.

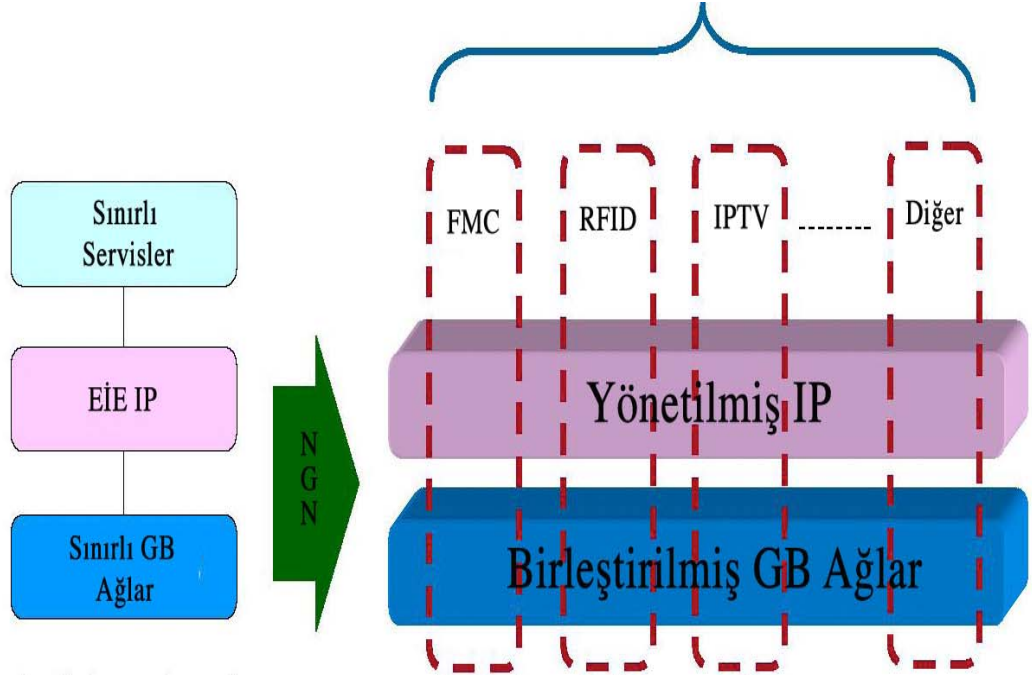


Şekil 2.4 IPTV nin anlamı ve faaliyet alanı

### 2.5.1. GJA'nın etkisi

En önemli gerekliliklerden birincisi, garantili iletimdir. Garantili iletim, bir sürü ağ ve servis desteği kabiliyetine dayanmaktadır. Aynı anda birçok TV kanalının birarada gösterilebilmesi için bahsedilen kabiliyetlere ek olarak EİE de kullanılan tekniklere ek olarak geniş bir bant genişliği gerekmektedir.

Bant genişliği dışında başka özellikler de garantili iletim için gereklidir. IPTV içeriği görüntü, insan sesi, müzik, grafik, metin vs. gibi her biri trafik kontrolü, QoS/QoE, performans, güvenlik, interaktiflik ve güvenilirlik açısından değişik muamelelere tabi tutulması gerekmektedir. GJA bu yüzden bu işlemleri ip bazlı gerçeklemek için öne sürülmüş ve geliştirilmektedir. GJA'nın etkisinin şematizasyonu Şekil 2.5'te verilmiştir.



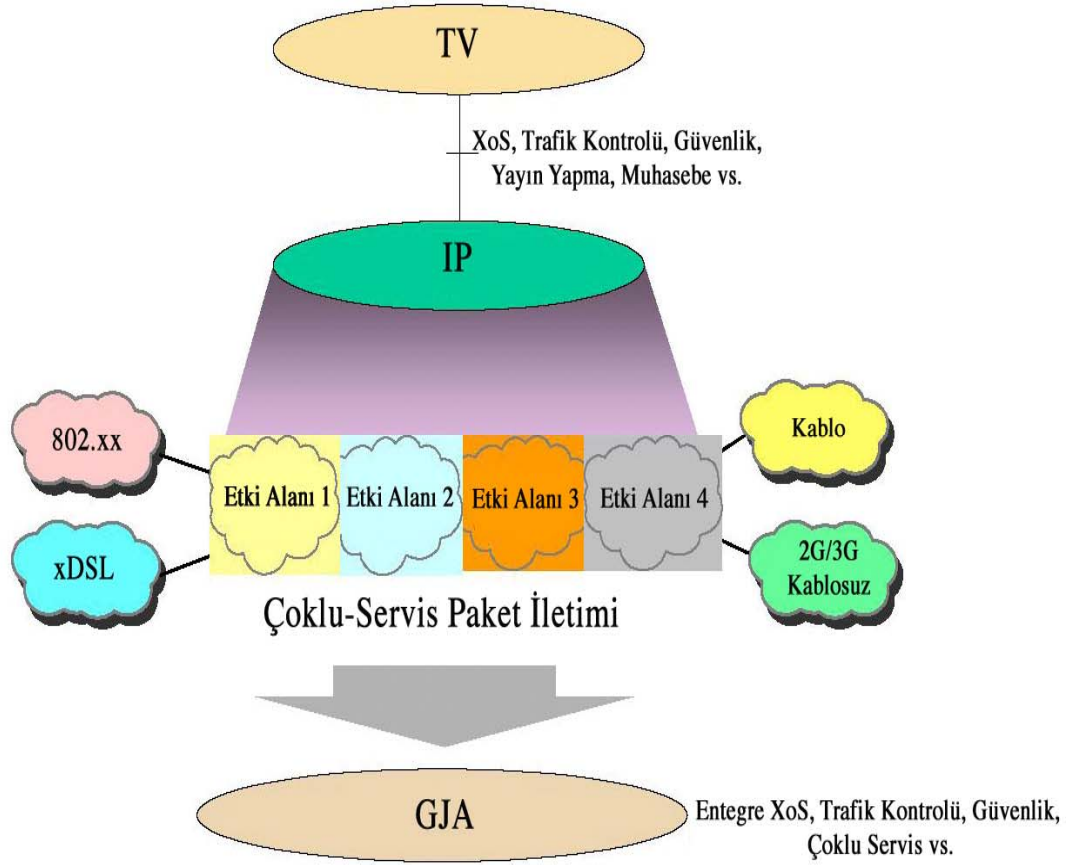
Katmanlar arası basit linkler  
Basit İş İlişkileri  
Basit oyuncular

Katmanlar arası dinamik basit linkler  
Çeşit çeşit ve esnek iş ilişkileri  
Çeşit çeşit iş modelleri ve oyuncular

Şekil 2.5 GJA nın Etkisi

### 2.5.2. GJA üzerinden IPTV

İp global bağlantılabilirlik açısından oldukça iyi olmasına rağmen, bazı kullanıcı ihtiyaçları ve değişik servislerin garantili yoldan iletimi için yeterli değildir. IP üzerinden QoS sağlamak her ne kadar mümkün olsa da baştan sona QoS sağlamak mekanizmaların ve hedef görevlerin farklılıkları yüzünden oldukça zordur. Aşağıdaki grafikte Qos açısından olaya bakış açısı gösterilmektedir. Şekil 2.6'da GJA üzerinden IPTV uygulamasının blok şeması verilmiştir.



Şekil 2.6 GJA üzerinden IPTV Uygulaması

Bu durumda halen genel bir standart yoktur.

GJA içerisinde baştan sona QoS destekleyen mekanizmalar bulunmaktadır. Bunlar NACF(Ağ Bağlantı Kontrol Fonksiyonu) ve RACF(Kaynak İçeri Alma ve Kontrol Fonsiyonu)'dir. Bu iki fonksiyon geleneksel Ip bazlı ağlardan çok daha iyi yönetimsel kabiliyetleri destekleyebilmek için daha iyi mekanizmalar içermektedir. Bu iki fonksiyon kendi aralarındaki koordinasyonun yanında, GJA'nın fonksiyonel mimarisi içerisindeki CSCF(Arama Oturumu Kontrol Fonksiyonları), Medya Kaynak Kontrol

Fonksiyonu gibi servis kontrol fonksiyonları ile birlikte ortaklaşa çalışırlar. Bu mekanizma transport(taşıma) fonksiyonlarına da uygulanabilir. Bu GJA özelliği IPTV gerekliliklerini sağlayan güzel bir araç gibi görünmektedir.

## **2.6. IPTV’NİN YÜKSEK SEVİYE GEREKSİNİMLERİ**

### **2.6.1. Mimari Açıdan**

Mimari, servis sağlayıcıların içeriğe değişik medyalar ekleyebilmesi ve program izleme zaman ayarlayıcısı hizmetini verebilmesi için birçok görüntü akışlarının gösterilebilmesi desteğini verebilecek şekilde oluşturulmalıdır. Bu yüzden servis yönetimi fonksiyonu burada çok önemlidir. Ayrıca servis ve içerik koruması hizmeti de verilebilmelidir. Ayrıca IPTV servisinin diğer servislerle entegre olarak verilebilmesi sağlanmalıdır.

IPTV servisleri değişik yönetsel etki alanlarından kesintisiz sağlanabilmeli ve IPTV mimarisi alt etki alanları GJA gibi diğer anahtar standartlara uygulanabilir olmalıdır. Kablosuz ağ üzerinden yapıldığında değişken kablosuz ağ durumuna adapte olabilmeli.(bant genişliği, paket kaybı oranı vs.) IPTV servisinin 3.parti sağlayıcılar tarafından iletilmesine de imkan verecek yapıda olmalıdır. Bu fonksiyon hesap işlemlerinin de servis sağlayıcı ile 2.parti sağlayıcı arasında değişebilmesi sağlanmalıdır.

Servis sinyallerinin iletilmesi işleminin de son kullanıcı cihazı veya uygulama sunucusunun yetenekleri baz alarak yönlendirilmelidir. Mimari uzaktan konfigürasyona ve yönetilmeye açık olmalıdır. Kendi içeriklerini paylaşmak için son kullanıcıların da sunucu gibi davranabilmesi sağlanmalıdır.

Sonunda, mimari hizmetin verildiği yerin ulusal kanunlarına uygun olmayan içerik için Acil Alarm Servisi vermelidir.(Yang ve diğ, 2007)

### 2.6.2. QoS ve Performans Açısından

Servis sağlayıcı ve son kullanıcı açısından daha önceden belirli QoE ile sağlanmalıdır. Genel IP transportu üzerinden birçok servisin sağlanmasını yönetilebilir IP QoS ile sağlayabilmelidir. Mimari görüntü kalitesini takip edebilmeli ve dinamik QoS/QoE parametrelerini ayarlayabilmelidir.

ITU-T'nin Y.1541 nolu tavsiyesine uygun QoS gereksinimlerini kullanılacak ağlar desteklemelidir. Diğer GJA servisleri ve uygulamaları ile ortak iskelete sahip IPTV QoS yönetimsel araçları sağlayabilmelidir. Etkinliği arttırabilmek için hızlı kanal değiştirme özelliğine mimarinin sahip olması gerekir.

Mimari; paket önceliği, trafik tanımlama, sınıflandırma ve işaretleme, kural koyma, zamanlama ve boşa atma mekanizmaları içermelidir. Herhangi bir zamanda paket çarpışması, ağ yükü vs. gibi durumları izlemeli ve dinamik çözümler sunabilmelidir. (Kishigami, 2007)

### 2.6.3. Güvenlik ve İçerik Koruma Açısından

Mimari; ATIS-0800001 de bulunan "IPTV DRM Birlikte İşlerlik Gereksinimleri"ne uymalıdır.İlgili bilgileri servis sağlayıcı ve içerik sağlayıcılar son kullanıcıya iletebilmelidir. Sistemlerinde saklı olan içerik için güvenli saklama ortamları sağlamalıdır.

Servis gönderiminden önce kullanıcı tanımlama işlemini yerine getirmelidir. Tanımlama işlemi tamamlanmadan içerik kesinlikle göndermemelidir. Kayıtlı olmayan son kullanıcılardan gelecek izinsiz girişimleri kontrol edip engellemelidir. Mimari aynı zamanda içeriğin kaynağını da kontrol etmelidir.

#### **2.6.4. Ağ ve Kontrol Açısından**

İnteraktif kontrol için çift yönlü iletişim üzerinden multicast ve unicast yayın yapabilmelidir. Ek olarak, mimari servis sağlayıcılara ağ yöneticilerinin multicast imkanını kullanma imkanını sağlamalıdır. Mimari, sürekli servis devamlılığını garantileyemeyeceği için ya son kullanıcıya ya da servis sağlayıcının sistemleri üzerinde akan yayın kabiliyeti olan DVR/PVR(dijital video kayıt) uygulamaları veya donanımları buldurmalıdır.

Mimari; IPTV trafiğine değişkenliklere muamele edilebilmesi için trafik yönetimi şekli belirlenmelidir. Acil Alarm Bildirimi(EAN)nde son kullanıcının hangi servisi kullandığına bakılmaksızın bir sinyalleşme yolu bulması gerekmektedir. IPv4 ve IPv6 için dinamik ve statik adres belirleme düzeni desteklemelidir. IPTV cihazları için otomatik konfigürasyon yetenekleri desteklemelidir.

Ev ağı en azından yeterli bant genişliği ve QoS içeren en az bir IPI-4 arabirimi desteklemelidir. Aynı zamanda birçok simultane görüntü akışını ses ve data trafiği ile birlikte desteklemelidir. Dış bağlantı için bir veya birden fazla WAN adresi ile bir ev ağını tanımlayabilme desteği mimaride bulunmalıdır.

#### **2.6.5. Uçsistemler ve Ortasistemler Açısından**

IPTV ortasistemleri; IPTV servis sağlayıcıları ile iletişim kurarak medya iletimi ve medya kontrol fonksiyonlarını sağlayacak API(Uygulama Programlama Arabirimi) lere sahip olmalıdır. Dijital Telif Hakları Yönetimi(DRM) için API'ye sahip olmalıdır. Servis oturumunun herhangi bir yerinde istemci ve sunucu arasında görüşme sağlayabilmelidir. Ayrıca, güç durumu, açılış durumu, hafıza ataması, yazılım ve ortabirim versiyonu, ağ adresi ve ağ durumu gibi kendi kendini teşhis özelliği olmalıdır.

IPTV mimarisi; Bir program içinden birden fazla ek görüntü akışlarını son kullanıcıya seçtirebilme imkanına sahip olmalıdır. Ayrıca, değişik IPTV terminallerinden değişik



içerikleri eğer son kullanıcının dahil olduğu ağda birden fazla tv kanalını iletebilecek özelliğe sahipse kullanıcıya sunabilmelidir.

IPTV mimarisi, seçilen içeriğin hangi kanallardan verildiğini ve o anki seyredilen yerin pozisyonunun içeriğin neresinde olduğunu belirtebilecek şekilde oluşturulması gerekir.

#### **2.6.6. Halkın İlgi Alanları Açısından**

Mimari; altyazı desteğine sahip olmalı çift görüntü(biri işaret dili çevirisi) ve çift ses kanalı(biri seslerin yazılı tabiri olmalı) iletebilmelidir.(Engelliler için)

Bütün engelli yardımlarının akışa enkapsüle edilip gönderilmesi ve kullanıcının bunlardan istediğini açıp istemediğini kapatabilmesi desteklenmelidir. Tv kanallarından ayrıca düzenleyici bilgiler servisinden de kullanıcı haberdar edilebilmelidir.(IPTV terminali aktif olduğu sürece)

Kullanıcıya mimari, istediği ağ, servis ve içerik sağlayıcısını seçme imkanını sağlayabilecek mekanizma sağlanmalıdır.

#### **2.7. IPTV'NİN FONKSİYONEL MİMARİSİ**

Referans modeli tekrar gözden geçirirsek:

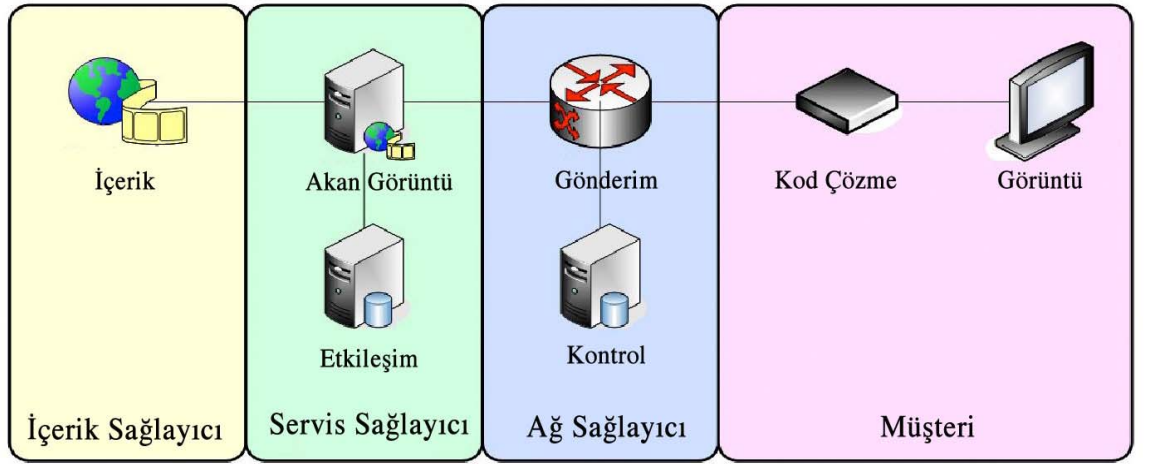
-İçerik Sağlayıcı: İçeriği satmaya hak sahibi veya içeriğin direk sahibi olan varlıktır.

-Servis Sağlayıcı: IPTV servisini kullanıcıya sağlayan varlıktır. İçerik sağlayıcılardan içeriği kiralar veya lisanslar ve son kullanıcıya satar.

-Ağ Sağlayıcı: Kullanıcıları, servis sağlayıcıya bağlayan varlıktır.

-Kullanıcı/Müşteri: IPTV servisini tüketen ve servise ücret ödeyen varlıktır.

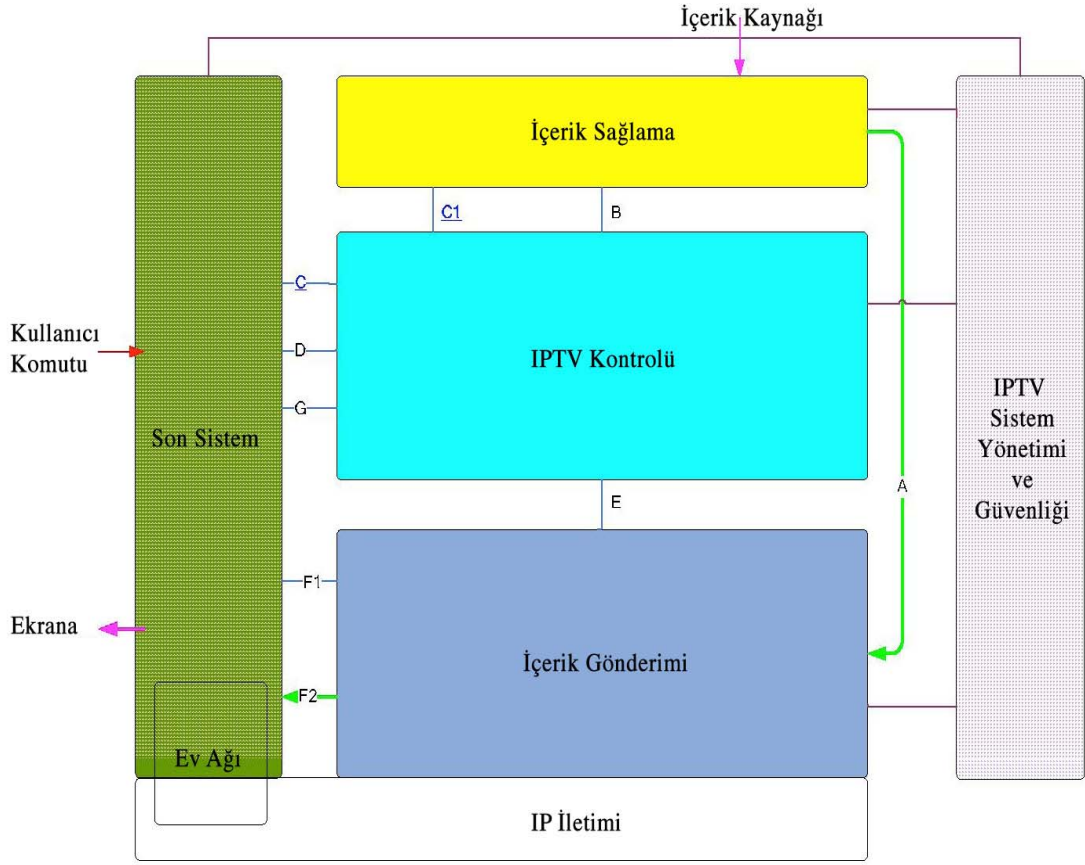
IPTV referans modeli şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 IPTV Referans Modeli

### 2.7.1. Yüksek Seviye IPTV Mimarisi

IPTV referans modelini baz alarak 5 farklı temel fonksiyon IPTV Sağlanması aşamasında belirlenmiştir: İçerik Sağlanması, IPTV Kontrolü, İçerik Dağıtımı, Son Kullanıcı Sistemi ve IPTV Sistem Yönetimi/Güvenlik. Aşağıdaki resimde bahsedilen mimarinin akış diyagramı vardır. Mimari şekil 2.8’de belirtilmiştir.



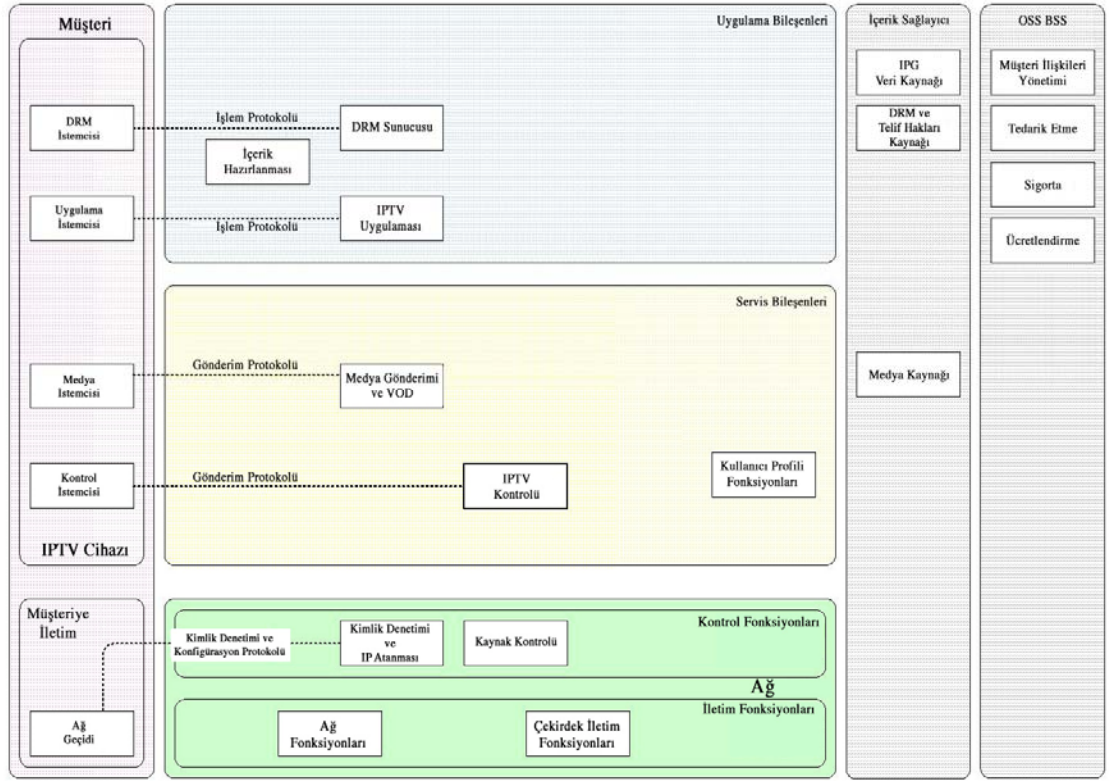
Şekil 2.8 Yüksek Seviye IPTV Fonksiyonel Mimarisi

- A: İçerik Akışı
- B: İçerik Dileği, Tanımlayıcı Metadata/İçerik Bilgisi vs.
- C: Telif Hakları Yönetimi Etkileşimi
- C1: Teklif Hakları Yönetimi
- D: Servis Etkileşimi Mesajı
- E: İçeriğin Bulunduğu Yer Bilgisi, Ücretlendirme Bilgisi, İçerik Kontrol Komutu vs.
- F1: Oynatma Kontrol Sinyali
- F2: İçerik Akışı
- G: Kimlik Doğrulama ve Kabul sonrası Koşullu Erişim Sistemi

- İçerik Sağlanması: Bu fonksiyon IPTV içeriğini hazırlar. İçerik, içerik kaynağından İçerik Sağlanması adımına alındıktan sonra, İçerik Sağlama fonksiyonları tarafından istenen formata çevrilir ve telif hakkına uygun olarak kriptolanır. Bu işlemde sonra İçerik İletimi fonksiyonlarına transfer edilir.
- IPTV Kontrolü: Bu fonksiyon IPTV servisi hazırlama kontrolü ve servislere içerikleri paketleme, içerik dağıtımını kuralı üretmek için kontroller sağlamak ve sonra da EPG elemanları/içerik içinde gezme işlemlerini yapmaktadır. Aynı zamanda içerik lisanslarını müşterilere kayıt durumlarına göre iletmekle yükümlüdür.
- İçerik Gönderimi: Bu fonksiyon, IPTV servislerinde paketlenmiş içeriği son sistemlere gönderir. VoD ve PVR gibi servisleri desteklemek üzere ve gönderim etkinliği açısından, içerik İçerik Gönderimi fonksiyonu içerisinde saklı olmalıdır. Müşterinin bir içerik isteği geldiğinde, IPTV Kontrol fonksiyonları işlemi İçerik Gönderimi fonksiyonlarına yönlendirecektir.
- Son Sistem: Kontrol komutlarını kullanıcıdan alıp IPTV Kontrolü fonksiyonları ile etkileşime geçerek servis bilgisi(EPG gibi), içerik lisansı ve şifre çözümü için anahtar almaktır. Ayrıca içerik elde etme, içerik şifre ve kod çözümü işlemlerini de yerine getirir.
- IPTV Sistemi Yönetimi ve Güvenliği: Sistemin tamamının izlenmesi, konfigürasyonu ve güvenlik prosedürlerinin uygulanması işleri ile ilgilidir.

### **2.7.2GJA bazlı IPTV Fonksiyonel Mimarisi**

Aşağıda Servis ve İletim katmanları kullanılarak oluşturulmuş GJA bazlı mimari model Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9 IPTV nin Mimari Çerçevesi

Şu anda 3 yaklaşım üzerinde IPTV çalışmaları yapılmaktadır:

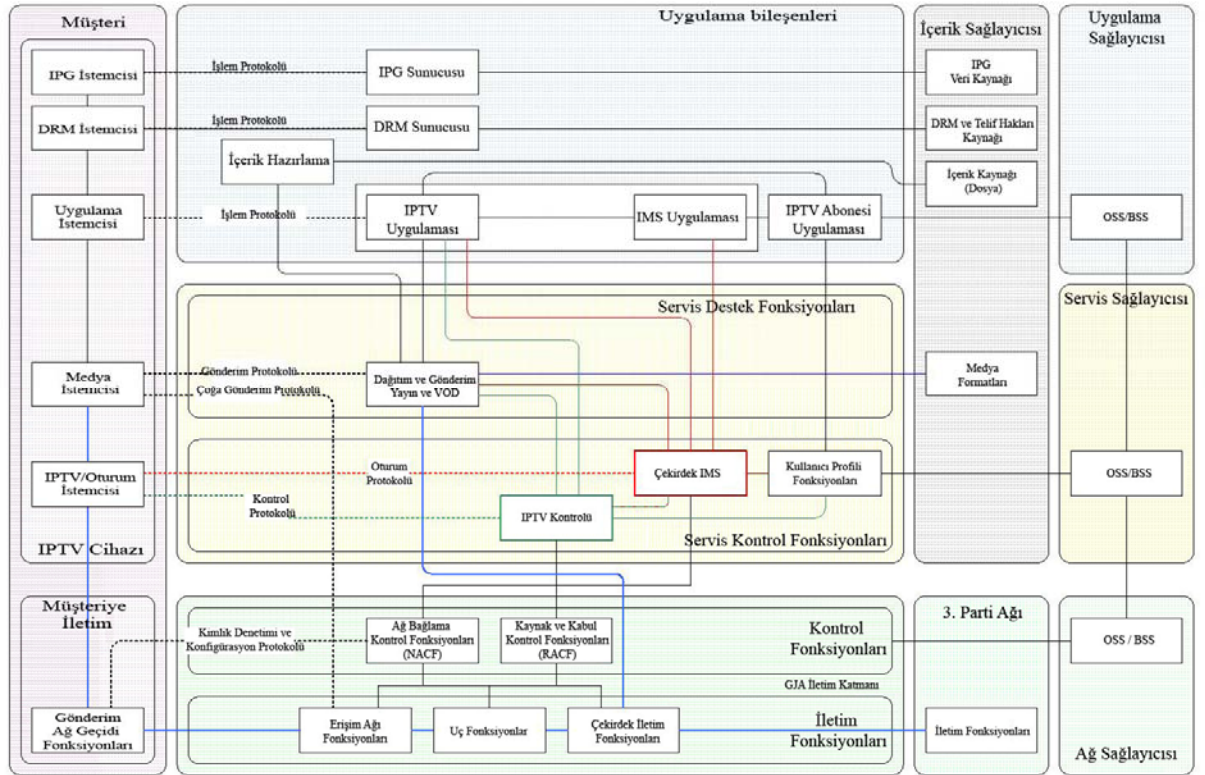
-GJA ve IMS(IP Multimedia Subscriber) bazlı mimari: IPTV servis bileşeni GJA içeriğinde IMS kullanılarak çalışmaktadır.

-GJA bazlı ama IMS bazlı olmayan mimari: IPTV servis bileşeni GJA içeriğinde IMS kullanılmadan çalışmaktadır.

-GJA bazlı olmayan mimari: GJA mimarisine bağımlı olmayan mimaridir.

Aşağıdaki şekil IMS bazlı IPTV ve IMS bazlı olmayan IPTV nin kombine edilmiş fonksiyonel mimarisidir. Çekirdek IMS IPTV 'yi IMS fonksiyonları kullanarak

destekleyen anahtar fonksiyondur. IMS bazlı olmayan IPTV de ise IPTV Kontrolü IPTV için kullanılan bir fonksiyondur, özellikle GJA Servis Katmanı içindeki şu an ki servis kontrol fonksiyonları ile karşıtılırsa daha derin çalışma gerektiren bir konudur. Şekil 2.10'da gösterilmiştir. (YINGJIU ve diğ., 2007)



Şekil 2.10 İçerik Sağlayıcı ve OSS/BSS içeren GJA bazlı IPTV Mimarisi

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. ÇOKLU ORTAM UYGULAMALARI

##### 3.1.1. Akan Kayıt edilmiş Ses ve Video Uygulamaları

Bu tarz uygulamalarda, istemci sunucularda saklanmış olan sıkıştırılmış ses ve görüntü dosyalarına talip olur. Günümüzde binlerce internet sitesi (CNN, Microsoft Video ve Youtube gibi) bu hizmeti sunmaktadır. Bu uygulama sınıfları 3 farklı özelliği barındırır:

- Kayıt edilmiş Dosyalar: Daha önceden kayıt edilmiş mültimedya içerik sunucuda saklanmaktadır. İçerik önceden kayıt edildiği için kullanıcı yayını duraklatma, geriye sarma, hızlı ileri sarma veya indeksleme yapabilir. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için kullanıcının kabul edilebileceği süre 1 ila 10 saniye arasındadır.

- Akan Dosyalar: İstemci, sunucudan verinin birkaç saniyelik kısmını edindikten sonra içeriğin oynatılmasına başlamaktadır. Yani istemci sunucudan içeriğin daha sonraki bölümlerini indirirken oynatmaya devam etmektedir. Bu tekniğe duraksız işlem (streaming) denmektedir. Duraksız işlem, içeriğin tamamının indirilmesinin beklenmesi ve daha sonra oynatılmaya başlanması gibi uzun sürecek bir gecikmeyi engellemektedir.

- Sürekli Oynatma: Mültimedya içerik oynatılmaya başladıktan sonra kayıt edildiği gerçek zamanında oynatılmak zorundadır. Bu yüzden veri zamanında istemciye ulaşmalıdır yoksa can sıkıcı tamponlama gecikmesini çekmek zorundadır. Kayıt edilmiş içerikler sürekli oynatma gereklilikleri olmasına rağmen sondan sona gecikme kıstasları canlı ve etkileşimli içeriklere göre daha gevşektir.

### 3.1.2. Akan Canlı Ses ve Video

Bu tür uygulamalar geleneksel radyo ve televizyon yayınına benzer yalnızca internet üzerinden yayın yapılır. Dünyanın herhangi bir köşesinden yapılan canlı yayını kullanıcı alabilir. Bu uygulamalar genellikle internet radyosu veya IPTV olarak adlandırılır.

Canlı ses/video yayınları kayıt edilmiş olmadığı için hızlı ileri sarma işlemi mümkün değildir. Fakat yerel kayıt imkanı ( izleyen cihaz veya bilgisayarın kayıt ortamlarına yayın izlenirken kaydedildiği için) durdurma ve geriye sarma gibi fonksiyonlar yerine getirilebilir. Sürekli oynatma gereklidir fakat zamanlama kısıtları gerçek zamanlı uygulamalardan daha gevşektir. On saniye civarı gecikmeler kullanıcı tarafından tolere edilebilir.

### 3.1.3. Gerçek Zamanlı Ses ve Video

Bu tür uygulamalar kişilerin birbirleriyle ses ve video aracılığıyla gerçek zamanlı olarak görüşmesine olanak sağlar. İnternet üzerinden gerçek zamanlı ses iletimi İnternet Telefonculuğu olarak adlandırılır. Çünkü kullanıcı tarafından geleneksel devre seçmeli geleneksel telefondan farklı değildir. İnternet telefonculuğu PBX (Private Branch Exchange) imkanı sunabilmesinin yanında geleneksel telefon sistemlerinin sunmadığı; kişinin hatta olup olmadığı, grup iletişimi, kullanıcı filtreleme(istenmeyen kişileri bloklama) web-telefon entegrasyonu (normal telefon hattı ile internetteki bir kullanıcının görüşebilmesi) birçok teknolojiyi sunmaktadır. Piyasada bir sürü bu hizmeti veren servis sağlayıcı vardır.(Skype, Netmeeting, Polycom'un ürünleri) Birçok kullanıcının aynı anda yaptığı bir konferansta bir kullanıcının yaptığı konuşma veya hareketin karşı taraflara iletilmesi için geçmesi gereken süre birkaç yüz milisaniyeden fazla olmamalıdır. Ses aktarımı için 150 milisaniyeden daha kısa gecikmeler karşı taraftaki kullanıcılar tarafından fark edilmez. 150 ila 400 ms gecikme kabul edilebilir fakat 400 ms den büyük gecikmeler anlaşılamayan kopuk konuşmalar olarak karşı tarafta algılanır.



### 3.2.1. Bugünkü İnternet'te Çoklu ortam'ın önündeki Engeller

Günümüzde, İnternet en iyi çaba (best-effort) şeklinde bütün datagramları taşımaktadır. Yani bir datagramın karşı tarafa belli bir süre içerisinde ulaşımı için kesin bir garanti hiçbir zaman verilemez. Aynı zamanda paket gecikmesinin değişimi için de garanti verilemez. TCP ve UDP, IP protokolü üzerinde çalıştığı için, iki protokol de gecikme garantisi veremez. Zamanında iletim için herhangi bir tekniği olmadığı için İnternet üzerinde başarılı bir Çokluortam iletimi oldukça zorlayıcı olmaktadır. Tıkanıklık(congestion) olmadığı sürece şu anda akan kayıt edilmiş ses ve video uygulamalarında gecikme 5 ila 10 saniyeler düzeyindedir.

İnternet telefonu ve gerçek zamanlı etkileşimli video çok geniş kullanım alanına sahiptir; örnek olarak herhangi bir zamanda rutin olarak 7 milyondan fazla kullanıcı çevrimiçidir. Gerçek zamanlı etkileşimli ses ve video, paket gecikmesi ve paket gecikme değişimi açısından çok katı kısıtlara tabidir. Paket gecikme değişimi, aynı paket akışı içerisindeki paket gecikmelerinin değişimidir. Geniş bir bant genişliği ve düşük gecikme ve paket gecikme değişimi'nin olduğu ortamda çok iyi ve kesintisiz çalışır ama ortalama bir tıkanıklığa sahip bir bağlantıda kabul edilemeyecek kadar bozulabilir.

Çoklu ortam uygulamalarında eğer birinci sınıf ve ikinci sınıf İnternet servisleri olsa ve sayıca daha az olan 1.sınıf paketler daha yüksek önceliğe sahip olsalar ve yönlendiricilerden ona göre iletilseler daha doğru olabilirdi. Bu şekilde öncelikli servisler gecikmeye duyarlı servisler için kurtarıcı olabilirdi. Fakat İnternet'te tamamen eşitlik esastır ve hiçbir paket yönlendirici kuyruklarında öncelik alamaz. Ne kadar paranız olsa ve ne kadar önemli de olsanız sıraya girip beklemek zorundasınız. İleri ki bölümlerde bu durumu çözmek için uygulanmaya çalışılan yöntemlerden bahsedilecektir. Bizim doktora çalışmamız da bu problemi ortadan kaldırmaya yönelik bir çözüm sunmaktadır.

Dolayısıyla bu durumda mühendisler en iyi çaba servisi ile bir şeyler yapmak zorundadırlar. Elimizdeki kıstaslara bakılırsa bazı tasarım kararları verip, birkaç küçük numara ile kullanıcının deneyimi arttırılabilir. Mesela ses ve video TCP yerine UDP ile gönderilerek TCP'nin yavaş bağlantı açma sürecinden ve düşük üretilen iş(throughput) performansından etkilenmemek mümkündür. İstemcideki oynatım süresine 100 ms eklense ağdan kaynaklı paket gecikme değişimi engellenebilir.

### **3.2.2. Kayıt Edilmiş Ses ve Videonun Akışı**

Kayıt edilmiş ses ve videonun akışının sağlanması için günümüzde normal web sunucuları ve/veya bu iş için özel tasarlanmış akış sunucuları kullanılmaktadır. İstemci isteğinde sunucu bir socket aracılığıyla istemciye ses/video dosyasını yollar. TCP ve UDP protokollerinin her ikisi de kullanılacağı gibi genellikle günümüzde TCP kullanılmaktadır.(UDP yi çoğu ateş duvarları bloke etmektedir. TCP birçok kere yeniden paketlerin gönderilmesini gerektirse de UDP nin paketlerin ulaştırılmasını garantileyememesi yüzünden tercih edilmektedir) Bazı sistemler alınan dosya üzerinde atlamalar, durdurma yeniden başlatma işlemleri yaptırma özelliği sunmaktadır.

Kullanıcı etkileşimini sağlamak için RTSP (gerçek zamanlı akış protokolü) adlı toplum domenindeki protokol kullanılmaktadır.

### **3.2.3. Gerçek Zamanlı Akış Protokolü (RTSP)**

Çoğu internet çoklu ortam kullanıcısı seyrettiği yayında ileri-geri atlama, durdurma, devam ettirme gibi işlemleri (eski VHS kullanıcıları olduklarından) yapmak istemektedirler. Bu özelliklerin kullanılabilmesi için, oynatma ve kontrol bilgilerinin istemci ve sunucu arasında iletilmesi gerekmektedir. RFC 2326 ile tanımlanmış olan RTSP bu tarz bir protokoldür.

RTSP,

-Ses ve video için sıkıştırma şekilleri içermez

-Ses ve videonun paketler içerisinde nasıl enkapsüle edildiği ile ilgilenmez. Bu işi RTP veya başka özel protokoller yapar.

-Hangi taşıma protokolü kullanıldığı ile ilgilenmez. Hem TCP hem UDP kullanılabilir.

-Ortam oynatıcısının akan içeriği nasıl tamponladığı ile ilgilenmez. Yani içeriğin indirilmeye başlamasından hemen sonra mı, bir süre gecikme ile mi yoksa bütün içeriği istemciye indirilmesi sonrası mı oynatmaya başlanacağı ile ilgilenmez.

Öbür taraftan RTSP akışın iletiminin kontrol edilmesini, yani önceden belirtilen işlemlerin yapılması için ortam oynatıcısına destek verir. RTSP mesajları band dışı gönderilir fakat içerik RTSP de paket yapısı belirtilmediği için band içidir. Mesajlar içerik verisi haricinde 544 numaralı porttan gönderilir.

### **3.2. EN İYİ ÇABA SERVİSİNİN SINIRLARI**

Tekrar En iyi Çaba servisine dönülürse; daha önce bahsedilen Servis Kalitesi parametrelerinden paket gecikmesi, aşırı sondan-sona gecikme, paket gecikme değişimine biraz daha detaylı girilecektir. Bu konularda daha açık bir kanı oluşturabilmek için internet telefonu teknolojisi örneği üzerinden gidilecektir.

Konuşmacı, internet telefonunu kullanırken, aralıklı konuşmaların ve sessizliğin olduğu bir ses sinyali oluşturacaktır. Bant genişliğini korumak için internet telefonu uygulaması sade konuşma olduğu zaman paket üretecektir. Konuşma süresince gönderici saniyede 8000 bayt üretecektir ve 20 ms de bir bu veriyi parçalar halinde gönderecektir. Böylece her parçadaki bayt miktarı  $20 \text{ ms} / 8000 \text{ bayt/s} = 160 \text{ bayt}$  olacaktır. Her parçaya özel bir başlık kısmı eklenecektir. Başlık ve parça UDP ile sarmalanıp 20 ms'de bir gönderilmektedir.

Eğer her paket kullanıcıya ulaşırsa ki sabit bir sondan-sona gecikmesi vardır; kullanıcı karşı taraftan konuşma olduğu sürece, 20 ms de bir paket alacaktır. Bu ideal koşullarda 20 ms'de bir gelen paketler oynatılacaktır. Fakat maalesef bazı paketler kaybolacak ve bazılarının da sondan-sona gecikmesi az miktarda tıkanık bir bağlantıda bile

değişecektir. Bu durumda oynatıcı ne zaman bir parçayı oynatacağını ve kayıp bir parça olduğunda ne yapması gerektiğini belirlemelidir. (KUROSE ve ROSS, 2010)

### **3.2.1. Paket Kaybı**

Biraz önce bahsedilen UDP kesimi(segment), IP veribirimi(datagram) içine sarmalanmıştır. Veribirim ağ üzerinde gezinirken yol atayıcıdaki bazı tamponlara (kuyruklara) girmek zorundadır. Yol üzerindeki bazı tamponlar tam dolu olabilir bu yüzden veribirimini iletemeyebilir. Bu durumda IP veribirimi atılır ve alıcıya hiç ulaşmaz.

Kayıp UDP yerine TCP ile gönderilerek elimine edilebilir. Hatırlanırsa TCP yerine ulaşmayan paketleri yeniden yollamaktadır. Fakat özellikle internet telefonu gibi gerçek zamanlı uygulamalarda kabul edilemez bir durumdur çünkü sondan-sona gecikmeyi arttırmaktadır. Bu yüzden TCP tıkanıklık kontrolü sayesinde alıcının alış hızına göre paketlerin gönderim hızı gönderici tarafından düşürülüp paket kaybının engellenmesine çalışır. Bu konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine büyük bir darbe vermektedir. Bu yüzden en popüler servisler TCP değil UDP kullanarak paket kayıplarını önemsememektedir.

Paket kayıpları sanıldığı kadar felaket değildir. Yüzde 1 ila 20 arası kayıplar sesin nasıl sıkıştırıldığı veya taşındığına bağlı olarak tolere edilebilir. Mesela İleri Hata Düzeltme (FEC) kayıpları azaltmada kullanılabilir. Fazlalık paketler, orijinal paketlerle birlikte taşınarak, kaybolan orijinal paketler yerine fazlalık paketlerdeki bilgi ile yerine konabilir. Fakat tıkanıklığı yüksek olan ve kaybın yüzde 10 ila 20 arası olduğu durumlarda yapacak hiçbir şey yoktur. Açıklıkla görülebileceği gibi en iyi çaba servisinin kısıtlamaları vardır.

### **3.2.2. Sondan-sona Gecikme**

Sondan-sona gecikme iletim, işlem zamanı, kuyruk gecikmeleri, yolda geçen zaman ve son sistemdeki işlem zamanının toplamıdır. Örneğimizdeki gibi bir uygulamada 150

ms'den küçük toplam gecikme fark edilmez. 150 ila 400 ms arası gecikme kabul edilebilir olmasına rağmen ideal değildir ama 400 ms'nin üzerindeki toplam gecikme iletişimi ciddi oranda bozar. Genellikle 400 ms'nin üzerinde bir gecikme varsa sistem gelen paketleri atar yani efektif olarak bu paketler hiç kullanılmaz.

### 3.2.3. Paket Gecikme Değişimi

Sondan-sona gecikmenin en önemli bileşeni rastlantısal yol atayıcı kuyruk bekleme süreleridir. Bu yüzden kaynaktan çıkan paketlerin hedefe ulaşması arasındaki süreler paketten pakete farklılaşmaktadır. Bu olaya paket gecikme değişimi denmektedir.

Örnek olarak, 2 adet arka arkaya gönderilen paket olduğu düşünülürse, kaynak 2.paketi diğerinden 20 ms sonra göndermektedir. Fakat hedefte bu iki paketin alınması arasındaki aralık 20 ms'den fazla olmaktadır. Aynı şekilde 2.paket daha hızlı gelip aradaki süre 20 ms'den az da olabilmektedir. 2.paket aynı yol atayıcıya kuyrukta daha az bekleyen varken gelse ve 1.paket doluya yakın bir kuyruğa varsa, 2.paket kuyruktan daha çabuk çıkacağı için aralarındaki mesafe 20 ms'den az olacaktır. Bu durum karayolu ulaşımı ile ilişki kurularak benzetilirse 2 arkadaş 2 ayrı araçla İstanbul'dan Ankara'ya gitsinler. İki şoför de aynı kullanım tarzlarına sahip olsalar ve ikisi de sabit 100 km/s hızla gitseler, arkadaşın biri de diğerinden 1 saat önce yola çıkarsa, yolun trafik durumuna göre sonra çıkan araç arkadaşından 1 saatten fazla veya daha az sonra varabilir.

Eğer kaynak paket gecikme değişimini göz önüne almadan gelen parçaları geldikleri an oynatmaya çalışırsa, oluşan ses topluluğundan hedefteki kullanıcı konuşmayı anlayamamaktadır.

### 3.3. İNTERNET PROTOKOLÜ TELEVİZYONU VE ÇOKLU SERVİSLER

Önceki bölümlerde belirtilen internet telefonculuğu örneği İnternet Protokolü Televizyonu (bundan sonra IPTV denecektir) uygulamasının içindeki servislerden sadece biridir. IPTV üçlü oyun diye bahsedilen video, ses ve veri diye üç ayrı ana başlıkta toplanan sofistike bir çoklu ortam servisler topluluğudur. Bu üç ana başlığın her birinin altında birçok farklı uygulama hep beraber çalışmaktadır. Video anlamında daha önceki bölümlerde belirtilen Akan/kayıt edilmiş, gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan video ve bunların alt türleri, ses anlamında yine internet telefonu gibi gerçek zamanlı bir uygulama yanında kayıt edilmiş sesin oynatılması, veri anlamında geleneksel internet hizmetlerinin yanında, uygulamaların mesajlaşması ve en iyi çaba servisleri gibi oldukça geniş bir servisler topluluğu ile uğraşılması gerekmektedir. Bahsedilen uygulamaların belli kapasitesi olan bir internet bağlantısı üzerinden birbirilerini fazla baltalamadan yürütülmesi için zamanlama ve ilkelendirme mekanizmaları gerekmektedir.

### 3.4. ZAMANLAMA MEKANİZMALARI

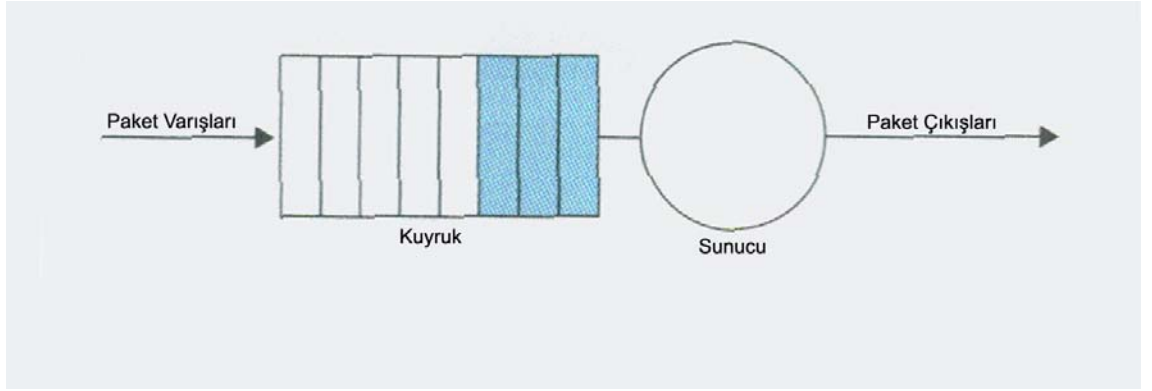
Farklı ağ akışlarının bir seçici sunucu tarafından belli kurallara göre bir sonraki linke gönderilmesi işine zamanlama mekanizması denmektedir. Aşağıda birkaç mekanizma detaylı olarak incelenecektir.

#### 3.4.1. İlk Giren İlk Çıkar (FIFO)

Eğer bağ o anda bir paketin iletilmesi ile meşgulse bağın çıkışındaki kuyruğa paketler gelir ve servis edilmeyi beklerler. Kuyruk sınırlı kapasitesi olan bir yapıdır. Yeni gelen paketler için kuyruқта yeteri kadar yer yoksa yani kuyruk doluysa kuyruğun paket atma ilkesi devreye girer ve paketin yok mu edileceği yoksa kuyruқта o sırada bekleyen başka bir paketin mi kuyruktan atılıp yeni gelen paketin boşalan yere alınması gerektiğini

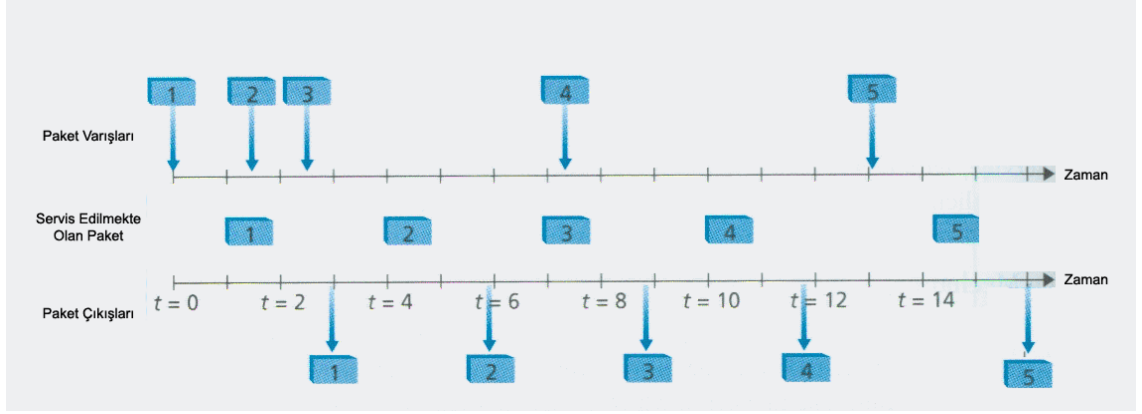
belirler. Burada bahsedilecek durumda paket atım işlemi önemsenmemektedir. Bir paket eğer bağına gönderilirse yani servis edilirse kuyruktan silinir ve kuyruktaki diğer bekleyenler kuyrukta ilerlerler.

Yani FIFO gelen paketleri geliş sıralarına göre servis eder. İlk gelen önceliklidir. Kuyruk yapısı gerçek hayatta hemen hemen her yerde (otobüs durakları, banka sıraları, self servis restoranlar) kullanılan yeni gelen kişinin sıranın en sonuna gittiği ve sıranın en başındakinin hizmet aldığı durumla aynıdır. Şekil 3.1’de kuyruğun soyut yapısı basitçe verilmiştir.



Şekil 3.1:FIFO Kuyruğu Yapısı

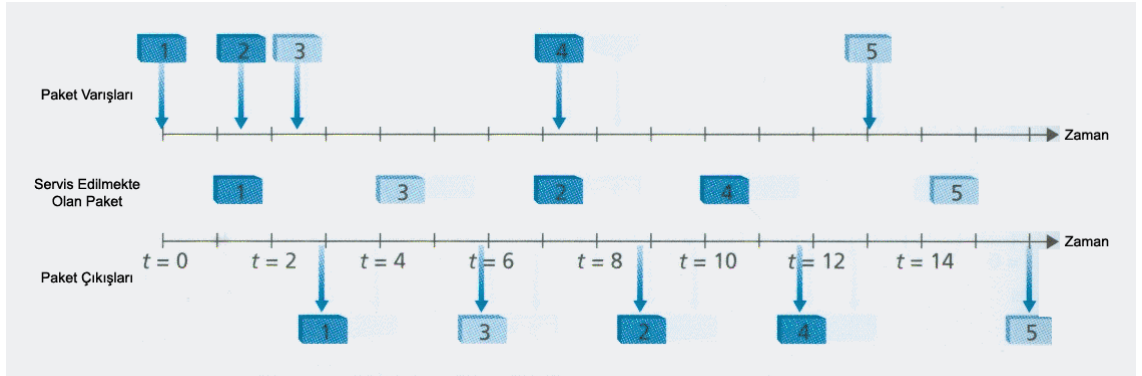
Şekil 3.2’de ise FIFO’nun çalışma prensibi verilmiştir. Paket numaraları numaralandırılmış oklarla hangi paketin hangi sıra ile geldiğini belirtir şekilde, zaman çizelgesinin üstünde belirtilmiştir. Bireysel paketlerin FIFO’dan servis edilmeleri de aşağıdaki zaman çizelgesinde gösterilmiştir. Paketin servis edilmesi için geçen süreler de iki zaman çizelgesi arasındaki kutucuklarda belirtilmiştir. Dikkat edilirse 4.paketin servis edilmesinden sonra bağı boşta kalmakta olup, 5.paketin kuyruğa gelmesi beklenmektedir.



Şekil 3.2: FIFO Kuyruğunun Çalışma Hali

### 3.4.2. Sırayla ve Ağırlıklı Adil Kuyruk

Sırayla kuyruk (round robin) disiplinde, paketler öncelik sırasına göre yerleştirilir. En basit durumda sırayla zamanlama da birinci sınıf paket iletilir, ardından ikinci sınıf paket iletilir. Daha sonra tekrar birinci sınıf ve ardından ikinci sınıf paket iletmeye devam edilir. Kuyrukta iletilecek paket olduğu müddetçe bu işlem devam eder. İş koruyucu sırayla disiplinde belirli bir sınıf aranır, ilgili sınıf bulunamazsa diğer sınıfın paketine geçilir. Aşağıda Şekil 3.3'te iki sınıf için disiplinin çalışma prensibi gösterilmiştir.

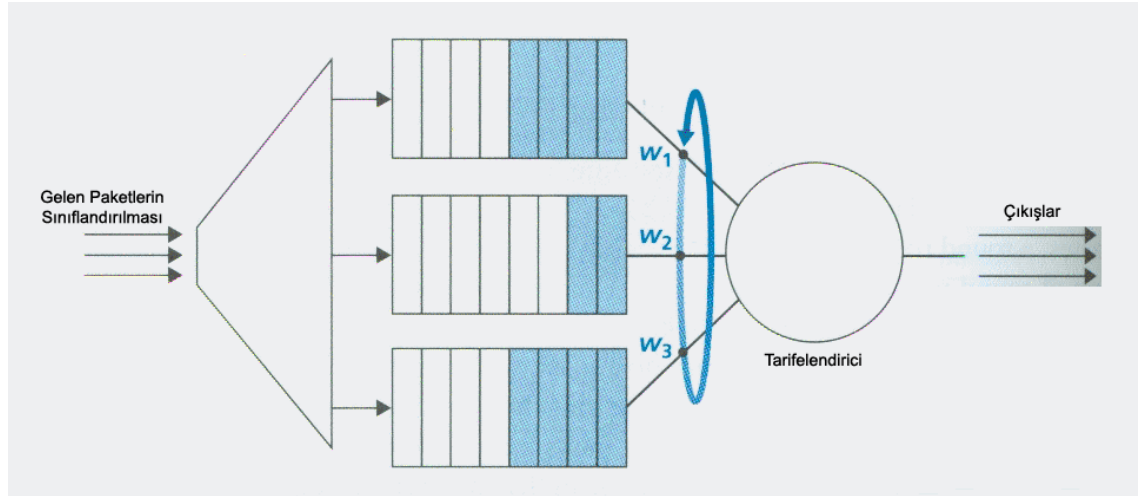


Şekil 3.3: İki Öncelik Sınıfı için Sırayla Disiplini Çalışma Hali



Şekil 3.3'te görüldüğü gibi paket 1,2,4 birinci sınıfa ait, paket 3 ve 5 ise ikinci sınıfa aittir. 1 nolu paket gelir gelmez iletmeye başlanır. 2 ve 3 nolu paketler o anda 1 nolu paket iletiildiği için kuyruğa atılırlar. 1 nolu paketin iletilmesini takiben sistem ikinci sınıf bir paket arar ve böylece 3 nolu paketi iletir. Sistem birinci sınıf paket arayacak ve 2 nolu paketi ileticek. Paket 2'nin iletiminden sonra 4 nolu paket kuyrukta bekleyen tek paket olduğu için 2 nolu paket gönderilir gönderilmez iletir.

Bu tekniğin genelleştirilmiş versiyonu Servis Kalitesi mimarilerinde Ağırlıklı Adil Kuyuklama(Weighted Fair Queuing)(AAK) disiplini olarak Demers(1990) ve Parekh(1993) tarafından sunulmuştur. Şekil 3.4'te AAK'nın diyagramı verilmiştir. Sisteme varan paketler kendi sınıflarına ait kuyuklara yerleşmekte ve AAK zamanlayıcısı tarafından dairesel olarak hizmet edilmektedir. İlk önce birinci sınıf,



Şekil 3.4: AAK'nın Yapısı

kabul edilmiştir) Tekrar dairesel olarak birinci sınıfa dönülür v.b. AAK iş koruyucu bir disiplin olduğu için boşta bir servis kuyruğu varsa otomatikman diğerine geçmektedir.

AAK, Sırayla sisteminden farklıdır çünkü her sınıf, belli bir zaman aralığında değişken hizmet alabilir. Özellikle belirtmek gerekirse, her sınıf  $i$  ile adlandırılırsa her  $i$  için bir ağırlık tanımlanır( $w_i$ ). AAK ile  $i$  sınıfı servisin  $w_i / \sum w_j$  lik kısmına sahip olmayı garantiler. Paydadaki kısım kuyrukta bekleyen paketi olan bütün sınıflardır. En kötü durumda bütün sınıfların kuyrukta paketi varsa bile aynı yukarıdaki oran kadar garanti bant genişliğine sahip olacaktır. Dolayısıyla R boyutunda bir iletim hızı olan bir hatta  $i$  sınıfı her zaman  $Rw_i / \sum w_j$  kadar bir çıktısı oluşacaktır. AAK günümüzde piyasa lideri firmaların yol atayıcılarında da kullanılmaktadır.

### 3.4.3. Planlama:Delik kova

Planlama(Policing), ağa herhangi bir akışın veya bir hizmet sınıfına ait paketlerin ağa iletim hızının ayarlanması olarak tanımlanabilir. Ama hangi bakış açıları planlanmalıdır. Üç parametre ön plandadır.

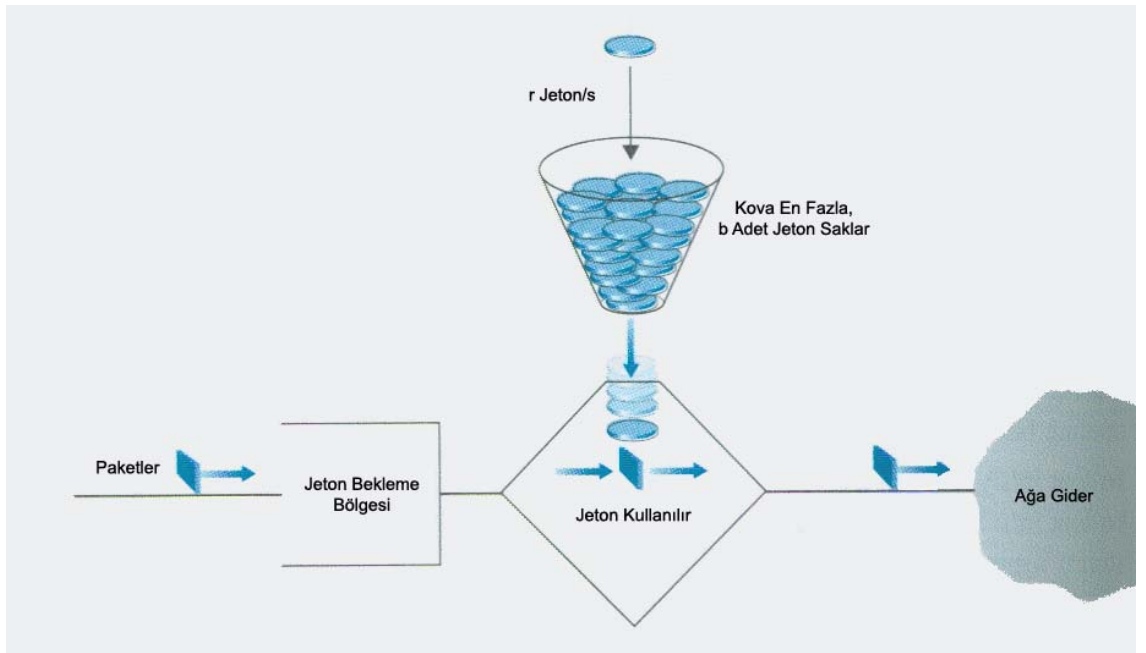
- **Ortalama oran:** Ağda belli bir zaman aralığındaki paketlerin sisteme salınmasının engellenmek istenmesi mümkündür. Ortalama oranın planlanmasının birim zaman aralığında yapılması çok önemlidir. Ortalama oranı saniyede 100 paket olan bir akış ile dakikada 6000 paket olan bir akıştan daha fazla sınırlanmıştır. Mesela ikinci bahsedilen akış birinci ile aynı ortalama oranı olmasına rağmen saniyede 1000 paket gönderebilme şansına sahipken birinci bahsedilen akışın bunu yapması mümkün değildir.

-**Doruk oranı:** Bu oran bir önceki ortalama oranın ortalama akışı etkilemesine rağmen, birim zamanda iletilebilecek paket sayısını kısıtlamaktadır. Önceki örneği tekrar kullanmak gerekirse, dakikada 6000 paket gönderebilen bir ağ saniyede 1500 paket göndermesi için sınırlanabilir.

-**Çoğuşma boyutu:** Aynı zamanda aşırı kısa sürede ağa iletilecek maksimum paket sayısını (çoğuşma) belirlenmesi istenebilir. Limitte bu aralık sifıra yaklaştığında çoğuşma boyutu ani olarak ağa iletilecek paket sayısını belirler. Çok küçük bir zamanda birçok paketin ağa iletilmesi fiziksel olarak mümkün olmasa da mutlak maksimum çoğuşma boyutunun belirlenmesi kullanışlıdır.

Delik kova mekanizması bu 3 kriterin mutlak hale getirilmesi sonucu oluşturulmuştur. Aşağıda şekil 3.5'te gösterildiği gibi bir kova b adet jeton tutabilen bir yapıdır. Bu kovaya eklenecek jetonlar saniyede r adet olarak belirlenir. Eğer yeni jeton üretilecek durumdayken kovada b adetten daha az jeton varsa, yeni gelen jeton kovaya eklenir. Diğer durumda yeni gelen jeton önemsenmez ve kova b jeton ile dolu olarak devam eder.

Şimdi delik kovanın bu jetonları nasıl kullandığına bakılırsa; bir paket ağa geldiği zaman kovadan bir jeton kaldırır. Eğer kova boşsa paket yeni gelecek jetonu bekler. (Alternatif olarak bu paket kaybolmuş kabul edilir ve ağdan atılır. Ama bu durumda bekleyeceği kabul edilmiştir) Kovada her zaman en fazla b adet jeton olduğu için en büyük çoğuşma boyutu b paketlik olacaktır. Jeton yaratılma aralığı r olduğu için herhangi bir zaman aralığında ağa girebilecek paket sayısı  $t = rt + b$  olacaktır. Dolayısıyla r uzun vadede ortalama oranı sınırlamak için kullanılır. İki adet seri delik kova akışın doruk oranını da planlamak için kullanılabilir.

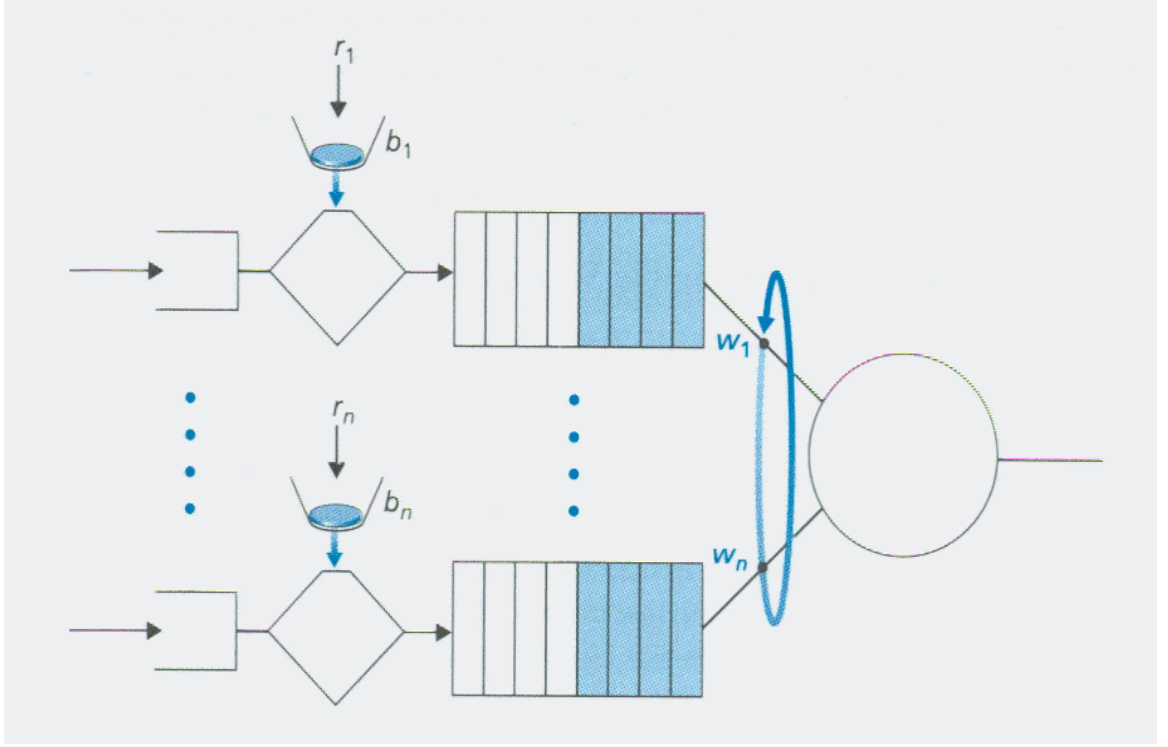


Şekil 3.5: Delik kova Planlayıcısı Çalışma Prensibi

Delik kova ve Ağırlıklı Adil Kuyruk sisteminin birleştirilmesi sonucu Bir kuyruktaki ispatlanabilir maksimum gecikme bulunabilir. Intserv ve Diffserv diye adlandırılmış olan yaklaşımlar da Delik kova ve AAK'nın önemli bir rolü olduğu gözlemlenmiştir. Bir yol atayıcının çıkışının n adet ayrı akış oluşturacak şekilde çoklanmış olduğu düşünülürse ve her akışın parametreleri  $b_i$  ve  $r_i$   $i=1, \dots, n$  olan bir akan kova ile planlanırsa ve AAK ile tarifelendirildiği bir durum aşağıda Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Önceki konularda bahsedildiği gibi AAK ile her akış eşit olarak hattan  $Rw_i / \sum w_j$  kadar bir pay almaktadır. R'nin birimi paket/saniyedir. Bu durumda bir paketin AAK ile servis edildiği durumda maruz kalacağı maksimum gecikme ne olacaktır diye bakılırsa şu durum söz konusudur: Birinci akışa bakılır. Kovadaki jetonlar baştan dolu kabul edilirse,  $b_1$  kadar çoğuşma birinci kovanın planlayıcısına ulaşır. Bu paketler bekleme yapmadan kovadaki bütün jetonları bekleme yapmadan siler ve AAK'nın birinci akış için olan bekleme alanına gelirler.  $B_1$  paketleri en az  $Rw_i / \sum w_j$  paket/s kadar hizmet alma hakkı olduğu için, bu paketlerin sonucusu maksimum gecikme  $d_{\max}$  olarak iletimin sonuna kadar aşağıdaki denklemdeki gibi olur;

$$d_{\max} = \frac{b_1}{Rw_1 / \sum w_j} \quad (3.1)$$



Şekil 3.6: AAK Tarifelendiricisine bağlı N adet Delik kovanın Yapısı

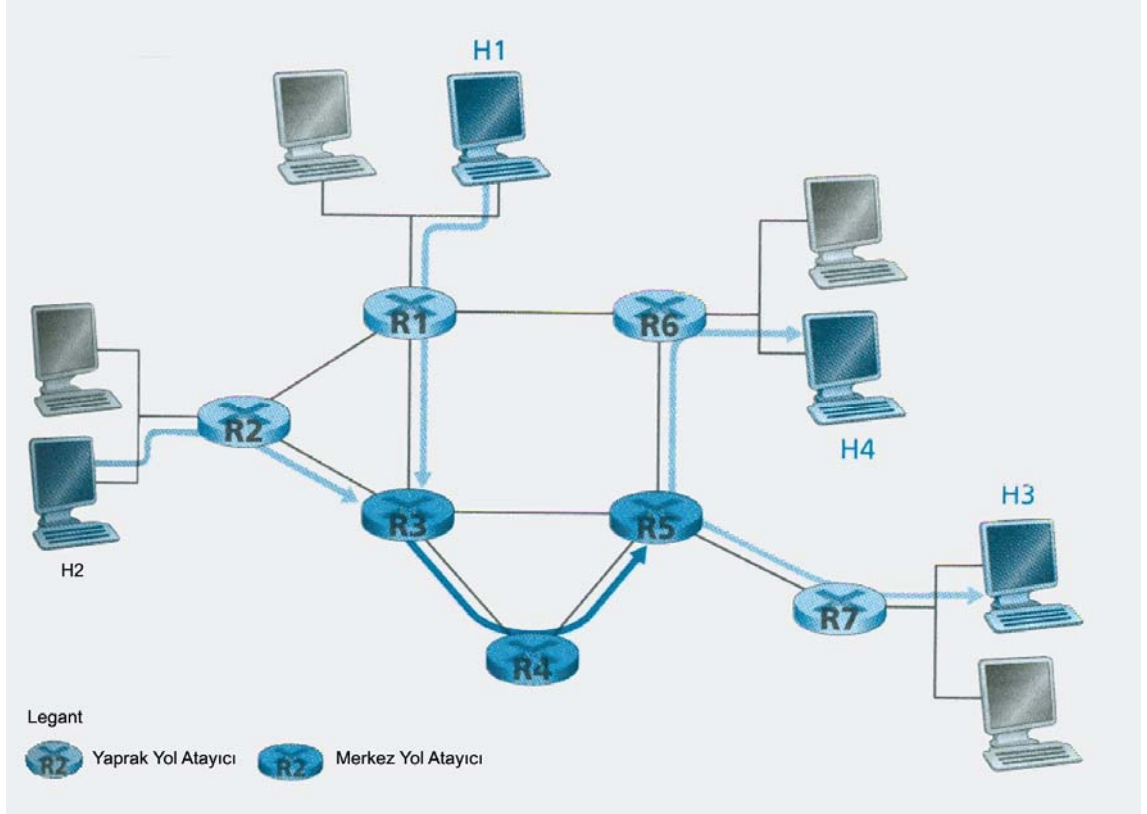
#### 3.4.4. Diffserv(Farklı Servis)

Internet üzerindeki Diffserv(Farklı Servis) (Kilkki, 1999) mimarisi farklı sınıftan servislerin farklı muamele görmesini sağlayan bir yapıdır. Bu işlemleri ölçeklenebilir ve esnek bir yapıda yapmaya çalışmaktadır. Internet üzerindeki ağ omurgası(backbone) üzerinde bulunan yol atayıcılar üzerinden geçen yüzbinlerce kaynak-hedef akışı geçmektedir. Bu yüzden ölçeklenebilir olması önemlidir. Bu durumda çalışabilmesi için hem ağ çekirdeğinde basit uygulanabilirlik için hem de ağdaki uç birimlerde kompleks işlemlerin de uyarlanabilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Esnek yapıya sahip olmasının gerekliliği de yeni servis sınıflarının ortaya çıkabilmesi ve eski sınıfların kullanım dışı olması yüzündendir. Farklı Servis isteminin esnek yapıya sahip olmasının sebebi sabit sınıf tanımlamalarının yapılmamasındandır. Farklı Servis, fonksiyonel bileşenler sağlayarak bu servisleri oluşturulmasını mümkün kılar.

Şekil 3.7’de mümkün olan bir sürü ağ örneğinden biri verilmiştir. Farklı servis mimarisi 2 farklı fonksiyonel eleman takımından oluşur:

- **Uç Fonksiyonlar: paket sınıflandırma ve trafik düzenleme.** Ağın giriş ucunda(ki bu ya bir Farklı Servis özelliği olan bir ana bilgisayardır ya da Farklı Servis özellikli ilk yol atayıcıdır) gelen paketler işaretlenir. Başka bir deyişle paketin başlık bölümündeki Farklı Servis (bundan böyle FS denecektir) alanına bir değer atanacaktır. Mesela şekil 3.7’de H1’den H3’e gönderilen paketler R1 olarak, H2’den H4’e gidenler de R2 olarak işaretlenbilir. Paketlere konan bu işaretler hangi servis sınıfına ait olduklarını gösterir.

- **Çekirdek Fonksiyon: yönlendirme.** Bir FS yolatayıcısına gelen paket sınıfına göre hoplama başına davranış denilen kurala göre yapması gereken bir sonraki hoplamasına doğru yönlendirilir. Trafiğin sınıfları arasındaki yarışmaya göre yol atayıcının tampon belleğinin doluluğuna ve bağlantının bant genişliğine göre hoplama başına davranış etkilenir. Bir yolatayıcının hoplama başına davranışını etkileyen tek şey paket işaretleridir. Böylece, eğer H1’den H3’e paket gönderiliyor ve H2’den H4’e gönderilen paketlerle aynı işarete sahip olduğu düşünülürse, yol atayıcılar bu paketleri eşdeğerde görüp H1 veya H2’den paketler arasında bir ayırım yapmaz. Mesela R3, H1 veya H2 den paketleri R4’e iletirken yine ayırım yapmaz. Dolayısıyla FS mimarisi hep kaynak-hedef çiftlerinin yolatayıcı durumlarını gereksizleştirir. Bu durum bölümün başında bahsedilen ölçeklenebilirlik için önemli bir adımdır.



Şekil 3.7: Basit bir Farklı Servis Örneği

#### 3.4.4.1. Farklı Servis Trafik Sınıflandırma ve Belirlenmesi

Şekil 3.8’de uç yol atayıcıdaki sınıflandırma ve paket işaretleme adımlarının mantıksal diagramı görülmektedir. Yol atayıcıya gelen paketler öncelikle sınıflandırılır. Sınıflandırıcı, paketleri başlık kısımlarındaki değerlere bakarak seçer (mesela, kaynak adresi, hedef adresi, kaynak port numarası, hedef port numarası ve protokol kimlik numarası gibi) ve paketi ilgili işaretleme fonksiyonuna gönderir. Paket numarası OPv4 veya IPv6 paket başlığındaki FS alanında saklanmaktadır. (Grossman, 2010) IPv4’teki servis tipi alanının yerine geçmiştir.

Şekil 3.8’deki Ölçme fonksiyonu, gelen paketlerin planlanan paketler olup olmadığını karşılaştırmaktır. (tıpkı daha önce değinilen delik kova mekanizmasındaki gibi) Yapılacak iş, yeniden işaretlemek, yönlendirmek, geciktirmek veya paketi düşürmektir.

Bu seçenekleri planlayacak olan ağ yöneticisidir, FS mimarisinin bu konu üzerinde etkisi yoktur.

#### 3.4.4.2. Hoplama Başına Davranış

Şu ana kadar belirtilen fonksiyonlar FS'nin uç fonksiyonlarıdır. Diğeri de başlıkta belirtilen HBD'dir. HBD şu şekilde tanımlanmıştır: “ FS eşdeğerine uyarlayan bir FS nodunun dışarıdan gözlenebilen yönlendirme davranışının tanımlanmasıdır.” (RFC 2475)

Şu anda iki farklı HBD tasarlanmıştır:

**-Hızlandırılmış Yönlendirme(expedited forwarding):** Bir yol atayıcıdan bir trafik sınıfın ayrılış oranının ayarlanmış oranı geçmesi veya eşit olması gerekmektedir. Yani, bir zaman aralığı içerisinde, çıkış oranının minimum ayarlanmış oranı geçecek veya en azından eşit olacak kadar bant genişliği garantilenmiş bir trafik sınıfı olması gerekmektedir. Kullanılan bağlantı ve yol atayıcı çok yoğun olsa da minimum bant genişliği HY için hep minimum oranını garanti edecektir.

**- Güvenli Yönlendirme(assured forwarding):** HBD daha komplekstir. GY trafiği 4 sınıfa ayırır, her GY sınıfında minimum oranda bant genişliği ve tamponlama için garantilenmiş yer ayrılmıştır. Her sınıf kendi içinde 3 ayrı düşme kategorisine ayrılmıştır. Bir sınıfta tıkanıklık oluşunca yolatayıcı düşme kategorisi değerine göre bir paketi düşürür. Her sınıfa ayrılmış kaynak değiştirildikçe değişik seviyelerde GY trafik sınıfı oluşmaktadır.

#### 3.4.5. Kaynak Rezervasyonu

Bir bağlantının kaynakları sürekli bulabilmesinin yolu o çağrıya kaynağı garanti etmektir. Bu işleme ağ jargonunda kaynak rezervasyonu(resource reservation) denmektedir. Kaynaklar bir kereliğine rezerve edilince, söz konusu çağrının süresi boyunca, diğer bağlantılar ne kadar kaynak isterse istesin; kendine rezerve edilmiş



kaynağı kullanır. Eğer çağrı  $x$  Mbps bant genişliğini rezerve etmişse ve  $x$ 'den fazla hiç kaynak kullanmazsa kayıp ve gecikme yaşamadan servis görür.

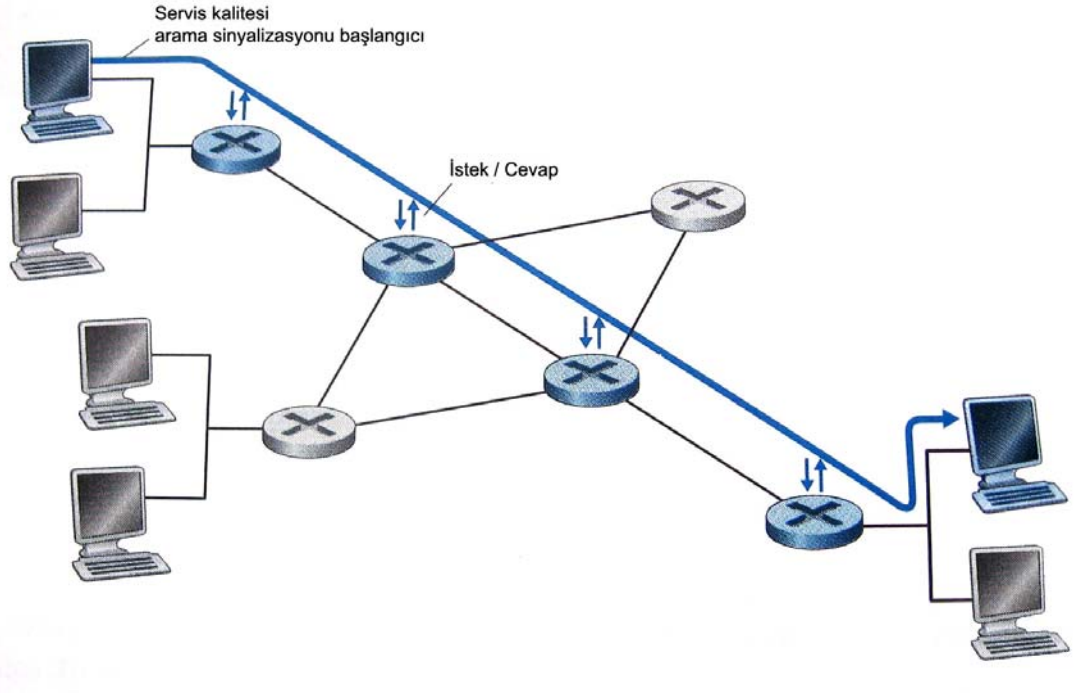
### 3.4.6. Çağrı Kabulü

Eğer kaynaklar rezerve edilecekse ağ, kaynağı isteyecek ve rezerve edecek olan mekanizmayı çalıştırır. Bu mekanizmaya çağrı kabulü(call admission) denmektedir. Kaynaklar sonsuz olmadığı için, eğer çağrı bir istekte bulunur ve yeterli kaynak bulunamazsa çağrı kabulü bloke edilir yani kabul edilmez.

### 3.4.7. Çağrı Oluşturma Sinyalizasyonu

Yukarıda bahsedilen çağrı kabulü için yol üzerindeki bütün yol atayıcıların hepsinde kaynak rezervasyonu yapılması baştan sona servis kalitesinin sağlanması için gereklidir. Her yol atayıcı kendi üzerindeki yüke bakarak ilgili çağrı için gerekli kaynağı belirlemelidir. Buna göre bu isteği karşılayacak kaynağı olup olmadığını ortaya çıkarmalıdır. Bu tarz değişik aktivitelerikoordine etmek için sinyalizasyon protokolüne ihtiyaç vardır. Bu protokole çağrı oluşturma protokolü denir. Şekil 3-8'de çağrı oluşturma prosesi verilmiştir.

-Trafik karakterizasyonu ve istenen servis kalitesi özelliklerinin belirlenmesi: İlk başta çağrı hangi servis kalitesi kriterlerini zorunlu kıldığını belirtmelidir. Intserv mimarisinde Rspec (R Rezervasyonun kısaltması olarak) (RFC 2215) bir çağrı tarafından istenen servis kalitesi kriterlerini ve Tspec(T Trafik'in kısaltması olarak)(RFC 2210) göndericinin ağa göndereceği veya alıcının ağdan kabul ettiği trafik miktarını belirler. Tspec ve Rspec in spesifik şekli istenen servise göre değişmektedir.



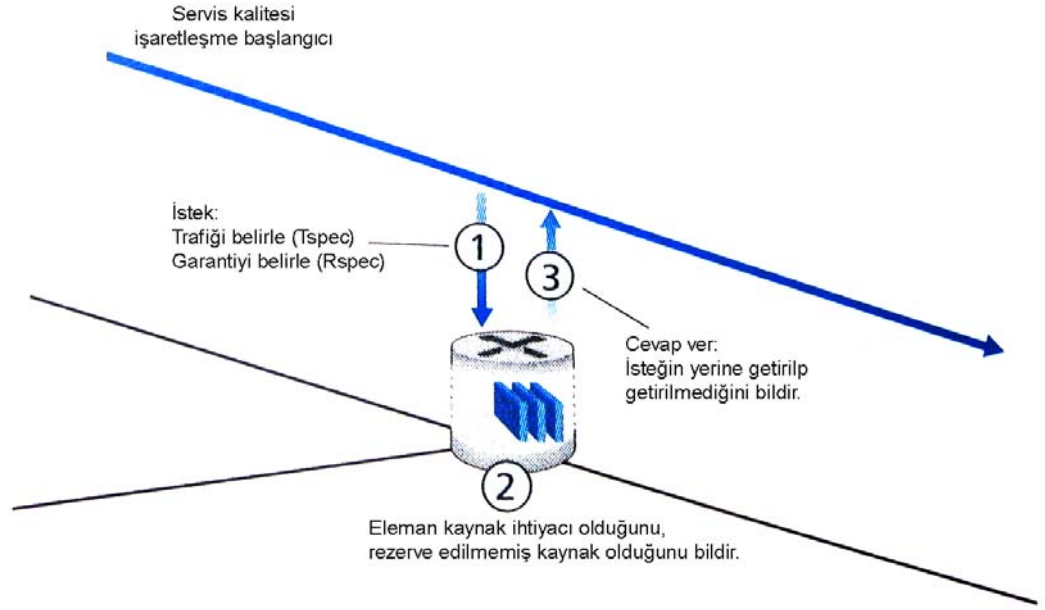
Şekil 3.8: Çağrı Oluşturma Prosesi

- Çağrı oluşturulmanın sinyalizasyonu: çağrı trafiği tanımlayıcısı ile servis kalitesi isteği çağrı isteğinin iletildiği bütün yol atayıcılara taşınmalıdır. İnternette RSVP protokolü ile gerçekleştirilmektedir. (RFC 2210)

-Eleman başına çağrı kabulü: Yol atayıcı, trafik özelliklerini ve servis kalitesi kriterlerini elde ettikten sonra, çağrıyı kabul edip etmemek için karar vermelidir. Şekil 3.9'da eleman başına çağrı kabulü mekanizması gösterilmiştir.

### 3.4.8. Intserv ve RSVP

Entegre Servisler(Intserv) mimarisi, IETF tarafından kişiselleştirilmiş servis kalitesini kişisel uygulamalar için sağlamaktadır. (RFC 2212) Intserv'ün yol atayıcılarda paketlerin yaşadığı gecikmelerin sağlam sınırlar içerisinde kalmasını sağlayan mekanizması vardır. Detayları oldukça karışık da olsa aslında temelinde basittir.



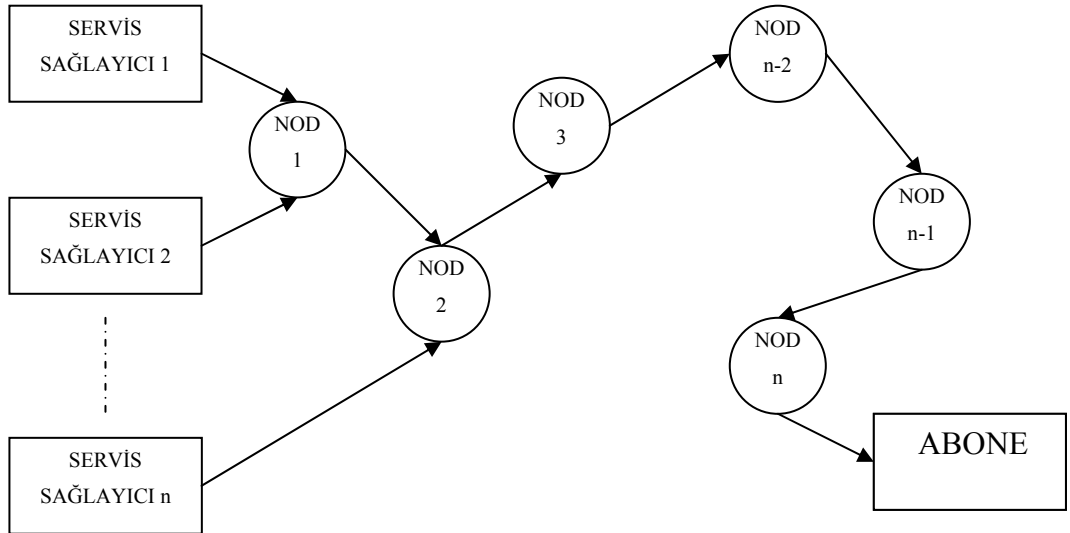
Şekil 3.8: Eleman başına çağrı kabulü

İlk yaklaşım, kaynağın trafik karakterizasyonunun delik kova ile  $(r,b)$  parametreleriyle karşılanmasıdır. İstenen servis için iletim oranı  $R$  dir. Oluşturulacak paket adedinin  $t$  zaman aralığında  $rt+b$  olacağı, kuyrukta bekletilen paketlerin en azından  $R$  bit/s hızla servis edileceği, en fazla kuyrukta bekleme süresinin  $R>r$  olduğu sürece  $b/R$  olacağı bilinmektedir. İkinci Intserv servisi kontrol edilmiş yük servsidir. Bu şekilde yükte olmayan bir ağ elemanına yakın miktarda servis kalitesi sağlanacağını iddia etmektedir.

Kaynak Rezervasyonu Protokolü (RSVP) (Zhang ve diğ., 1993) Intserv için çağrı sinyalizasyonunun sağlanması için kullanılan internet sinyalizasyon protokolüdür. RSVP, Diffserv'de veri akışları için uygulamalara bant genişliği rezervasyonu imkanı sağlayan bir protokoldür. Aynı zamanda yol atayıcılar RSVP sayesinde bant genişliği rezervasyon isteklerini de yönlendirirler. RSVP'nin uygulanması için, RSVP yazılımının

### 3.5. ÖZGÜN TARİFELENDİRME ALGORİTMASI

Bu tezde özgün tarifelendirme algoritması önerilmektedir. Bu algorithmada merkezdeki bir internet protokolü televizyonu servis sağlayıcısı diğer servis sağlayıcılarla birlikte ağa 5 adet farklı öncelikli paket grubundan gerçek zamanlı olarak paketler göndermektedir. Asıl ilgilenilen servis sağlayıcıdan gönderilen paketlerin (ki bu paketler direk aboneye gönderilen hizmet paketleridir) birçok noddan geçip aboneye gidişi durumunda ne olacağı ile ilgilenilmektedir. Servis sağlayıcı ile abone arasındaki yolun daha önceden belirlenmiş bir yol olduğunu kabul ederek çalışılmaktadır. Şekil 3.11'de örnek ağın topolojisi görülmektedir. İlgilenilen Servis Sağlayıcı 1 ile Abone arasındaki noddan paketler geçerken diğer servis sağlayıcılardan da gelen yine 5 farklı öncelik sınıfına sahip olan paketlerin geçtiği ortak noddarda yarattıkları yüke rağmen nasıl davranacağı üzerine çalışılmaktadır. Algoritmanın planlama ve tarifelendirme yöntemi ile mümkün olduğunca adil olarak minimum gecikme, paket gecikme değişimi ve paket kaybı elde ederek aynı abonenin hem sıradan internet kullanımı, hem internet üzerinden sesli görüşme(VOIP), hem de Internet Televizyonu hizmetlerinden mümkün olduğunca iyi servis kalitesi ile yararlanmasıdır.



Şekil 3.11: Üzerinde çalışılan ağın topolojisi

Şekil 3.11’de bahsedilen nodlar, internet üzerinde bulunan yol atayıcılarıdır. Bu yol atayıcılara şekil 3.12’de belirtildiği formatta ip paketleri gelmektedir.

Paketin Öncelik Sınıfı	Paketin Akış içerisindeki ID Numarası	Paketin Hesaplanan Kredisi	Kaynak ve Abone adres Bilgileri	Veri
------------------------------	---	----------------------------------	---------------------------------------	------

Şekil 3.12:Ağda kullanılan ip paketinin içeriği

Paketlerin geliş yoğunluğu Poisson dağılıma göre olmaktadır. Poisson dağılımındaki  $\lambda$  birim zamanda ortalama bir paketin geliş adedi olarak Poisson olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir(Perros,2009):

$$p(n) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}, n = 0,1,2,\dots \quad (3.2)$$

-e, doğal logaritmanın tabanı ( $e = 2.71828\dots$ );

-n, olasılığı fonksiyon ile verilmekte olan olayın ortaya çıkma sayısı;

- $\lambda$  verilen sabit aralıkta ortaya çıkma sayısının beklenen değeri; bir pozitif gerçel sayı.

İki paketin gelişi arasında olay üstel olarak dağılımlı olup ortalaması  $\frac{1}{\lambda}$  olacaktır.

Artarda gelecek aynı servis sınıfının 2 paketi arasında boş geçecek süre ise üstel dağılıma uygun olarak dağılacaklardır. Üstel dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x; \lambda) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (3.3)$$

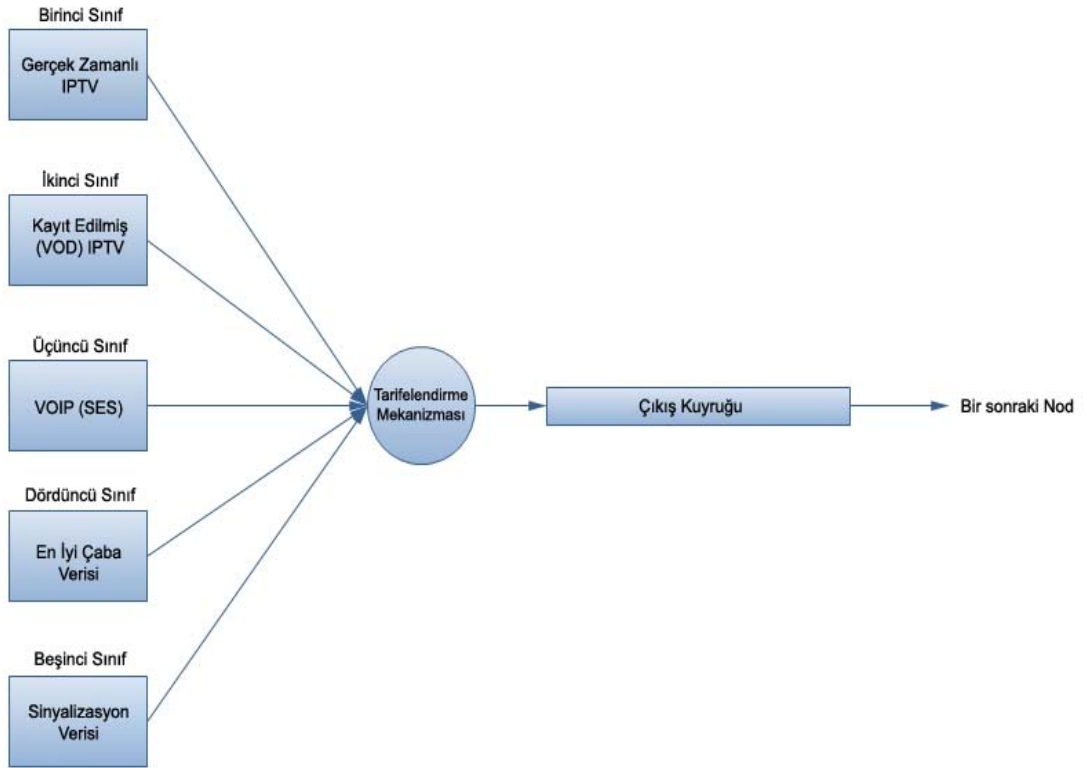
Beklenen değeri  $\mu$  olan üstel sayıları üretme yolu;

$$r = -\mu \ln(\text{uni}) \quad (3.4)$$

-uni: uniform dağılımla üretilmiş (0,1) arasında rastgele gerçel sayı

Bu şekilde her öncelik sınıfının paketleri gerçek zamanlı internette olacak şekilde ayarlanmıştır.

Şekil 3.13'teki tarifelendirme mekanizmasında her bir nodun (yol atayıcının) içeriğinin şematize hali görülmektedir. 5 adet öncelik sınıfımızın AAK'da olduğu gibi ayrı ayrı kuyrukları bulunmaktadır. İlgili kuyruқта eğer yer varsa gelen paket kuyruğa yerleşir ve servis edilmeyi bekler.



Şekil 3.13: Tarifelendirme Mekanizması

Birinci öncelik sınıfı gerçek zamanlı internet televizyonu yayınıdır. Örnek olarak, canlı bir futbol maçı verilebilir. Kesintiye ve paket kayıplarına en çok maruz kalan sınıf budur. Genellikle bu sınıf hep en fazla öncelik verilerek işlenmeye çalışılır fakat hep en düşük sınıflar çok fazla ezilerek yapılmaya çalışılır. Düşük sınıflarda aşırı gecikmeler, çok büyük paket gecikme değişimi değerleri ve oldukça paket kaybı ile sonuçlanmaktadır. Bizim çalışmamızda düşük sınıflarda çok fazla ezilmemektedir.

İkinci öncelik sınıfı ise daha önceden kaydedilmiş sonradan istendiğinde oynatılabilen video dosyalarıdır. Bunların ileri,geri sarma dondurma vs. gibi özellikleri bulunmaktadır. Bu öncelik sınıfında paket gecikme değişimi ve gecikme birinci sınıf kadar öncelikli olmasa da paket sayısı olarak birinci öncelikli sınıftan fazladır.

Üçüncü öncelik sınıfına ise internet üzerinden sesli telefon görüşmesi dahildir. Bu sınıf aslında ikinci öncelik sınıfına daha uygun düşebilir. Simülasyon sonuçları ile belki bu değiştirilebilir.

Dördüncü öncelik sınıfı ise en iyi çaba denilen yani bilinen internet trafiğini oluşturur. Normalde hiçbir servis kalitesi hizmeti verilmeyen bir sınıftır ve internet trafiğinin çoğunu oluşturur.

Beşinci öncelik sınıfı ise genel anlamda bütün internet trafiğinin doğru gidebilmesi için yapılan arka plandaki sinyalizasyon verisidir. Bağlantı açma, kapatma gibi işlemlerdir.

Bu paketler gelip kendi kuyruklarına yerleştikten sonra noddaki tarifelendirme algoritması sayesinde adil olarak çıkış kuyruğuna iletilmekte ve oradan da bir sonraki yol atayıcının ilgili öncelik kuyruklarına yerleşmek için gönderilmektedir.

Yoğunluk oranları olarak Nguyen ve diğ. (2009)'nin aldığı değerlerden esinlenilerek tablo 3.1'deki gibi belirlenmiştir.

Servis Sınıfları	1	2	3	4	5
Yoğunluk Oranları	%13	%16	%20.5	%23	%27.5
Paket Boyutları	Eşit	Eşit	Eşit	Eşit	Eşit

Tablo 3.1: Servis sınıflarının özellikleri

Tablo 3.1’de belirtildiği gibi servis sağlayıcıdan iletilen paketler ilk YA(yol atayıcı)’ya geldiğinde şekil 3.13’te belirtildiği gibi hangi servis sınıfında olduğunu YA paket sınıfı bölümüne bakarak anlar ve ilgili kuyruğa yerleştirir. Servis sağlayıcıdan çıkan paketler için önceden servis sağlayıcı tarafından kaç paket gönderileceği tahmini olarak YA lara her akışın birinci paketi ile gönderilir. Kuyruğa yerleşen paketin Kredisi ve o anki tahmin değeri üstel yumuşatma veya üstel ortalama denilen bir yöntemle sağlanır.

$$Est_{n+1}^i = \alpha(Est_n^i) + (1 - \alpha)RT_n \quad n=0,1,2,\dots \quad (3.5)$$

Üstel ortalama formülünde;

$Est_n^i$  : i. servis sınıfının n.paketi için tahmin edilen paket sayısı değeri

$\alpha$  : alfa yumuşatma katsayısı.  $0 < \alpha < 1$  arasında seçilir. Bu algorithmada 0.125 olarak seçilmiştir.

$RT_n$  : bulunulan ana kadar gerçekten YA ya iletilen paket sayısı



Tahmini değer hesaplandıktan sonra, paketin kredisi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Kredi_i^n = \frac{Est_{n-1}^i}{PC} + YedekKredi_{PC} \times EsikDeger_{PC} \quad n=0,1,2,\dots \quad (3.6)$$

$Est_{n-1}^i$  : i.servis sınıfının (n-1).paketi için tahmini değer

$YedekKredi_{PC}$  : Öncelik sınıfının o anki yedek kredi değeri

$EsikDeger_{PC}$  : Öncelik sınıfının o anki eşik değer miktarı

$PC$  : PC(Priority Class)(Öncelik sınıfı) sayı olarak

Yedek Kredi Tablosu(İlk değerler)	
Öncelik Sınıfı 1 (PC1)	10
Öncelik Sınıfı 2 (PC2)	8
Öncelik Sınıfı 3 (PC3)	6
Öncelik Sınıfı 4 (PC4)	4
Öncelik Sınıfı 5 (PC5)	2

Tablo 3.2:Yedek Kredi Tablosu

Tablo 3.2'de kredi hesabında kullanılan yedek kredi değişkenlerinin ilk durumları gözükmektedir.

Tablo 3.3.'de ise öncelik sınıfının birine ait bir paketin YA tarafından seçilip çıkış kuyruğuna atılması durumunda yedek kredi tablosunun nasıl güncelleneceği verilmiştir.

Yedek Kredi Güncelleme Tablosu					
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Öncelik Sınıfı 1 (PC1)'den bir paket seçildiyse	$\frac{(PC2+PC3+10) \times PS1}{2}$ $50 \cdot \text{Max}(\text{YedekKredi})$	$PC2 + 20$	$PC3 + 30$	$PC4 + 40$	$PC5 + 50$
Öncelik Sınıfı 2 (PC2)'den bir paket seçildiyse	$PC1 + 10$	$\frac{(PC3+PC4+20) \times PS2}{2}$ $50 \cdot \text{Max}(\text{YedekKredi})$	$PC3 + 30$	$PC4 + 40$	$PC5 + 50$
Öncelik Sınıfı 3 (PC3)'den bir paket seçildiyse	$PC1 + 10$	$PC2 + 20$	$\frac{(PC4+PC5+30) \times PS3}{2}$ $50 \cdot \text{Max}(\text{YedekKredi})$	$PC4 + 40$	$PC5 + 50$
Öncelik Sınıfı 4 (PC4)'den bir paket seçildiyse	$PC1 + 10$	$PC2 + 20$	$PC3 + 30$	$\frac{(PC3+PC5+40) \times PS4}{2}$ $50 \cdot \text{Max}(\text{YedekKredi})$	$PC5 + 50$
Öncelik Sınıfı 5 (PC5)'den bir paket seçildiyse	$PC1 + 10$	$PC2 + 20$	$PC3 + 30$	$PC4 + 40$	$\frac{(PC3+PC4+50) \times PS5}{2}$ $50 \cdot \text{Max}(\text{YedekKredi})$

Tablo 3.3:Yedek Kredi Güncelleme Tablosu

$PS_n$  : n. öncelik sınıfı için ilk başta gönderilen tahmini paket sayısı

Eşik değer tablosunda yine yedek kredi gibi her servis sınıfı için bir değer bulunmaktadır ve bu değerler aşağıda belirtildiği gibi işleme konmaktadır.

Eşik Değer Artım Tablosu	
Öncelik Sınıfı 1 (PC1)	+11n
Öncelik Sınıfı 2 (PC2)	+7n
Öncelik Sınıfı 3 (PC3)	+4n
Öncelik Sınıfı 4 (PC4)	+2n
Öncelik Sınıfı 5 (PC5)	+1n

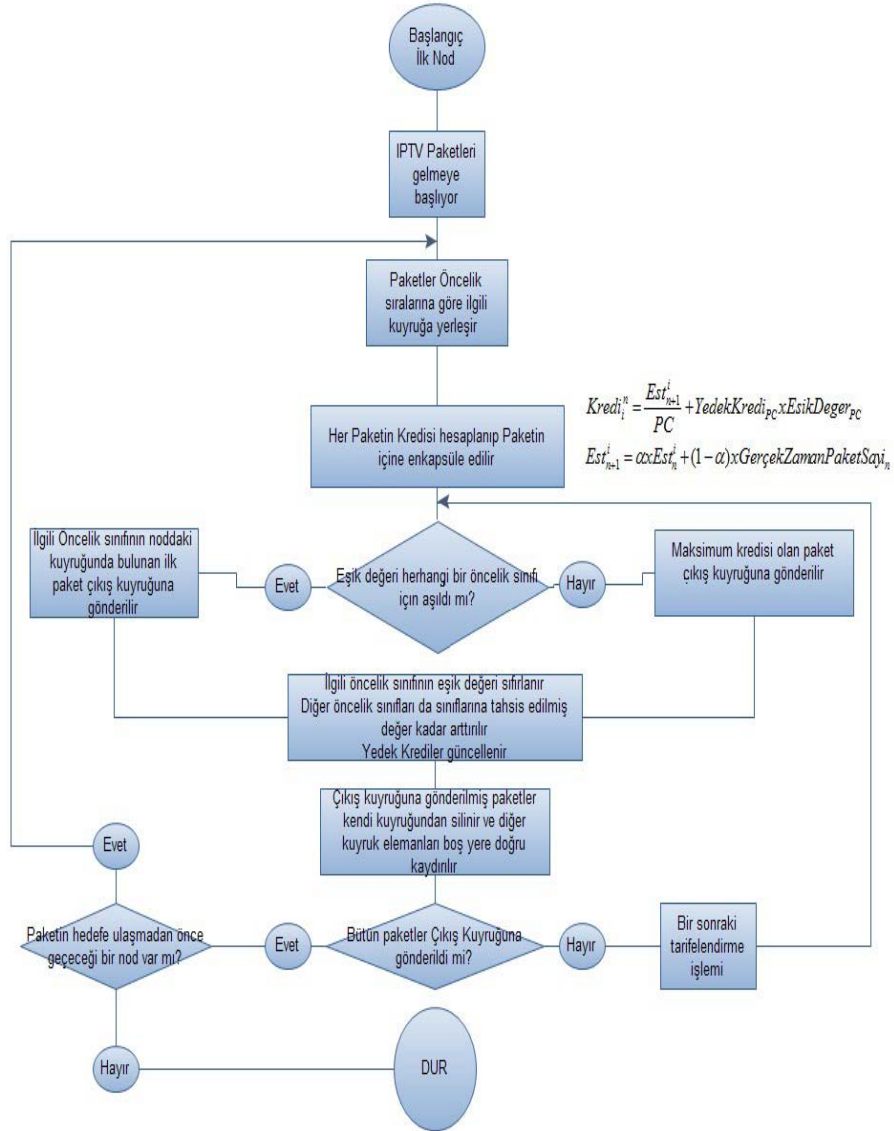
Tablo 3.4:Eşik Değer Artım Tablosu

Eşik değerler her bir servis sınıfı için sıfırdan başlar. Seçilen adayın eşik değeri tekrar sıfırlanır. Yönlendirilmeyen öncelik sınıflarının eşik değerleri Tablo 3.4'teki gibi arttırılır. Küçük n ile gösterilen sayı sıfırdan farklı bir doğal sayıdır. Bu artımlar sonucu herhangi bir öncelik sınıfının değeri  $35n$  olduğunda kredisine bakılmaksızın seçilerek çıkış kuyruğuna yönlendirilir ve eşik değeri yine sıfırlanır ve diğer sınıfların değerleri yine tablo 3.4'e göre güncellenir. Herhangi bir eşik değeri  $35n$ 'e ulaşmamışsa o an ki kuyruklarda bulunan ilk paketler arasında kredisi en yüksek olan paket seçilerek çıkış kuyruğuna iletilir.

Bütün paketler bu şekilde çıkış kuyruğuna iletdikten sonra bir sonraki YA'ya iletilir. Söz konusu YA aynı algoritmayı yine hem önceki YA'dan gelen paketler ve diğer bağlantılarından gelen paketlerle aynı şekilde geliş sıralarına göre kuyruklara yerleştirerek aynı işlemi yapmaya devam eder.

Bu işlem, kaynak servis sağlayıcı ile abone arasında gönderilecek paket ve üzerinden geçilecek bir YA kalmayana kadar devam eder.

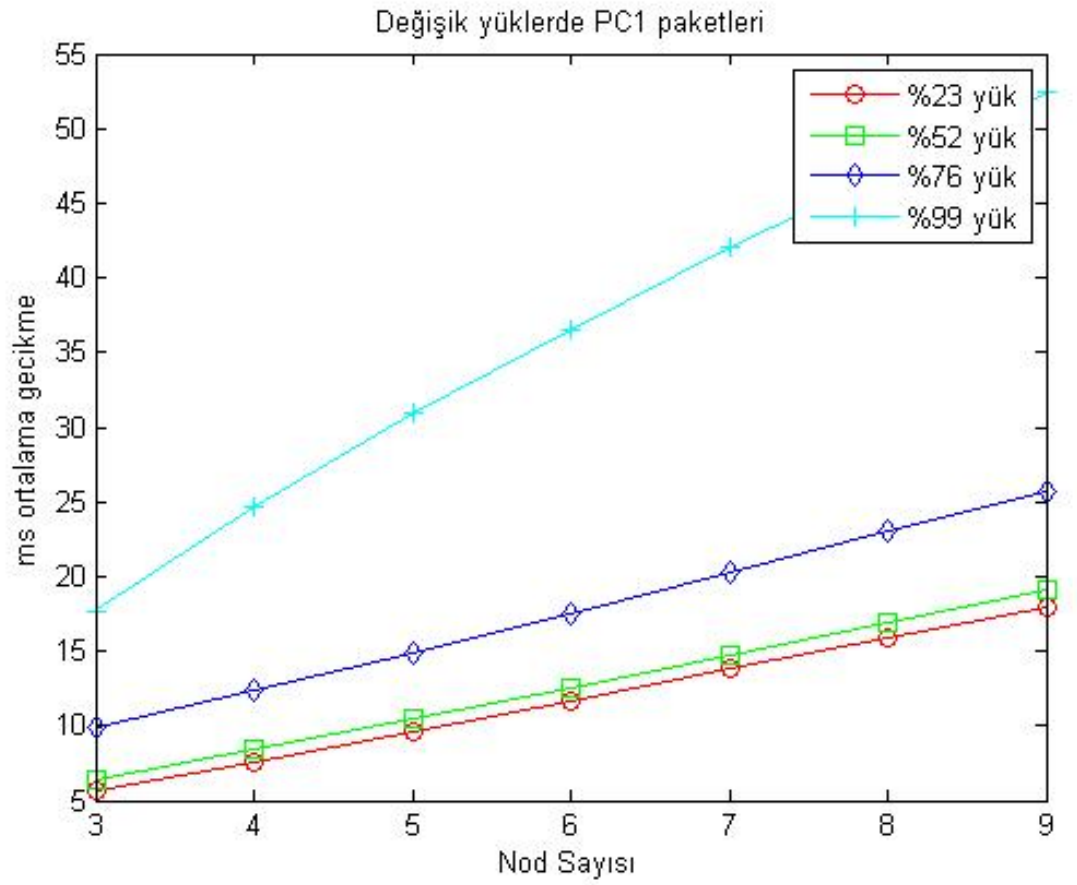
Şekil 3.14'te yukarıda izah edilen algoritmanın akış diyagramı verilmiştir.



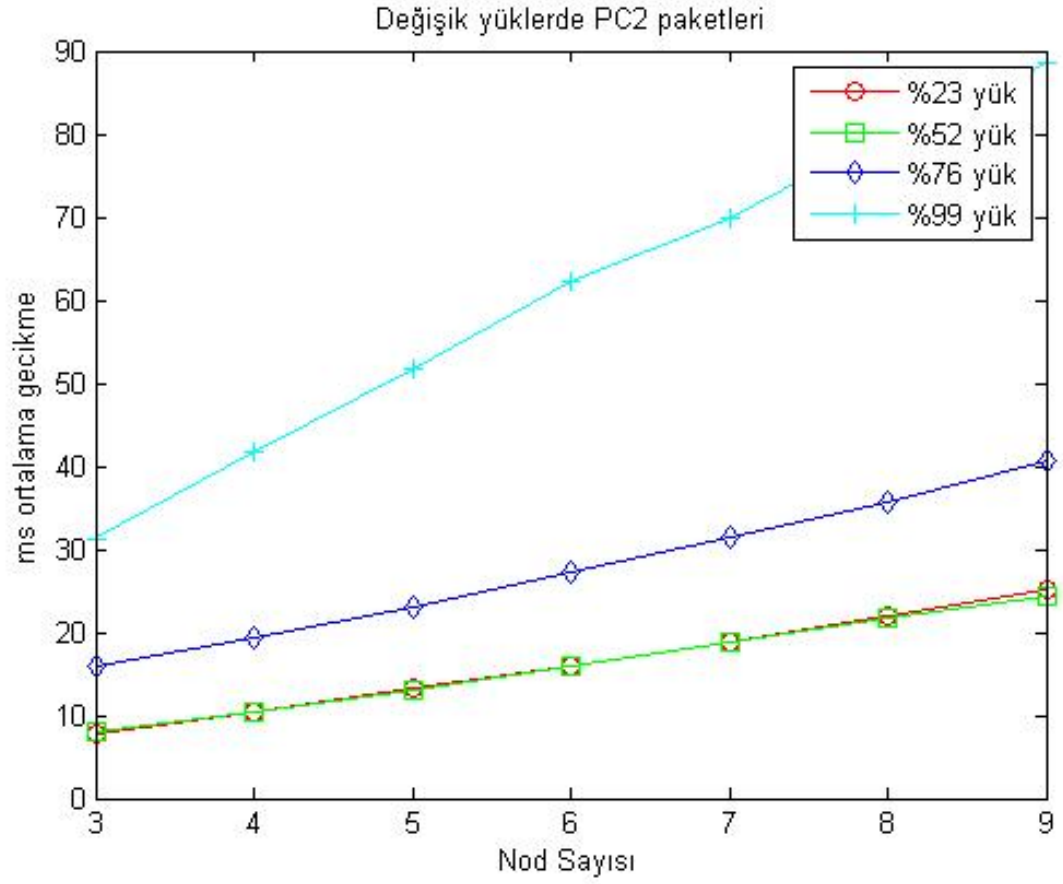
Şekil 3.14: Tariflendirme Algoritmasının Akış Diyagramı

## 4. BULGULAR

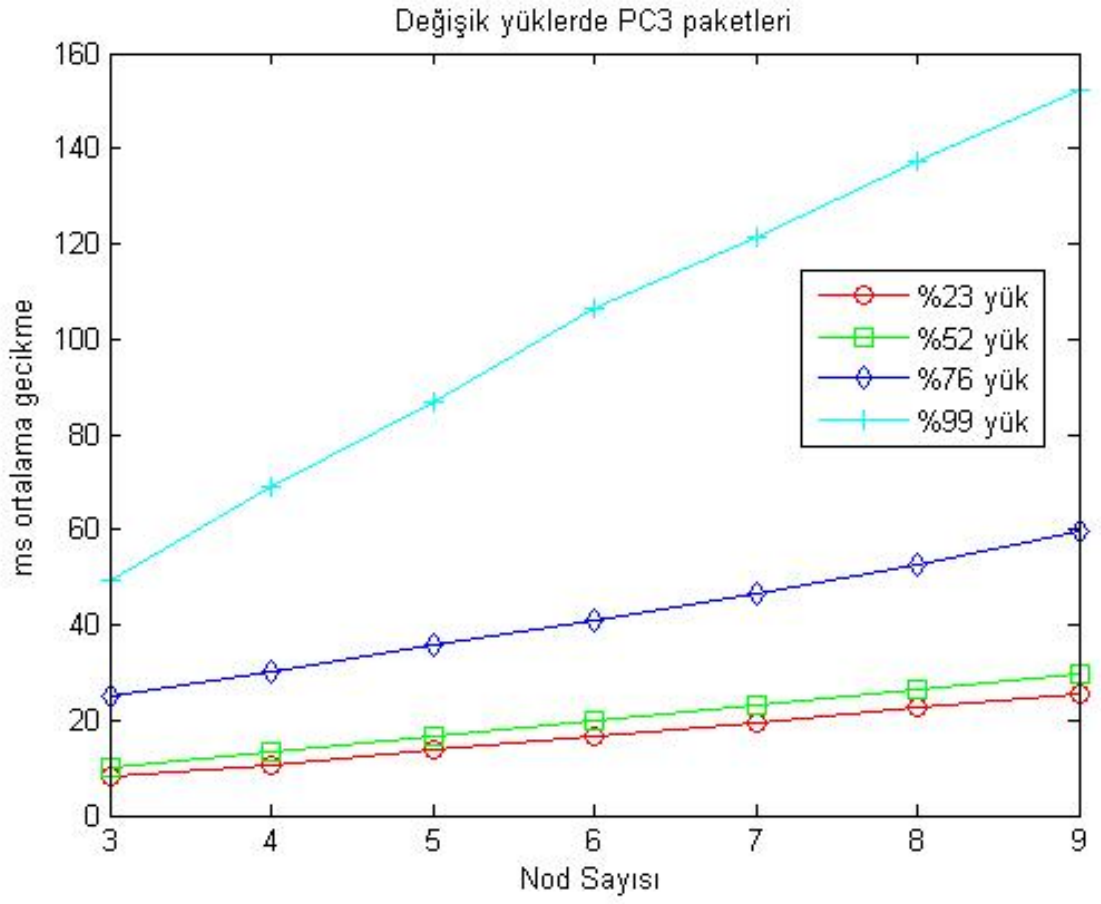
Bölüm 3.5'te bahsedilen özgün tariflendirme algoritmasının MATLAB programı ile simüle edilmesi sonucu aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.



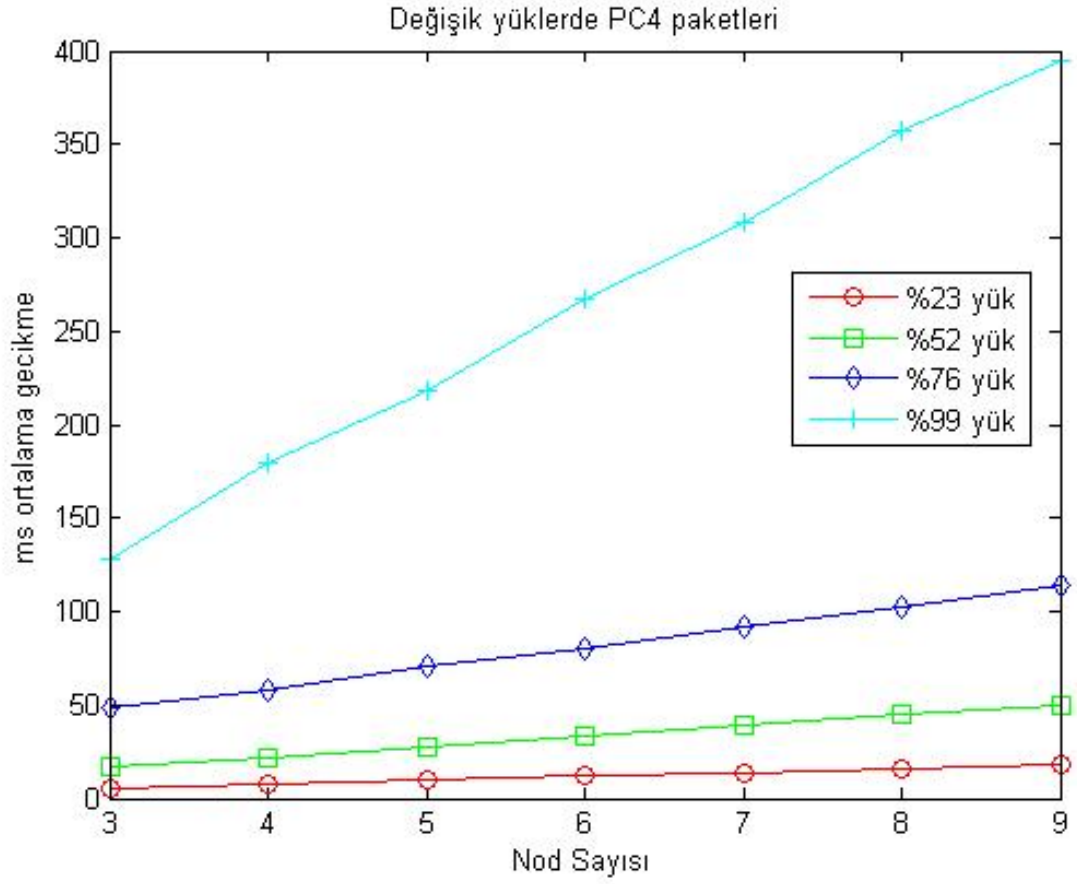
Şekil 4.1: Değişik yüklerde PC1 paketlerinin ortalama gecikmeleri



Şekil 4.2: Değişik yüklerde PC2 paketlerinin ortalama gecikmeleri

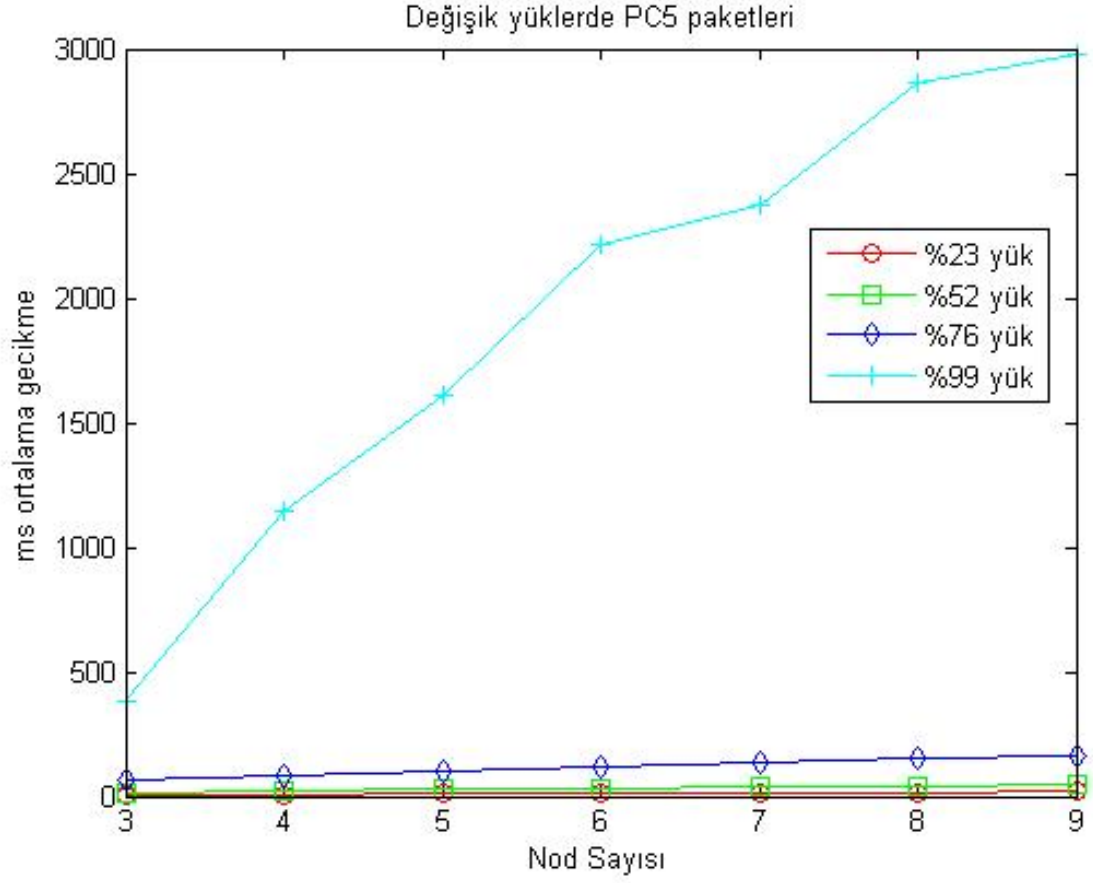


Şekil 4.3: Değişik yüklerde PC3 paketlerinin ortalama gecikmeleri

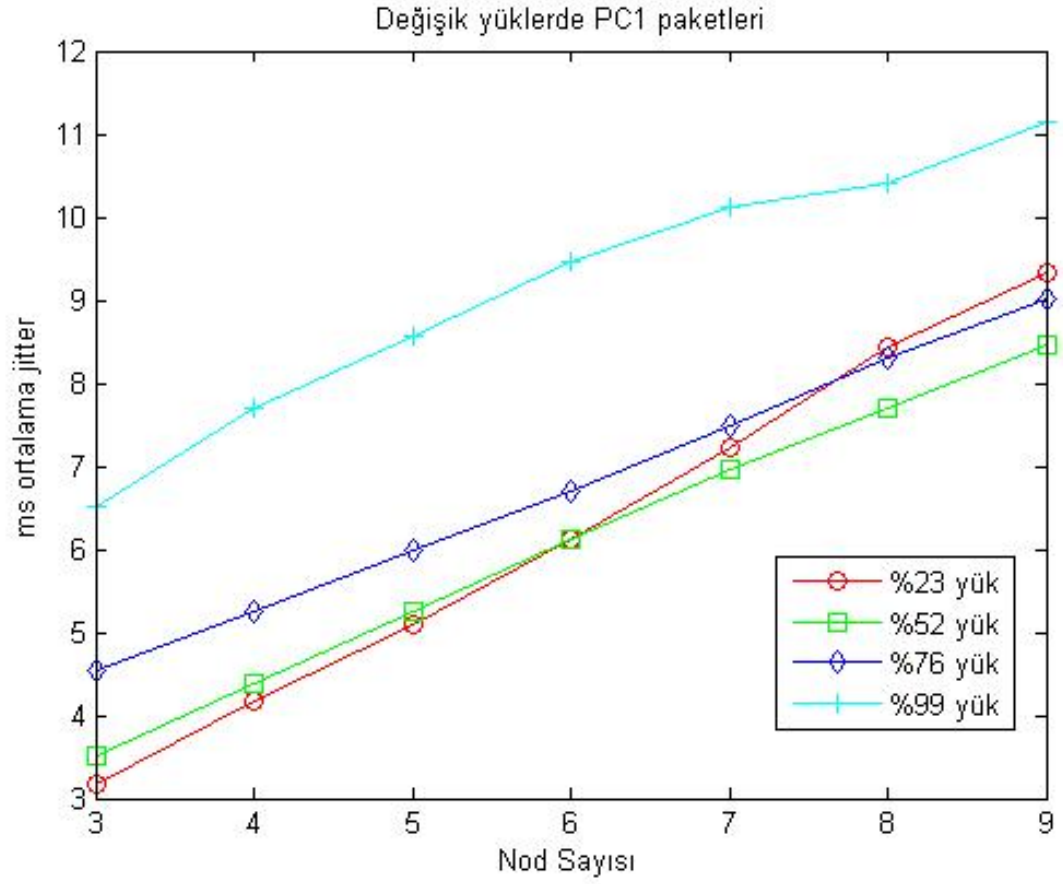


Şekil 4.4: Değişik yüklerde PC4 paketlerinin ortalama gecikmeleri

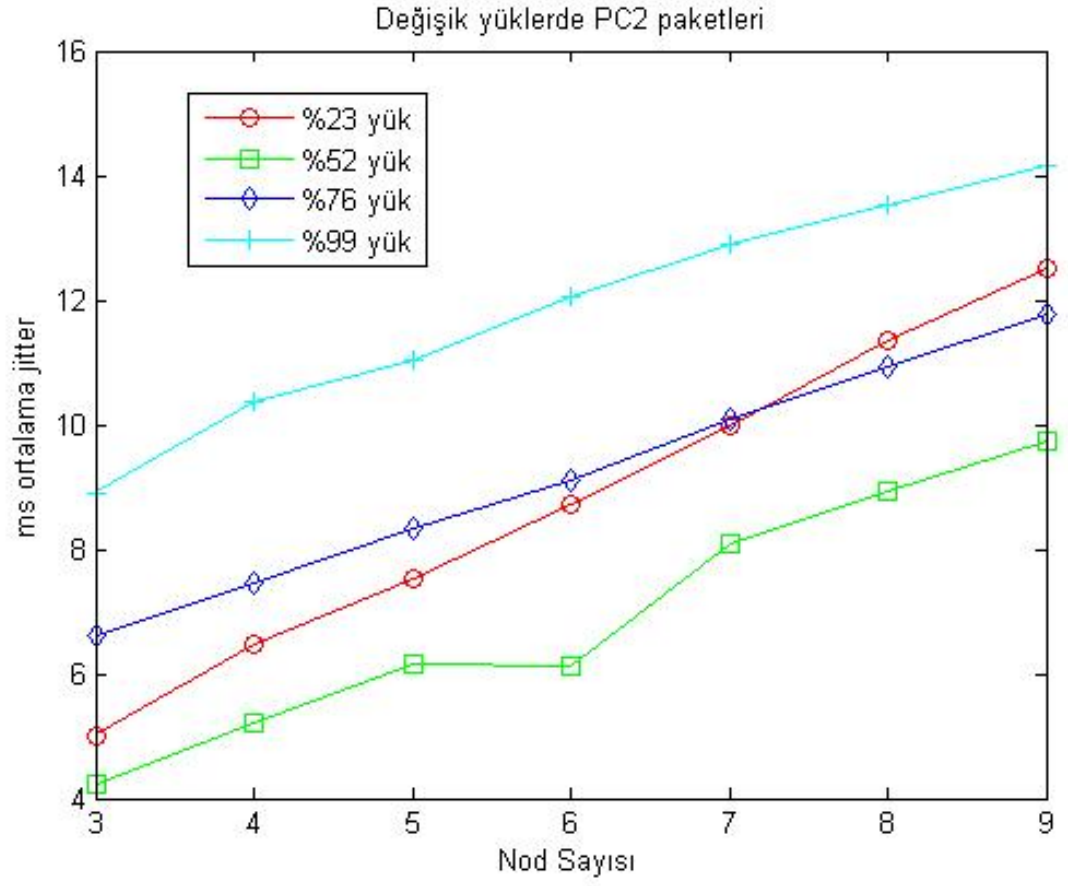




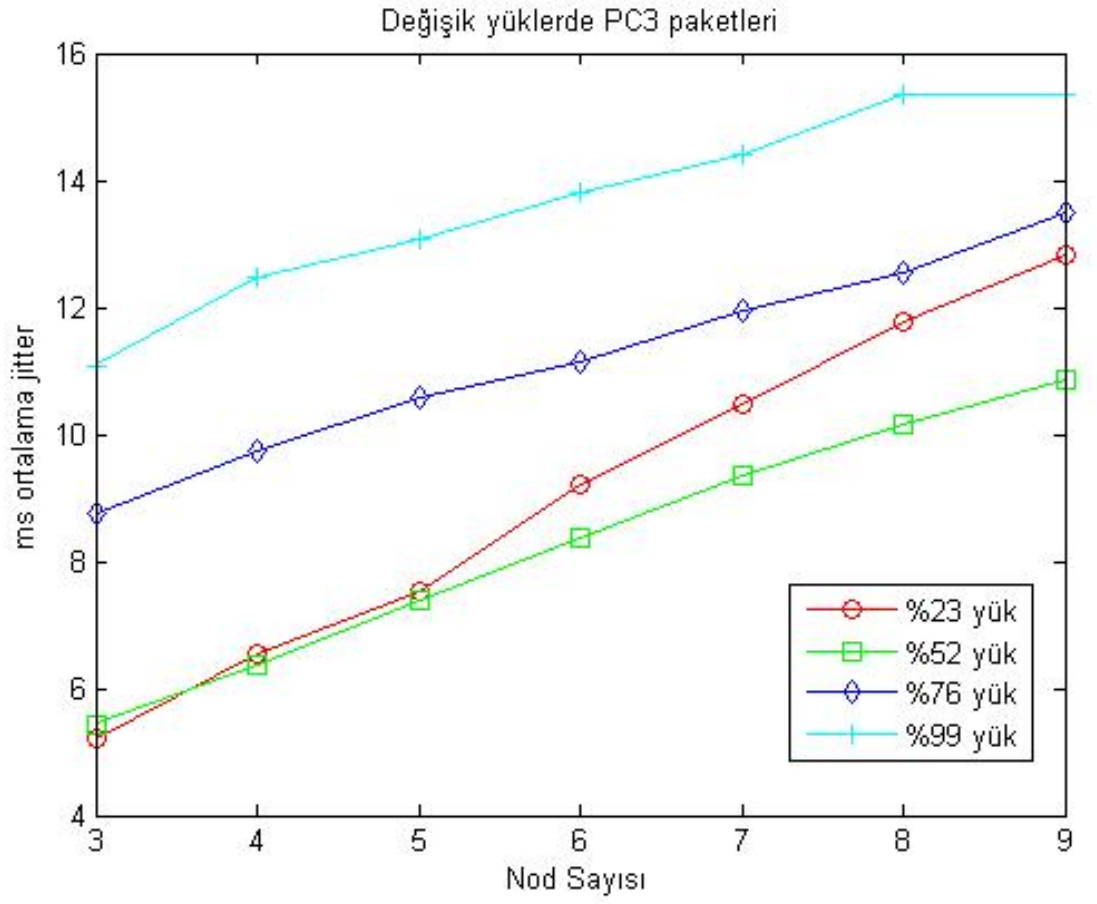
Şekil 4.5: Değişik yüklerde PC5 paketlerinin ortalama gecikmeleri



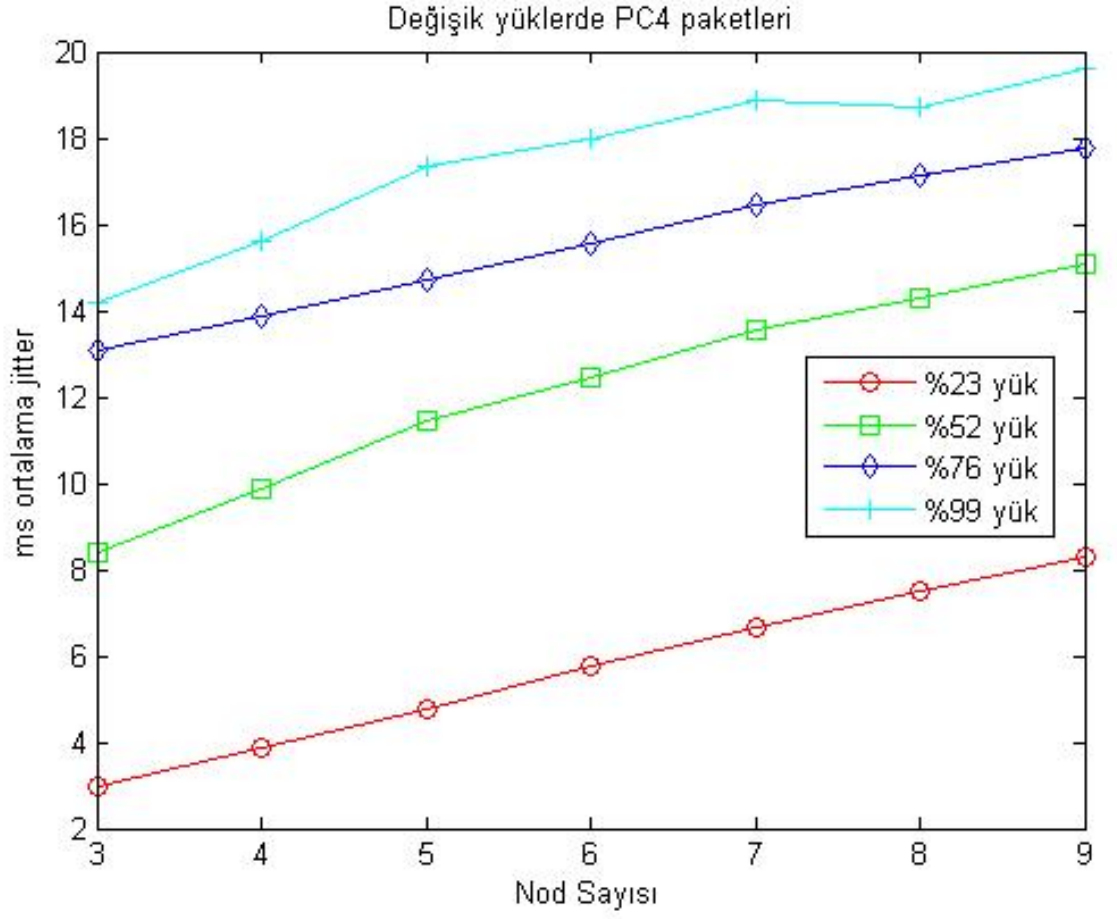
Şekil 4.6: Değişik yüklerde PC1 paketlerinin ortalama jitter miktarları



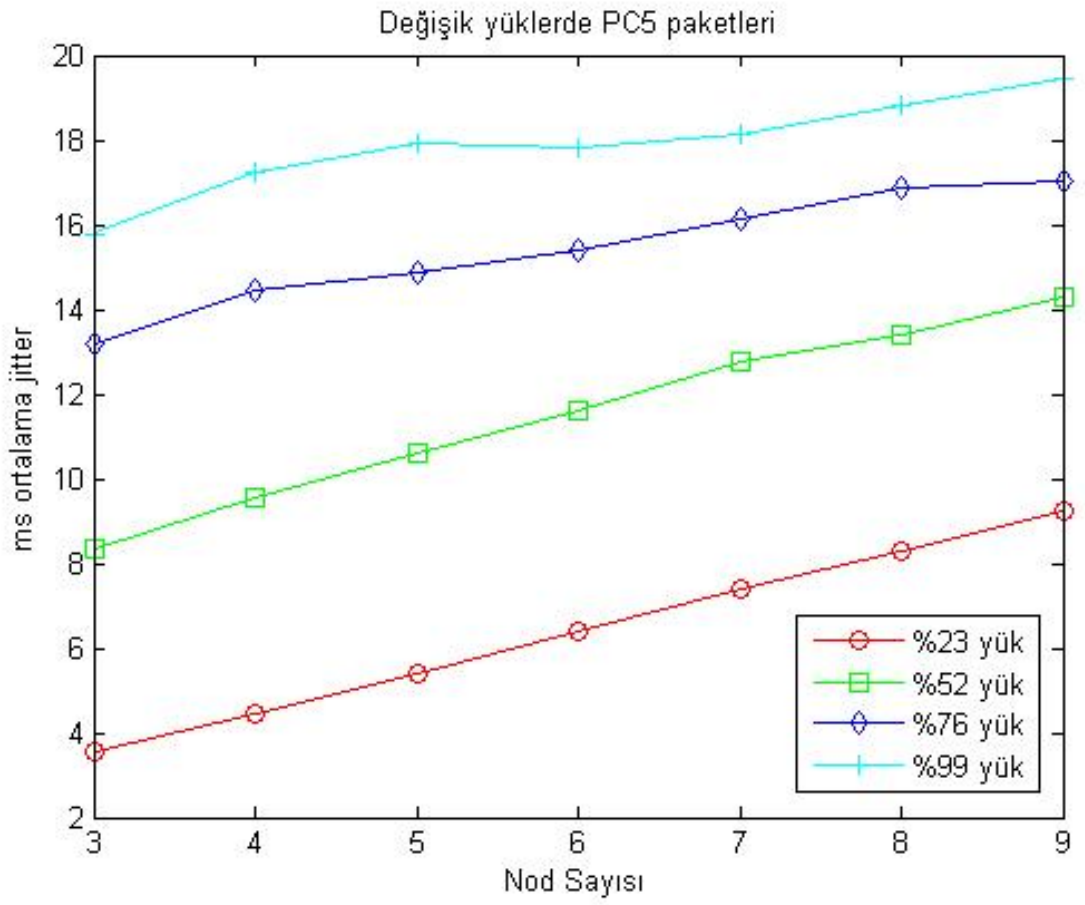
Şekil 4.7: Değişik yüklerde PC2 paketlerinin ortalama jitter miktarları



Şekil 4.8: Değişik yüklerde PC3 paketlerinin ortalama jitter miktarları



Şekil 4.9: Değişik yüklerde PC4 paketlerinin ortalama jitter miktarları



Şekil 4.10: Değişik yüklerde PC5 paketlerinin ortalama jitter miktarları

Değişik yük miktarları için her öncelik sınıfı arasında paketlerin ne kadar nod üzerinden geçtikten sonra ne oranda ortalama gecikmeye maruz kaldığını ve ortalama jitter değerlerinin ne olduğu grafiklerde verilmiştir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İnternet üzerinden birçok servisin yayınına imkan veren İnternet Protokolü Televizyonunun (IPTV) günümüz en iyi çaba servisi şeklinde verilen ip hizmetleri üzerinden verilmesinin ne kadar zorlayıcı olduğu daha önceki bölümlerde belirtilmiştir. Bu altyapı devam ettiği sürece servis kalitesi hep bir soru işareti ve çözülmesi gereken bir problem olarak kalacaktır.

Bu tezde de bahsedilen konu üzerinde yol atayıcıların biraz daha akıllı yapılar haline getirilmesi ile IPTV'nin karşısındaki en önemli problem olan gecikme, jitter ve paket kaybı konularında gelişme sağlanmıştır.

Birinci servis sınıfı için değişik yük miktarlarında gecikme ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, %76'ya kadar olan yük miktarlarında 25 ms nin altında ve %99 yükte ise nodlar arttıkça hızlı bir artış olmasına rağmen yine de 50 ms nin altında kalarak çok iyi bir performans sergilemiştir.

İkinci servis sınıfı için değişik yük miktarlarında gecikme ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, %23 ile %52 arasında neredeyse hiç fark olmadan 25 ms nin altında kalmış %76 için 17 ila 40 ms arasında kalmış, %99 için 30 ila 90 ms arasında değerler elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir.

Üçüncü servis sınıfı için değişik yük miktarlarında gecikme ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, %23 ile %52 arasında neredeyse hiç fark olmadan yine 25 ms nin altında kalmış %76 için 20 ila 60 ms arasında kalmış, %99 için 50 ila 150 ms arasında değerler elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir.

Dördüncü servis sınıfı için değişik yük miktarlarında gecikme ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, %23 yük miktarında 10 ms nin altında %52 yük miktarında 25 ms nin altında %76 için 50 ila 100 ms arasında kalmış, %99 için 125 ila 400 ms arasında değerler elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir.

Beşinci servis sınıfı için değişik yük miktarlarında gecikme ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, %76 yük miktarına kadar 100 ms nin altında kalmış %99 için ise şekil 4.5'te görüldüğü gibi 400 ila 3000 ms arasında değerler elde edilmiştir. Bu sınıf için tam yoğun hatlarda zaman aşımı olacak kadar yüksek çıkmıştır.

Beşinci sınıf önerilen algoritmada %99 yükte beklenenden yüksek gecikme değerleri elde edilmiştir.

Birinci servis sınıfı için değişik yük miktarlarında jitter ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, en iyi performans %52 yükte gerçekleşmiş ve 8ms nin altında kalmıştır. Enteresan bir durum olarak %23 yükteki sistem 9 nod için %76 lık yükteki sistemden daha fazla paket gecikme değişimi üretmiştir. 9 nod için %99 yoğunlukta bile 11 ms nin altında değer elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir.

İkinci servis sınıfı için değişik yük miktarlarında jitter ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, en iyi performans %52 yükte gerçekleşmiş ve 10ms nin altında kalmıştır. Beklenedik bir durum olarak yine %23 yükteki sistemde 8 ve 9 nod için %76 lık yükteki sistemden daha fazla paket gecikme değişimi üretmiştir. 9 nod için %99 yoğunlukta bile 15 ms nin altında değer elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir.

Üçüncü servis sınıfı için değişik yük miktarlarında jitter ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, en iyi performans %52 yükte gerçekleşmiş ve 11ms nin altında kalmıştır. Beklenedik bir durum olarak yine %23 yükteki sistemde 5 ve daha fazla nod için %52 lik yükteki sistemden daha fazla paket gecikme değişimi üretmiştir. 9 nod için %99



yoğunlukta bile 16 ms nin altında değer elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir.

Dördüncü servis sınıfı için değişik yük miktarlarında jitter ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, en iyi performans %23 yükte gerçekleşmiş ve 9 ms nin altında kalmıştır. %52 yükte 16 ms 9 nod için %99 yoğunlukta bile 20 ms nin altında değer elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir. Diğer sınıflara göre beklenen değerler elde edilmiştir.

Beşinci servis sınıfı için değişik yük miktarlarında jitter ortalamalarının karşılaştırılması sonucunda, en iyi performans %23 yükte gerçekleşmiş ve 10 ms nin altında kalmıştır. %52 yükte 14 ms 9 nod için %99 yoğunlukta bile 20 ms nin altında değer elde edilmiştir. Yine benzerlerinden oldukça iyi bir performans sergilemiştir. Diğer sınıflara göre beklenen değerler elde edilmiştir. Paket gecikme değişimi anlamında beşinci sınıf gecikmedeki gibi düşük değil oldukça iyi performans vererek dördüncü sınıfa çok yakın çıkmıştır.

Genel anlamda önerilen algoritma mevcut mekanizmalardan oldukça iyi sonuç üretmiştir. Sadece beşinci sınıf için ortalama gecikme gerçek zamanlı sistemlerde bağlantıyı düşürebilecek kadar uzun çıkmıştır.

Gelecekteki çalışmalarımızda, bu durum beşinci sınıfın da diğer sınıfların altında ezilmemesi için önerilen tekniğin geliştirilmiş hali için çalışmaya itecektir.

## KAYNAKLAR

LEE, C., 2007, IPTV over Next Generation Networks in ITU-T; *Broadband Convergence Networks*,. *BcN '07. 2nd IEEE/IFIP International Workshop on* Page(s):1 – 18,

IANO, Y., MAGRI M.P., 2007, How to architect an IPTV system, *Image Analysis for Multimedia Interactive Services*, 2007. *WIAMIS '07. Eighth International Workshop* 6-8 June 2007 Page(s):53 – 53

KISHIGAMI, J., 2007, The Role of QoE on IPTV Services style, *Multimedia*, *ISM 2007. Ninth IEEE International Symposium* 10-12 Dec. 2007 Page(s):11 – 13

YANG, X, XIAOJIANG D., JINGYUAN Z., FEI, H.,; GUIZANI, S., 2007, Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet, *Communications Magazine*, *IEEE Volume 45, Issue 11*, November 2007 Page(s):126 – 134

YINGJIU, G.,; CHUANG, L., HAO, Y., ZHANG Z., 2007, Design And Analysis Of IPTV Digital Copyright Management Security Protocol, *Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, 2007. *ISPACS 2007. International Symposium* Nov. 28 2007-Dec. 1 2007 Page(s):554 – 557

FG.IPTV-DOC-0199 , <http://www.itu.int/md/meetingdoc.asp?lang=en&parent=T05-FG.IPTV-DOC-0199>, [Ziyaret Tarihi: 14 Mayıs 2009].

KUROSE J.F, ROSS K.W, 2010, *Computer Networking:A Top Down Approach Fifth Ed.* , PEARSON, BOSTON, 978-0-13-136548-3

BRADEN, R., CLARK, D., SHENKER, S., RFC1633[online], <http://tools.ietf.org/html/rfc1633> , [Ziyaret Tarihi: 23 Aralık 2010].

GROSSMAN, D., RFC3260[online], <http://www.rfc-archive.org/getrfc.php?rfc=3260>, [Ziyaret Tarihi: 15 Ocak 2011].

PRAKASH, S., KUMAR, S., 1996, Nonlinear Lateral Deflection Prediction in Sands, *Journal of Geotechnical and Geoenvironment Engineering*. ASCE. Vol.122, No.2.

TOMLINSON, M.J., 1994, Pile Design and Construction Practice, *E&FN Spon*, London, 12-3456-7890.

DEMERS, A., KESHAV, S., SHENKER, S., 1990, Analysis and Simulation of a Fair Queuing Algorithm, *Internetworking: Research and Experience*, Vol.1, No.1, p.3-26

PAREKH, A., GALLAGHER, R., 1993, A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks: The Single Node Case, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.1, No.3, pp 344-357

KILKKI, K., 1999, *Differentiated Services for the Internet*, MacMillan, Indianapolis 978-1578701322

BLAKE, S., BLACK, D., CARLSON, M., DAVIES, E., WANG, Z., WEISS, W., 1998, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>, [Ziyaret Tarihi: 05 Haziran 2011].

WROCLAWSKI, J., 1997, [www.apps.ietf.org/rfc/rfc2210.html](http://www.apps.ietf.org/rfc/rfc2210.html), [Ziyaret Tarihi: 05 Haziran 2011].

SHENKER, S., WROCLAWSKI, J., 1997, [www.ietf.org/rfc/rfc2215.txt](http://www.ietf.org/rfc/rfc2215.txt), [Ziyaret Tarihi: 05 Haziran 2011].

ZHANG, L., DEERING, S., ESTRIN, D., SHENKER, S., ZAPPALA, D., 1993, RSVP: A New Resource Reservation Protocol, *IEEE Network Magazine*, Vol.7, No.9

NGUYEN, T., D., EIDO, T., ATMACA, T., 2009, An Enhanced QoS-enabled Dynamic Bandwidth Allocation Mechanism for Ethernet PON, *First International Conference on Emerging Network Intelligence*, p.135-140

## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Deniz Demirci 12 Ocak 1975 yılında İstanbul'da doğdu. İlk öğrenimini Yeşilköy Halil Vedat Fıratlı Pansiyonlu İlkokulu'nda tamamladıktan sonra orta ve lise öğrenimini Özel Saint Benoit Fransız Lisesi'nde sürdürdü. 1998 senesinde İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Mühendisliğinden mezun olduktan sonra 1998-1999 ve 2001-2004 seneleri arasında OGSM Elektronik A.Ş.'de uluslararası ilişkiler, ithalat ve ihracat Sorumlusu, alarm merkezi teknik müdürlüğü görevlerini ifa etti. 2000-2001 seneleri arasında askerliğini Afyon Askerlik Dairesi Bilgi İşlem Kısım Amiri olarak yerine getirdi. 2003 senesinde İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitime başladıktan sonra 2004 yılında Araş.Gör. olarak göreve başladı. 2005 yılında aynı bölümde doktora eğitime başladı ve halen sürdürmektedir.