

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇOKLU ORTAM UYGULAMALARI İÇİN SERVİS KALİTESİNİN GERÇEK  
ZAMAN PROTOKOLÜ İLE KONTROLÜ**

**KERİM İŞİK**

**ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2006**

**Her hakkı saklıdır**

Yrd.Doç.Dr. Murat EFE danışmanlığında, Kerim IŞIK tarafından hazırlanan bu çalışma 28/02/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd.Doç.Dr. Ziya TELATAR

Üye : Yrd.Doç.Dr. Murat EFE

Üye : Yrd.Doç.Dr. Mehmet DEMİRER

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ülkü MEHMETOĞLU**

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ÇOKLU ORTAM UYGULAMALARI İÇİN SERVİS KALİTESİNİN GERÇEK ZAMAN PROTOKOLÜ İLE KONTROLÜ

Kerim IŞIK

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Murat EFE

Gerçek zaman karakteristiğine sahip çoklu ortam uygulamaları, ağda meydana gelen tıkanıklıklardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Tıkanıklık durumlarında veri paketlerinin bir kısmı ağda düşürülmektedir. Bu durum iletilen ses ya da görüntüde kalite kaybına neden olmaktadır. Sesli toplantı (telekonferans) ya da görüntülü toplantı (video konferans) gibi uygulamalar saatler sürebilmekte ve bu süre içinde ağ trafiğinde değişiklikler olabilmekte, ağda tıkanıklıklar meydana gelebilmektedir. Bu tıkanıklığı algılayarak ağdan beklenen servis kalitesi (QoS) gereksinimlerini düşürebilen bir program önemli bir esneklik sağlayacaktır. Bu çalışmada, tıkanıklık durumlarını algılayarak kodlama bit hızını değiştirebilen bir MP3 veri akışı uygulaması geliştirilmiştir. Veri RTP protokolü kullanılarak taşınmış ve tıkanıklık durumu alıcının gönderdiği RTCP alım raporları ile algılanmıştır. Bir deney ağı oluşturulmuş, bu yöntemi kullanan programın performansı ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, kullanılan yöntemin IP ağlarında başarılı sonuçlar verebileceğini göstermiştir. Bu yöntem kullanılarak, ses kalitesindeki bozulmalarda, yavaş gelişen tıkanıklık durumlarında %44, ani tıkanıklık durumlarında da %38 oranında azalma sağlanmıştır.

**2006, 78 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** RTP, VoIP, TCP/IP, Telekonferans, Servis Kalitesi (QoS)

## **ABSTRACT**

Ms. Thesis

**QOS CONTROL OF MULTIMEDIA APPLICATIONS VIA RTP**

**Kerim IŞIK**

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Electronics Engineering

Supervisor: Asst.Prof.Dr. Murat EFE

Real-time multimedia applications are adversely affected by network congestion. When congestion occurs, some of the data packets are dropped in the network. As a result, perceived voice or video quality is degraded. Applications such as teleconference and videoconference can last hours. During the session, network traffic changes and congestion may occur. A program that can sense these congestions and decrease the expected QoS necessities from the network will present very important flexibility. In this thesis, an MP3 streaming program that senses the network congestion has been developed. This program has the capability of changing bit rate while streaming persist. The data has been transported using RTP and the congestions have been sensed using RTCP receiver reports. A test network has been set and the performance of the program which uses this technique has been measured and evaluated. The results revealed that the method used could give successful results on IP Networks. The degradation of perceived audio quality has been decreased 44% when congestion occurred slowly and 38% when congestion occurred abruptly.

**2006, 78 pages**

**Key Words:** RTP, VoIP, TCP/IP, Teleconference, Quality of Service

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım sırasında bana yol gösteren değerli hocam Doç.Dr. Hakkı Gökhan İLK ve tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Murat EFE'ye, programcılık konusundaki bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, programları oluőturmamda bana büyük yardımları olan, değerli arkadaşlarım Cem KARACA ve Hakkı Tolga LELOğLU'ya, bana deneylerde kullandığım yönlendiricileri sağlayan Mahmut Önder İLBAY'a, tez çalıőmalarım sırasında bana sağladıkları moral ve destek için aileme en içten duygularla teşekkür ederim.

Kerim IŞIK

ANKARA, Őubat 2006

## İÇİNDEKİLER

### ÖZET

.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
SİMGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1 Trafik Sınıflandırması.....	3
2.2 İnternette Servis Kalitesi.....	3
2.3 Servis Kalitesi Parametreleri.....	4
2.3.1 Gecikme.....	4
2.3.2 Gecikmenin değişimi.....	5
2.3.3 Bant genişliği.....	5
2.3.4 Güvenilirlik.....	5
2.4 Dinamik Servis Kalitesi Kontrolü.....	6
2.5 Günümüzde İnternette Servis Kalitesi .....	6
2.6 Gecikmenin Sebepleri .....	8
2.7 Gecikme Değişiminin Sebepleri .....	9
2.8 Paket Kayıplarının Sebepleri .....	10
2.9 Gerçek Zamanlı Ses Akışının Servis Kalitesi Gereksinimleri .....	12
2.9.1 Verim.....	12
2.9.2 Gecikme.....	14
2.9.3 Gecikmenin değişimi.....	14
2.3.4 Güvenilirlik.....	14
2.10 OSI (Open Systems Interconnection) Başvuru Modeli .....	15
2.11 TCP/IP Referans Modeli.....	17
2.11.1 IP paket formatı.....	19
2.11.2 Kullanıcı datagram protokolü – UDP.....	23
2.11.3 İletim kontrol protokolü – TCP.....	23
2.12 Gerçek Zaman Taşıma Protokolü – RTP.....	25
2.12.1 Tanımlar.....	27
2.12.2 RTP paket başlığı.....	29
2.12.3 RTP kontrol protokolü – RTCP .....	30
2.12.4 RTCP paket yapısı.....	31
2.12.5 RTCP SR paket yapısı.....	33
2.12.6 RTCP RR paket yapısı.....	37
2.12.7 RTCP SDES paketi.....	37
2.13 İnternette Gerçek Zamanlı Yayın - Uygulama Katmanı Servis Kalitesi.....	37
2.13.1 Veri iletimi için uygun protokolün seçimi.....	37

2.13.2 İleri yönde hata düzeltme – FEC.....	39
2.13.3 Adaptasyon.....	41
2.13.4 Alıcı tamponlaması.....	41
2.14 İnternet’te Gerçek Zamanlı Yayın - Ağ Katmanı Servis Kalitesi.....	43
2.14.1 Nispi öncelik işaretlemesi (Relative priority marking).....	43
2.14.2 Hizmet işaretlemesi.....	44
2.14.3 Sınıflandırılmış hizmetlerdeli (DiffServ).....	44
2.14.4 IP etiket anahtarlama (IP label switching).....	46
2.14.5 Tümlşik hizmetler.....	47
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	48
3.1 Materyal.....	48
3.1.1 MP3 gönderici programı ve çalışma şekli.....	49
3.1.2 MP3 alıcı programı ve çalışma şekli.....	54
3.1.3 Streamer programı.....	55
3.2 Yöntem.....	56
3.2.1 Deney ortamı.....	56
3.2.2 Hipotez testi.....	60
3.2.3 Bağımlı gruplar için t testi.....	61
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	62
4.1 Deney 1 - Hatta Trafik Varken Değişken Bit Hızında Veri Gönderme.....	62
4.2 Deney 2 - Hatta Trafik Yokken Değişken Bit Hızıyla Veri Gönderme .....	64
4.3 Deney 3 - Değişken Bit Hızıyla Veri Gönderirken Ani Tıkanıklık Durumu....	65
4.4 Deney 4 - Hatta Trafik Varken Sabit Bit Hızında Veri Gönderme .....	67
4.5 Deney 5 - Sabit Bit Hızıyla Veri Gönderirken Ani Tıkanıklık Durumu.....	68
4.6 Dinleme Testleri.....	70
5. SONUÇ.....	75
KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	78

## SİMGELER DİZİNİ

ARQ	Otomatik Yineleme İsteği (Automatic Repeat Request)
CC	CSRC Sayısı (CSRC Count)
CD	Yoğun Disk (Compact Disc)
CSMA/CD	Taşıyıcı Dinleyen Çoklu Erişim / Çarpışma Sezimi (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection)
CNAME	Takma Ad (Canonical Name)
CSRC	Katılımcı Kaynağı Tanımlayıcısı (Contributing Source Identifier)
DiffServ	Sınıflandırılmış Hizmetler (DIFFerentiated SERVICES)
DSCP	Sınıflandırılmış Hizmetler Kod Noktası (Differentiated Services Code Point)
FEC	İleri Yönde Hata Düzeltme (Forward Error Correction)
FTP	Dosya Transfer Protokolü (File Transfer Protokol)
HTTP	Hiper Metin Aktarım Protokolü (Hyper Text Transport Protocol)
ICMP	İnternet Kontrol Mesajı Protokolü (Internet Control Message Protocol)
IP	İnternet Protokolü (Internet Protocol)
IPv4	İnternet Protokolü sürüm 4 (Internet Protocol version 4)
ITU	Uluslar arası İletişim Birliği (International Telecommunication Union)
Kbps	Saniye Başına Kilo bit (Kilo bit per second)
LAN	Yerel Alan Ağı (Local Area Network)
LBR	Düşük İkil Hızı Bolluğu (Low Bit Rate Redundancy)
MAC	Ortam Erişim Kontrolü (Media Access Control)
MOS	Ortalama Fikir Skoru (Mean Opinion Score)
MTU	Azami Taşıma Birimi (Maximum Transmission Unit)
NTP	Ağ Zaman Protokolü (Network Time Protocol)
OSI	Açık Sistemler Ara Bağlaşımı (Open Systems Interconnection)
PCM	Atım Modu Modülasyonu (Pulse Code Modulation)
PT	Veri Yüğü Türü (Payload Type)
PHB	Her atlamadaki davranış (Per Hop Behavior)
QoS	Servis Kalitesi (Quality of Service)
RED	Rasgele Erken Algılama (Random Early Detection)
RFC	Yorumlar için İstek (Request For Comments)
RR	Alıcı Raporu (Receiver Report)
RTCP	Gerçek Zaman Taşıma Kontrol Protokolü (Real-time Transport Control Protocol)
RTP	Gerçek Zaman Taşıma Protokolü (Real-time Transport Protocol)
SDES	Kaynak Betimleme (Source Description)
SNMP	Basit Ağ Yönetim Protokolü (Simple Network Management Protocol)
SR	Gönderici Raporu (Sender Report)
SSRC	Eş zamanlama Kaynak Tanımlayıcı (Synchronization Source Identifier)
TCP	İletim Kontrol Protokolü (Transmission Control Protocol)
TCP/IP	İletim Kontrol Protokolü/ İnternet Protokolü (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol)
ToS	Servis Tipi (Type of Service)



TTL	Yaşam Zamanı (Time To Live)
UDP	Kullanıcı Datagram Protokolü (User Datagram Protocol)
VoIP	İnternet Protokolü Üzerinden Ses (Voice over Internet Protocol)
WWW	Dünya Çapında Ağ (World Wide Web)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 MPEG-1 kodlama.....	13
Şekil 2.2 IP paket başlığı.....	20
Şekil 2.3 IP paketindeki hizmet türü alanı.....	21
Şekil 2.4 UDP protokol başlığı.....	23
Şekil 2.5 TCP paket başlığı.....	24
Şekil 2.6 RTP paket başlığı.....	29
Şekil 2.7 RTCP SR paket başlığı.....	34
Şekil 2.8 ToS baytındaki öncelik bitleri ile DS baytındaki DSCP bitlerinin yerleri.....	45
Şekil 3.1 Kodlanmış müziğin iletimi ve alıcıdan geri bildirim alınması.....	49
Şekil 3.2 MP3 gönderici programı başlangıç ekranı.....	50
Şekil 3.3 MP3 gönderici programının bileşenleri.....	52
Şekil 3.4 MP3 alıcı programı başlangıç ekranı.....	55
Şekil 3.5 Deney ortamı.....	57
Şekil 4.1 Hatta trafik varken değişken bit hızında veri gönderme deneyi için hat kullanımı.....	63
Şekil 4.2 Hatta trafik varken değişken bit hızında veri gönderme deneyinde görülen paket kayıpları ve kodlama bit hızı.....	63
Şekil 4.3 Hatta trafik yokken değişken bit hızıyla veri gönderme deneyi için hat kullanımı.....	64
Şekil 4.4 Hatta trafik yokken değişken bit hızıyla veri gönderme deneyinde kodlama bit hızı.....	65
Şekil 4.5 Değişken bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyi için hat kullanımı.....	66
Şekil 4.6 Değişken bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyinde görülen paket kayıpları ve kodlama bit hızı.....	66
Şekil 4.7 Hatta trafik varken sabit bit hızında veri gönderme deneyi için hat kullanımı.....	67
Şekil 4.8 Hatta trafik varken sabit bit hızında veri gönderme deneyinde görülen paket kayıpları.....	68
Şekil 4.9 Sabit bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyi için hat kullanımı.....	69
Şekil 4.10 Sabit bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyinde görülen paket kayıpları.....	69

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 OSI katmanları.....	16
Çizelge 2.2 TCP/IP katmanları.....	18
Çizelge 2.3 IP Öncelik değerleri ile DSCP değerlerinin eşleştirilmesi .....	46
Çizelge 3.1 Dinleme testleri sırasında kullanılan MOS dereceleri.....	60
Çizelge 4.1 Testlerde oluşan paket kayıpları ve elde edilen MOS değerleri .....	70
Çizelge 4.2 Hipotez testleri ve sonuçları.....	72

## 1. GİRİŞ

Paket anahtarlamaalı ağlar hızla yaygınlaşmakta ve kapasiteleri artmaktadır. İletişim maliyetini düşürdüğünden ses ve görüntünün bu ağlarda taşınması tercih edilmektedir. Ne var ki paket anahtarlamaalı ağlar, gerçek zamanlı ses ve görüntü verisinin iletilmesi için elverişli bir yapıya sahip değildir (Andersson 2000).

Bir devre anahtarlamaalı ağda verinin iletimi için bir hat ayrılır ve bu sayede verinin iletimi için gerekli olan bant genişliği garanti edilmiş olur. Paket anahtarlamaalı ağlarda ise veriler paketler haline getirilir ve her bir paket alıcısına birer birer gönderilir. Paketler alıcısına değişik yolları izleyerek gönderilebilir ve de genellikle garanti edilmiş bir bant genişliği yoktur.

Çoklu ortam uygulamalarında, gerçek zamanlı verinin iletimi sırasında, verinin aktarıldığı ağda oturma için gereken kaynaklar rezerve edilmemiş ise, oturma esnasında ağda meydana gelen değişiklikler yüzünden oturma kopması mümkündür. Sesli toplantı (telekonferans) ya da görüntülü toplantı (video konferans) gibi uygulamalar saatlerle ifade edilecek sürelerde olabilmektedir. Bu süre içinde ağda meydana gelebilecek değişiklikler, oturma sabit çerçeve hızı ya da sabit bit hızı ile sürdürülmesi halinde aşağıdaki sonuçları ortaya çıkaracaktır:

- 1) Oturma başladığı anda ağda fazla trafik yok ise, bu uygulama için yeterli bant genişliği olduğu varsayıp yüksek bant genişliği gerektirecek şekilde, örneğin yüksek bit hızı ya da çerçeve sayısı ile başlatılan oturma, ağda trafik arttığı anlarda yüksek paket kayıplarıyla karşılaşabilir ve oturma sonlandırılması gerekebilir.

- 2) Oturum trafiğın yoğun olduğu bir anda, düşük bir çerçeve sayısı ya da bant genişliği ile başlatılmışsa, oturum sırasında ağdaki trafik düşük seviyelerde gerçekleşiyor olsa bile aynı özelliklerle devam edecek, ağda mevcut olan boş kaynaklar kullanılmamış olacaktır.

Ağda tıkanıklık meydana geldiğinde, kodlama parametreleri değiştirilerek bant genişliği gereksiniminin düşürülmesi çoklu ortam uygulamaları için önemli esneklikler sağlayacaktır. Daha önce konuşma sinyali üzerinde böyle bir çalışma yapılmıştır (Pelit, 2005). Belirtilen çalışmada ağdaki tıkanıklığın algılanması için kullanılan yöntem, SNMP protokolü ile ağ cihazlarından bilgi toplanması şeklindedir.

Bu çalışmada ise ağ cihazlarından bağımsız bir tıkanıklık algılama yöntemi kullanılmıştır. Gerçek zamanlı verinin RTP ile iletiminde, alıcıdan gelen RTCP raporları doğrultusunda kodlama parametreleri (saniyede gönderilen görüntü çerçevesi sayısı veya sıkıştırma kalitesi) değiştirilerek, oturum boyunca, ağ trafiğinde meydana gelebilecek artışlardan daha az etkilenilmesi, ağda trafiğın az olduğu durumlarda ise ağ kaynaklarından en üst düzeyde faydalanılabilmesi amaçlanmıştır. Değiştirilecek kodlama parametreleri, ses için bit hızı, görüntü için, saniyedeki görüntü çerçevesi sayısı olabilir. Bu çalışmada MP3 formatında kodlanan geniş bant ses kullanılmış ve değiştirilecek parametre olarak kodlama oranı (bit hızı) seçilmiştir.

Bu yöntemin başarılı sonuçlar verip vermeyeceğini görmek amacıyla veri akışı sırasında kodlama oranında değişiklik yapabilen bir program yazılarak bir test ağında bu yöntem denenmiştir.

## **2. KURAMSAL TEMELLER**

### **2.1 Trafik Sınıflandırması**

İnternet trafiği temel olarak gerçek zamanlı trafik ve gerçek zamanlı olmayan trafik olarak sınıflandırılabilir (Braden 1994).

Sürekli veri akışı sunan gerçek zamanlı uygulamalar genellikle düzenli bir bant genişliği gerektirirler ve uzun süren bir yapıya sahiptirler. İnternet üzerinden naklen maç yayını, ya da sayısal müzik yayını yapıyor olabilir. Bu gibi uygulamalarda dinleyici, yayını dinlemek için, dosyanın tamamının bilgisayara indirilmesini beklemez. Veri paketleri alınmaya devam edilirken müzik dinlenebilmektedir.

Telnet, FTP, WWW gibi uygulamalar ise gerçek zamanlı olmayan trafiğe örnektir ve bu trafik türünde gönderilen paketler arasında zaman bağımlılığı yoktur. Veri trafiği, sabit bant genişliği isteyen gerçek zamanlı trafiğin aksine, ağın kendisine sunduğu tüm bant genişliğini kullanmaya çalışmaktadır.

### **2.2 İnternette Servis Kalitesi**

Gerçek zamanlı ses iletimi gecikmelere ve paket kayıplarına karşı oldukça duyarlıdır. Gecikmeli ya da kayıplı bir veri iletimi, iletişimin mümkün olmasını engelleyebilir.

Servis Kalitesi (QoS), bir ağın ne derece iyi işlediğinin bir ölçüsüdür ve belirli ağ

hizmetlerinin karakteristiğini tanımlamak için kullanılan bir araçtır.

## **2.3 Servis Kalitesi Parametreleri**

Bir katmandaki servis kalitesi, eğer alt katmanlarda da bu servis kalitesi sağlanıyorsa garanti edilebilir.

Servis kalitesi kavramı değişik uygulamalar için değişik anlamlar taşıyabilmektedir. Örneğin görüntü iletimi için yüksek bant genişliği ihtiyacı duyulmakta iken, ses iletiminde yüksek bant genişliği gereksinimi yoktur. Ses iletiminde uçtan uca gecikme ve paketlerin varış zamanı arasındaki kaymalar büyük önem taşımaktadır.

Bir bağlantı ya da veri akışı için servis kalitesi parametreleri (gecikme, gecikmenin değişimi, bant genişliği ve güvenilirlik) bölüm 2.3.1, bölüm 2.3.2, bölüm 2.3.3 ve bölüm 2.3.4'te tanımlanmıştır (Ferguson and Huston 1998).

### **2.3.1 Gecikme**

Uçtan uca gecikme, bir paketin göndericiden alıcıya aktarılması sırasında geçen zamandır. Konuşma sinyalinin sayısallaştırılması, paketlenmesi, iletim ortamında taşınması ve alıcıda tampon bellekte tutulması sürelerinin toplamını ifade eder (Werner 2003). Bu zamanın uzun olması geri besleme yolunun hassasiyetini bozar. Etkileşimli ya da gerçek zamanlı uygulamalar için gecikme sistemin kullanılabilirliğini etkileyen önemli bir faktördür.

### **2.3.2 Gecikmenin değişimi**

Gecikme değişimi, paketlerin alıcıya varışlarındaki gecikme süresinde gözlenen değişimdir. Gerçek zamanlı uygulamalar için paketlerin varış sürelerindeki yüksek değişim kabul edilemez. Bu durumlarda bozulan veriyi yenilemek için alıcının tampon belleği artırılır. Bu da uçtan uca gecikmeyi artırmaktadır.

### **2.3.3 Bant genişliği**

Ağın iki uç noktasındaki sürdürülebilir en yüksek veri transfer hızı bağlantının bant genişliği olarak tanımlanır. Bit/sn ile ifade edilir.

Bant genişliği sadece trafiğin aktığı yol boyunca olan fiziksel altyapı ile sınırlı olmayıp, bu trafiğin aktığı ağı ortaklaşa kullanan diğer trafik akışları tarafından da sınırlandırılır. Bant genişliği veri transfer hızının üst limiti olarak kullanılırken, anlık olarak geręekleřtirilen geręek veri transfer hızı ise verim (throughput) olarak tanımlanır. Verim bant genişliğinden büyük olamaz.

### **2.3.4 Güvenilirlik**

İletim sisteminin bu özelliği ağın ortalama hata oranını belirler. Bu oran bit hata oranı ya da paket hata oranı olarak bölümlere ayrılabilir. Kötü ayarlanmış ya da kötü çalışan bir anahtarlama sistemi paket kayıplarında artışlara neden olabilir (Schwantag 1997).



## **2.4 Dinamik Servis Kalitesi Kontrolü**

Servis kalitesi gereksinimindeki artış, günümüz ve gelecekteki iletişim mimarilerinin dinamik servis kalitesini desteklemesini zorunlu kılmaktadır.

Servis kalitesi görüşmelerinin sadece bağlantının ilk kurulma aşamasında yapılması dezavantajdır. Belirtilen servis kalitesi değerleri transmisyon süresince geçerliliğini korumayabilir. Bu nedenle oturum esnasında bağlantının servis kalitesinin değiştirilebilmesi tercih nedenidir. Bir kullanıcı oturum esnasında ses kalitesini standart telefon kalitesinden CD kalitesine yükseltmek isteyebilir.

Dinamik servis kalitesi kontrol mekanizmalarının faydaları temel olarak esneklik ve fiyat azaltmadır. Görüşmenin başlaması esnasında belirlenen servis kalitesi değeri ile sınırlı olmayıp istediğinizde bu değerleri değiştirme esnekliğiniz mevcuttur. Eğer daha düşük bir servis kalitesinin yeterli olduğunu düşünüyorsanız, servis kalitesini düşürerek servis ücretlerini düşürmeniz de mümkün olabilmektedir.

Ulaşım katmanında servis kalitesi görüşmelerinin mümkün olabilmesi için taşıma protokolünde ya da alt protokollerde bu desteğin olması gerekmektedir.

## **2.5 Günümüzde İnternette Servis Kalitesi**

İnternet, yönlendirici denilen ağ cihazlarından ve bu yönlendiricileri birbirine bağlayan ağ bağlantılarından oluşmaktadır. Yönlendiriciler kendilerine bir paket geldiğinde paketi nihai hedefine ulaştırmak için o paketi hangi ara yüzden göndereceklerine karar

verirler ve uygun ara yüzün paket kuyruğuna yerleştirirler. Ağ bağlantılarının kendilerine özgü servis kalitesi karakteristikleri vardır.

Eğer belli bir ağ bağlantısının üzerinden aktarılmaya çalışılan trafik bağlantının bant genişliği değerinden fazla ise bu hatta tıkanıklık oluşur. Bu durumda yönlendiricinin çıkış ara yüzündeki paket kuyruğu dolar. Paket kuyruğunun boyu gecikmenin değişiminde direk olarak etkilidir ve bu değeri artırır. Yüksek trafik yükü kuyrukların taşmasına neden olacak kadar uzun süreli ise, yönlendiriciler paketlerin bir kısmını atmamak zorunda kalırlar. Bu da hattın güvenilirliğini düşürür. Paket kayıpları ağdaki tıkanıklığı belirlemek için kullanılabilir (Schmid 1999).

Adaptif uygulamalar ya da taşıma protokolleri paket kayıplarını en aza indirmek için tıkanıklık algıladıklarında paket gönderme hızını ya da uygulamanın kullandığı bant genişliğini azaltırlar.

Kötü bir servis kalitesi, yönlendirme protokollerindeki kararsızlıkların sonucu da olabilir. Bu kararsızlıklar yönlendiricilerin paketleri alıcıya ulaştırmak için seçtikleri ara yüzü sürekli değiştirmelerine, dolayısıyla aynı akıştaki veri paketlerinin farklı iletim hatlarından gönderilmesine neden olabilir. Bu da paketlerin sırasının bozularak alıcıya ulaşması riskini artırır.

İnternet, günümüzdeki haliyle servis kalitesi desteğine sahip değildir.

## 2.6 Gecikmenin Sebepleri

Veri akışında görülen uçtan uca toplam gecikme, göndericide müziğin kodlanması, paketlenmesi, iletim hattında taşınması ve alıcıda tampon bellekte paketlerin tekrar sıralanıp kod çözülmesi sürelerinin toplamıdır.

Kodlama ve kod çözme gecikmesi gibi bazı gecikmeler belirli sürelerle sahipken, diğerleri ağ koşullarına göre değişen sürelerle sahiptir. Örneğin Ethernet LAN fiziksel katmanının CSMA/CD mekanizması paketlerin gönderilmesi sırasında değişken gecikme süreleri ortaya çıkarmaktadır.

Minimum uçtan uca gecikme, taşınan bütün paketler için geçerli olan sabit süreyi belirler. Maksimum uçtan uca gecikme ise minimum gecikme ile gecikme değişiminin maksimumunun toplamı olarak ifade edilir.

Paketlerin aktarım gecikmesi ağdaki her bir yönlendirici ya da anahtar cihazının işlem süresi ile fiziksel hattaki aktarım süresinin toplamıdır. Fiziksel hattaki aktarım süresi ortama ve fiziksel katman protokolüne bağlıdır.

Anahtarlama gecikmesi, yönlendiricinin paket başlığını incelemesi, yönlendirme tablolarını kontrol etmesi ve paketi doğru çıkış ara yüzüne göndermesi için gereken süredir (Werner 2003). Ağ cihazlarındaki işlem süresi kullanılan yönlendirme mekanizmasına bağlıdır. Paketi donanımsal olarak işleyen anahtarlar ya da yönlendiriciler daha kısa işlem sürelerine ihtiyaç duyarlar.

Göndericideki kodlama ve paketleme süresi ve alıcıdaki sıralama ve kod çözme süreleri asıl olarak işlemci gücüne ve kodlama-kod çözme algoritmalarına bağlıdır. Bazı kodlama algoritmaları çok az işlemci gücü gerektirirken diğerleri daha yüksek işlemci gücüne ihtiyaç duymaktadır (Schmid 1999).

## **2.7 Gecikme Değişiminin Sebepleri**

Trafik yükündeki ani yükselmeleri karşılayabilmek için paketlerin sıraya konması gecikme değişiminin asıl nedeni olarak görülmektedir.

Eğer bir trafik akışındaki tüm paketler aynı yolu izliyor ve sabit uzunluktaki kuyruklardan geçiyor olsalar bütün paketler aynı gecikme değerine sahip olurlar. Uçtan uca gecikme değeri büyük olabilir, ama paketlerin gecikme değişimi sıfırdır. Gecikme değişimi paketlerin kuyruklarda farklı sürelerde beklemelerinden ortaya çıkmaktadır. Bir anahtar ya da yönlendirici cihazında, bir çıkış hattından gönderilmesi gereken veri hızı o çıkış hattının bant genişliğinden büyük ise kuyruk uzamaya başlar.

Ağdaki sıralama mekanizmalarından kaynaklanan gecikme değişimlerini gidermek için gecikmeye duyarlı uygulamalar, kuyruklarda geçen süreleri kısıtlayan hizmetler kullanılmalıdır. RSVP gibi kaynak rezervasyonu mekanizmaları uçtan uca maksimum gecikmeyi kararlaştırma yeteneğine sahiptir.

Ağ cihazlarındaki kuyruklardan kaynaklanan gecikme değişiminin yanında, işlem zamanlaması da gecikme değişimine yol açmaktadır. Birçok işletim sistemi birden fazla programı aynı anda çalıştıracak şekilde tasarlanmıştır ve bu işletim sistemleri belirli işleri belirli zaman aralıklarında yapmak üzere gruplara ayırırlar. Bu da gecikme

değişimine yol açabilmektedir.

Kuyruklardan ya da işleme zamanından kaynaklanan gecikme değişimi aktarılan paketlerin toplam uçtan uca gecikmesini artırır. Gerçek zamanlı uygulamalar için gecikme değişimini mümkün olduğu kadar düşük bir değerde tutmak önemlidir.

Gerçek çalınma anını birkaç milisaniye bile olsa kaçırarak paketler alıcı uygulama tarafından genellikle hemen çöpe atılır. Çalma anını bir miktar sonraya almak, yani gelen paketleri tampon bellekte bir süre bekletmek ses kalitesini yükseltir ama toplam uçtan uca gecikmeyi artırdığı için gerçek zamanlı uygulamanın tepki süresini uzatır.

## **2.8 Paket Kayıplarının Sebepleri**

Paket anahtarlamalı ağlar yapıları itibariyle güvenilir ağlardır. İnternet'in önemli bir kısmı hatalı veri iletimine, özellikle paket kayıplarına sebep olmaktadır. Yönlendiricilerde kuyruklardan taşan paketler çöpe atılmaktadır. İnternet'teki çoklu ortam uygulamaları için paket kayıp oranı önemli bir servis kalitesi özelliğidir.

Bazı paketler iletim sırasında kaybolmaktadır. Bu kayıpların çoğu, paketlerin, bilinçli olarak çeşitli nedenlerden dolayı çöpe atılmalarından kaynaklanmaktadır (Boger 2001).

Paketler çoğunluklu olarak ağdaki tıkanıklık nedeniyle çöpe atılmaktadır. Ağdaki bir noktada paket kuyrukları taşarsa, diğer bir deyişle tamponlar dolarsa paketler çöpe atılmak zorundadır. Bir yönlendiricinin genellikle giriş tamponları, sistem tamponları ve çıkış tamponları mevcuttur. Eğer paketler giriş tamponlarındaki kuyruğun taşmasından

dolayı çöpe atılıyorsa giriş atığı olarak isimlendirilir. Giriş atıkları yönlendiricinin paketleri yeteri kadar hızlı işleyememesinden kaynaklanmaktadır. Bir sistemde normal olarak giriş paket atıkları meydana gelmemelidir. Eğer giriş atıkları meydana geliyorsa, bu, sistemin kötü tasarlanmasından kaynaklanmaktadır.

Çıkış atıkları ise paketlerin gönderileceği hattın çok meşgul olmasından meydana gelmektedir. Çıkış atıkları tasarım sorunundan değil, hattın bant genişliğinin yeterli olmamasından kaynaklanmaktadır.

İkincil olarak yönlendiriciler kuyrukların maksimum limitlerine ulaşmasını ve ağda tıkanıklık oluşmasını engellemek için paket atma mekanizmaları kullanırlar. Bu tekniklerden biri RED mekanizmasıdır. Kuyrukların maksimum limitlerine ulaşmadan paketlerin çöpe atılması TCP gibi karmaşık iletim protokollerinin potansiyel tıkanıklık durumlarını erkenden algılamasına ve veri hızlarını düşürmelerine olanak tanır. Bu işlem sadece trafiği oluşturan bütün taşıma protokollerinin aynı şekilde hızlarını düşürmesi durumunda işe yarayacaktır. Örneğin UDP tıkanıklık oluştuğunda veri hızını düşürmez. UDP’de geri besleme bilgileri olmadığı için iletim kontrol mekanizmalarını uygulamak ta mümkün değildir.

Son olarak iletim hattında içeriği bozulmuş olan paketler de çöpe atılmaktadır. Bit hataları genellikle paket başlığındaki toplama sınavasından kontrol edilmektedir. TCP gibi güvenilir ulaşım katmanı protokolleri bozuk paketlerin tekrar gönderilmesini sağlarken, UDP gibi güvenilir olmayan protokoller sadece paketin çöpe atılmasını sağlar. Bit hataları yüzünden paketlerin atılması iletim hatlarında fiberin kullanılması nedeniyle daha az meydana gelir olmuştur. Kablosuz ağlarda ise bit hataları oldukça fazladır (Schmid 1999).

## 2.9 Gerçek Zamanlı Ses Akışının Servis Kalitesi Gereksinimleri

### 2.9.1 Verim

Ses akışı uygulamalarının verim gereksinimi tamamen kullanılan ses kodlama yöntemine bağlıdır. Kodlama şekli de uygulamanın gereksinim duyduğu ses kalitesine göre belirlenir.

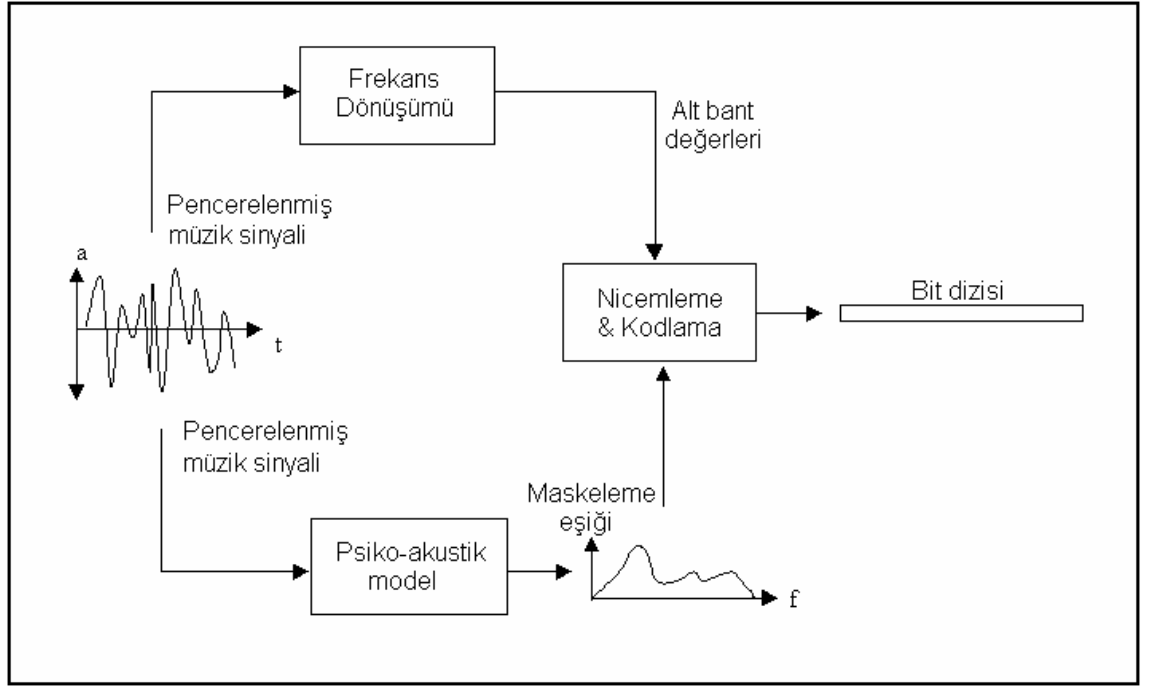
64 kbps PCM Darbe Kodlamalı Modülasyon olarak bilinen geleneksel ses kodlama tekniği herkes tarafından bilinen telefon sisteminin ses kalitesine karşılık gelmektedir. Bu nedenle telefon kalitesi olarak ifade edilir. Kodlama şekli ITU G.711 standardı ile ifade edilmiştir. Mono analog sinyal saniyede 8000 defa örneklenir ve her bir örnek 8 bit ile ifade edilir. Sıkıştırma tekniği kullanılmaz.

G.711 den daha verimli olan sayısal kodlama ve sıkıştırma teknikleri geliştirilmiştir.

CD kalitesi yüksek kaliteli ses olarak algılanır. CD sesi standardında analog ses sinyali 44.1 kHz de örneklenir ve her örnek 16 bit ile kodlanır. Sonuç olarak bir mono kanal için 705,6 kbps bant genişliği ortaya çıkar. CD'ler stereo olduğu için bu değer stereo CD kalitesi için 1411.2 kbps olarak karşımıza çıkar.

CD kalitesi için de kodlama ve sıkıştırma teknikleri geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan teknik, MP3 kodlama tekniğidir. MP3 , MPEG-1 kodlama standardının 3.katmanı ifade etmektedir.

MPEG-1 kodlama tekniğinde, örneklenmiş ses sinyali analiz filtresinden geçirilerek 32 adet spektral banda ayrılır. İnsan kulağının işitme özellikleri de dikkate alınarak, sadece işitilebilecek frekanslar kodlanır (Şekil 2.1). Bu kodlama işlemi çerçeveler halinde yapılmaktadır. Kodlanarak bit dizisine çevrilen her bir çerçeveye 32 bitlik başlık bilgisi eklenmektedir. Bu başlık, çerçevenin kalan kısmı ile ilgili, kodlama katmanı, örnekleme frekansı ve bit hızı gibi parametreleri içermektedir (Robinson 2002).



Şekil 2.1 MPEG-1 kodlama

MPEG-1, üç katman olarak tanımlanmıştır. Bunlardan katman 3'te değişken bit hızlarında kodlama yapılabilmektedir.



### **2.9.2 Gecikme**

Tek yönlü veri akışı uygulamalarında gecikmelere müsamaha gösterilebilir. Ağdaki ve uç sistemlerdeki gecikme düzensizliklerini telafi etmek için büyük tamponlar kullanılabilir. Etkileşimli uygulamalarda ise böyle bir çözüm kullanılamaz. Telefon görüşmeleri gibi etkileşimli uygulamalar sistemin çabuk cevap vermesine ihtiyaç duyarlar.

### **2.9.3 Gecikmenin değişimi**

Eğer ses bilgisini taşıyan paketler değişik gecikmelerle alıcıya ulaşıyorsa alıcı sistem gelen paketleri sıraya sokmak için belirli bir süre beklemelidir. Aksi halde önemli miktarda paket zamanından geç gelecektir. Zamanından geç gelen paketler de ses kalitesinin bozulmasına yol açar. Görüntü için de aynısı geçerlidir.

Alıcıdaki tamponlama mekanizmaları gelen paketleri geçici olarak biriktirir. Daha sonra bu paketler aralarında boşluklar meydana gelmeksizin art arda çalınabilirler. Bu yöntemin faydaları olmakla birlikte iki önemli dezavantajı vardır. Ekstra gecikmeye yol açar ve alıcı sistemde belli miktarda hafızaya ihtiyaç duyar.

### **2.9.4 Güvenilirlik**

Ses iletişimde tolerans gösterilebilir maksimum paket kayıp oranı uygulamaya, kodlama tekniğine ve de dinleyici kulağının hassasiyetine bağlıdır.

Kayıp paketlerin tekrar gönderilmesi, gecikmenin çok büyük değerlere ulaşmasına sebep olacağından gerçek zamanlı ses aktarımı için herhangi bir fayda sağlamayacaktır. Art arda gelen sadece birkaç paket kayboldu ise ses çalmamaktansa alınan son paketleri tekrarlayarak çalmak sorunu bir derece maskeleymektedir. Bu işleme paket kaybının maskelenmesi (PLC - Packet Loss Concealment) denmektedir Sinyaldeki boşluklar dinleyici tarafından hemen fark edilmektedir. Bazı teknikler ise daha önce gelen paketlerdeki bilgilere dayanarak kayıp paketteki bilginin tahmin edilmesini önerir.

FEC (Forward Error Correction) ve LBR (Low Bitrate Redundancy) kayıp paketlerdeki bilgileri kurtarmak için geliştirilmiş yöntemlerden en önemlileridir (Westerlund 1999).

## **2.10 OSI (Open Systems Interconnection) Başvuru Modeli**

OSI başvuru modeli Uluslararası Standartlar Örgütü ISO (International Standards Organization) tarafından oluşturulan, bilgisayar veri haberleşmesi sürecinde yapılması gereken işleri katmanlar düzeyinde tanımlayan bir modeldir. OSI Başvuru modeli diğer tüm protokollerin veya standartların açıklanmasında örnek bir başvuru modeli olmuştur. OSI başvuru modeli 7 adet katmandan oluşmuştur. Bu katmanlar çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Uygulama katmanı kullanıcıya uygulamalara erişmek için bir ara yüz sunar. Bu ara yüz komut satırı ya da grafiksel olabilir. Bu katman, uygulama programlarının ağa erişimi için gerekli işlevleri kapsar.

Çizelge 2.1 OSI katmanları

Katman 7	Uygulama Katmanı (Application Layer)
Katman 6	Sunuş Katmanı (Presentation Layer)
Katman 5	Oturum Katmanı (Session Layer)
Katman 4	Ulaşım Katmanı (Transport Layer)
Katman 3	Ağ Katmanı (Network Layer)
Katman 2	Veri Bağı Katmanı (Data Link Layer)
Katman 1	Fiziksel Katman (Physical Layer)

Sunuş katmanı bilginin iletimde kullanılacak biçiminin düzenlenmesini sağlar. Bilginin kullanıcının ekranında nasıl sunulacağını tanımlar. Ses, yazı, görüntü ve resimlerin kullanıcıya hangi formatta sunulacağını tanımlar. Oturum katmanı uç düğümler arasında gerekli oturumun kurulması, yönetilmesi ve sonlandırılması işlerini kapsar. Oturum katmanı birden fazla ağ bağlantısının idare edilmesinden sorumludur.

Ulaşım katmanı bilginin son alıcıda hatalardan arındırılmış olarak elde edilebilmesini sağlar. Bilginin ağ cihazları arasında güvenilir (reliable) ya da güvenilmez (unreliable) bağlantılarla iletişimine olanak tanır. Güvenilir bağlantılarda ulaşım katmanı hataları algılamakla ve uygun bilgiyi tekrar göndermekle sorumludur. Güvenilmez bağlantılarda ise ulaşım katmanı hiçbir hata kontrolü yapmaz. Bu tür bağlantılarda ulaşım katmanı bilginin yerine ulaşıp ulaşmadığı ile ilgilenmez. Ulaşım katmanının oluşturduğu bilgi bloklarına bölüm (segment) denir.

Ağ katmanı veri paketlerinin bir uçtan diğer uca ağdaki çeşitli düğümler (ağ cihazları) üzerinden geçirilip yönlendirilerek alıcısına ulaşmasını sağlayan işlemlere sahiptir. Veri paketlerinin alıcısına giderken ağ koşullarına, önceliklere ve diğer parametrelere göre hangi yolun uygun olacağı bu katmanda değerlendirilir. Bu amaçla düğümlere ağ adresi

denilen numaralar verilir. Ağ adresi taşıyan bilgi bloklarına paket adı verilmektedir. İnternet protokolü IP (Internet Protocol) bu katmanda yürütülen bir protokoldür.

Veri bağı katmanı bir cihaz için MAC (Media Access Control) denilen donanımsal adresleme sağlar. Bir cihazın aynı ortamdaki diğer cihazlarla nasıl haberleşeceğini belirler. Fiziksel ortamdaki bitleri alarak veri bağı katmanı çerçevelerine dönüştürür. Bu katmanda gönderilen/alınan veri bloklarına çerçeve denilmektedir. Veri bağı katmanı bu çerçeveler üzerinde hata algılaması yapar, ortamda iletim sırasında bozulan çerçeveleri çöpe atar. Hata düzeltme yapmaz.

Fiziksel katman verinin fiziksel olarak hat üzerinden aktarılması için gerekli işlevleri kapsar. Veri bu katman için sıradan bit dizisi olarak algılanır, bitlerin taşıdığı bilgi bu katmanda yorumlanmaz. Bu katman için tanımlanan standartlar taşıyıcı işaretin şekli, verici ve alıcı konumundaki uç noktaların elektriksel ve mekanik özelliklerini belirler. Kablo standartları, tanımlamaları, işaret şekilleri, gerilim seviyeleri, işaret hızları bu katman için anlamlıdır.

## **2.11 TCP/IP Referans Modeli**

İnternet Protokolü TCP/IP modelinde kullanılan bir protokoldür. TCP/IP modeli ilk olarak 1960'ların sonlarında askeri bir ağ olan ARPANET üzerinde kullanılmak için oluşturulmuştur (Çölkesen 2000).

TCP/IP modeli günümüzde çok popülerdir ve oldukça fazla kullanım alanı vardır. 7 katmanlı OSI referans modelinin aksine TCP/IP modeli 4 katmana sahiptir.

Çizelge 2.2 TCP/IP katmanları

Katman 4	Uygulama Katmanı (Application Layer)
Katman 3	Ulaşım Katmanı (Transport Layer)
Katman 2	İnternet Katmanı (Internet Layer)
Katman 1	Ağ Ara yüzü Katmanı (Host-to-Network Layer)

Ağ Ara yüzü Katmanı modelin en aşağıda bulunan katmandır. Bağlantı (Link) Katmanı olarak da adlandırılır. OSI modelindeki fiziksel katman ve veri bağı katmanına karşılık gelir.

İnternet Katmanı OSI modelindeki ağ katmanına karşılık gelir. Görevi paketleri göndericiden alıcıya ulaştırmaktır. Paketlerin alıcıya varış sırası ile ilgili bir garanti yoktur. En iyi çaba (best-effort) denilen hizmeti sunar. Aktarılan paketlere 'IP datagramları' denir.

Ulaşım katmanı bir ağ bilgisayarındaki farklı uygulamaların aynı ağ kaynaklarının kullanılmasını sağlar. Bu işlem port numaraları kullanılarak yapılır. Bu katman OSI modelindeki ulaşım katmanı ile aynı işleve sahiptir.

TCP/IP modeli iki temel ulaşım katmanı protokolüne sahiptir. Bunlardan biri TCP (Transmission Control Protocol) dir. Bu protokol internet katmanının sunduğu bağlantısız, güvenilir, paket tabanlı servisi bağlantılı düzenli güvenilir bayt akışına dönüştürür. Diğer protokol da UDP (User Datagram Protokol) dir. Bu protokol TCP protokolünün sunduğu hizmetlere ihtiyaç duymayan uygulamalar tarafından ya da kendi protokolünü kullanmak isteyen uygulamalar tarafından kullanılır. UDP protokolü IP protokolünün çok az genişletilmiş halidir ve IP protokolü gibi bağlantısız bir hizmet

sunar.

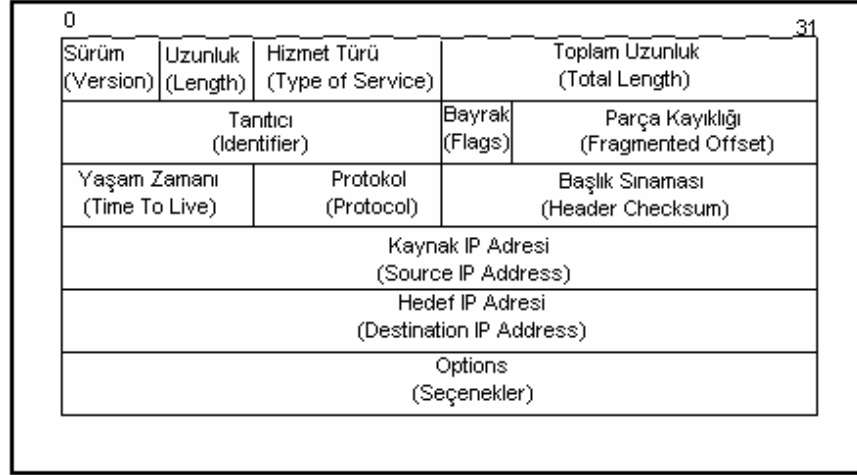
Uygulama katmanı OSI modelindeki uygulama, sunuş ve oturum katmanlarına karşılık gelmektedir.

### **2.11.1 IP paket formatı**

İnternet katmanı tarafından gönderilen herhangi bir paket, gönderilmesi gereken veri ve IP başlığından oluşur. IP başlığı şekil 2.2’de gösterilmiştir. En yüksek değerli bit sol tarafta, sıfır olarak numaralandırılmış bittir. İletim işlemi bu numaralandırmadaki sıraya göre yapılır.

IP yazılımı, gelen datagramın sürüm alanındaki değer, kendi sürüm değerine eşitse datagramı değerlendirir, aksi halde datagramı çöpe atar. İnternet Protokolü’nün şu an yaygın olarak kullanılmakta olan sürümü 4’tür. Bu alan 4 bitlik yer kaplamaktadır.

Başlık Uzunluğu IHL (IP Header Length) alanında başlığın kaç adet 32 bitlik sözcükten oluştuğunu belirten bilgi vardır. Bu alan 4 bitten oluşmaktadır ve buna bağlı olarak maksimum başlık uzunluğu 15 adet 32 bitlik sözcük, yani 60 bayt olabilir. Başlığın ilk beş adet 32 bitlik bölümü zorunlu başlık bilgisidir ve başlık uzunluğu alanındaki en düşük değer 5’tir.

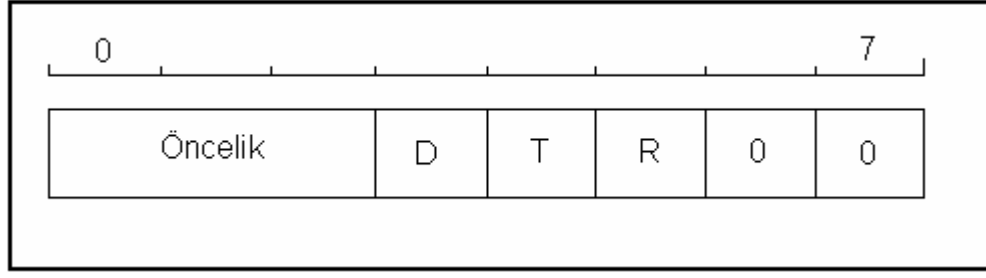


Şekil 2.2 IP paket başlığı

Daha sonraki alan ‘hizmet türü’ TOS (Type Of Service) alanıdır. Bu alan servis kalitesi mekanizması oluşturmak için düşünülmüştür.

Hizmet türü alanı Şekil 2.3’te belirtilmiştir. Bu alan, gönderilen paketin aciliyetini gösteren 3 bitlik öncelik (precedence) bilgisi alanına sahiptir. Sıfır değeri normal önceliği belirtirken, 7 değerine sahip paketler en yüksek önceliğe sahiptirler. Öncelik alanından sonra gecikme (delay), verim (throughput) ve güvenilirlik (reliability) karşılığına gelen üç bit vardır. Bu üç bitten sadece biri set edilebilir. TOS alanındaki son iki bit ise şu an için kullanılmamaktadır ve değerleri sıfır olmalıdır.

IP datagramının uzunluğu ‘toplam uzunluk’ (Total Length) alanında belirtilmiştir. 16 bitlik bir alan olduğu için maksimum IP datagram boyu 65535 bayt olabilir. Uygulamada ise bu değer çoğu ağ için oldukça büyüktür.



Şekil 2.3 IP paketindeki hizmet türü alanı

Bir paketin iletimi sırasında paketin değişik tipte ağlardan geçmek zorunda kalması olasıdır. Her ağ, veri bağı katmanı başlık ve varsa kuyruk bilgileri de dahil olmak üzere iletimini gerçekleştirebileceği en büyük çerçeve büyüklüğünü belirten, kendisine ait ‘Maksimum İletim Birimi’ (MTU - Maximum Transmission Unit) değerine sahiptir. Bu yüzden IP datagramı parçalanmalı ve her bir parça teker teker gönderilmelidir.

Tanıtıcı alanı parçalanmış datagramların tekrar birleştirilmesine yarayan bir bölümdür. Bir datagramın her bir parçasında aynı değer bulunur. Bir sonraki datagram gönderilirken bu değer 1 (bir) artırılır.

Daha sonra 3 adet bayrak biti vardır ve bunlardan ilki sıfır olmalıdır. Bir sonraki bit DF (Don't Fragment) alanı olup yönlendiricilerden datagramı parçalara bölmemesini buyuran bir alandır. Alıcının parçaları birleştiremediği durumlarda gereklidir. En son bayrak biti de o an alınan parçadan sonra gelecek datagram parçaları olduğunu bildiren MF (More Fragment) bitidir. Bir datagramın son parçası dışındaki bütün parçalarda MF biti 1 değerindedir.

Parça Kayıklığı (Fragment Offset) alanı kullanılarak parçalanmış datagramlar tekrar birleştirilebilir. Bu 13 bitlik alan parçanın datagram içindeki konumunu gösterir. Kayıklık 64 bitlik sözcük birimleri halinde verilir.



Yaşam zamanı (Time To Live) alanı paketin kaç atlama yapabileceğini belirler. Eğer paket bu değer kadar atlama yaptığı halde hedefine ulaşamadıysa çöpe atılır. En yüksek değeri 255 olup normalde 64 gibi bir değere set edilir ve IP paketinin geçtiği her yönlendiricide değeri bir düşürülür. Değer sıfıra düştüğünde paket çöpe atılır. Bununla birlikte paket çöpe atıldığında, paketin göndericisine paketin zaman aşımına uğradığını bildiren bir ICMP mesajı (Time Exceeded Message) gönderilir.

Protokol (Protocol) alanında paketin veri kısmında hangi protokolün taşındığının (TCP, UDP, ICMP vb.) bilgisi vardır. Bu bilgiye dayanarak, veri uygun protokol işleme sistemine geçirilir. Örneğin TCP'nin protokol numarası 6 ve UDP'nin protokol numarası 17'dir.

Her bir IP paketi için başlık sınaması hesaplanır ve başlık sınaması alanına yazılır. Alıcı, paketi aldığı anda paket başlığı için bu değeri tekrar hesaplar ve göndericinin yazmış olduğu değerle karşılaştırır. Eğer hesapladığı değer farklı ise paket iletim sırasında bozulmuş demektir ve paket çöpe atılır.

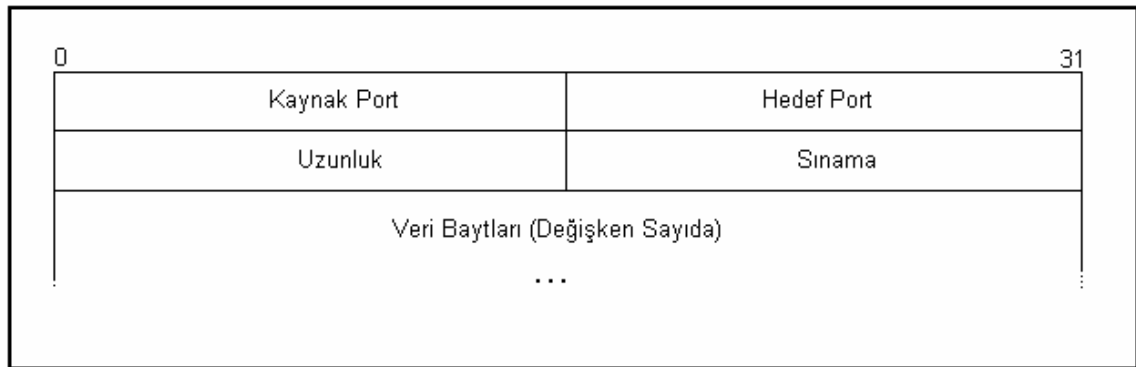
Daha sonra her biri 32 bayt uzunluğunda olan gönderici ve alıcı adres bilgileri yer alır.

IP paketinin seçenekler (options) kısmı ise değişik şekillerde kullanılabilir. Örneğin paketin geçtiği her yönlendiricinin kendi IP adresini paketin seçenekler alanına eklemesini sağlamak mümkündür. IP başlık uzunluğundaki kısıtlamalardan dolayı sadece 9 IP adresi bu şekilde seçenekler kısmında saklanabilir.

### 2.11.2 Kullanıcı datagram protokolü - UDP

UDP, IP protokolü üzerinde çalışan bir taşıma protokolüdür. UDP uygulamalara işlemler arasında mesaj aktarımını sağlayan basit bir mekanizma sunar. Hatalı bitlere karşı toplama sınaması mekanizması olduğu için hatalı paket iletimine engel olmaktadır. Fakat paketlerin alıcıya ulaşip ulaşmayacağına garanti yoktur. UDP protokol başlığı Şekil 2.4'te gösterilmiştir.

UDP tabanlı birden fazla uygulamanın aynı anda çalışabilmesi için port denilen adresler kullanılmaktadır. IP adresi ve port adresinin bir araya gelmesine soket denir.

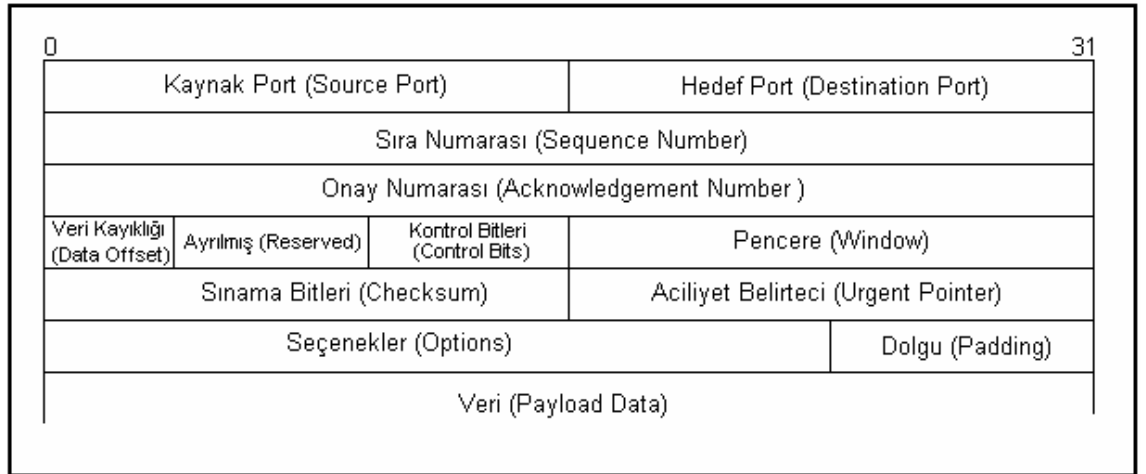


Şekil 2.4 UDP Protokol Başlığı

### 2.11.3 İletim kontrol protokolü – TCP

İletim kontrol protokolü IP ağlarındaki cihazlar arasında veri alışverişi sağlayan bağlantı tabanlı güvenilir bir protokoldür.

TCP güvenilir veri iletimi sağladığı için bozulmuş, iki kere gönderilmiş ya da bozuk sırayla ulaşılmış paketleri düzenlemesi gerekir. Bu da iletilen her bir bayta bir sıra numarası verilerek gerçekleştirilir. Şekil 2.5'te TCP paket başlığı gösterilmiştir. TCP başlığındaki sıra numarası alanı paketteki ilk veri baytına ait sıra numarasıdır. Gönderici cihazlar belirli sayıda veri baytı gönderdikten sonra alıcıdan paketlerin alındığına dair bir bilgi (ACK) beklerler. Bu bilgi içerisinde onay numarasına kadar paketlerin alındığı bilgisi mevcuttur. Belirli bir süre içinde bu onay alıcıdan gelmediği takdirde gönderici paketleri tekrar göndermeye başlar. Alıcı tarafta paketler sıra numaraları yardımıyla düzgün bir şekilde sıraya dizilir. Bit hataları da protokol başlığı içinde gönderilen toplama sınaması bitleri yardımıyla ortaya çıkartılır.



Şekil 2.5 TCP paket başlığı

TCP akış denetim mekanizması olarak kayan pencereler algoritmasını kullanır. Bu, alıcının göndericinin veri gönderme hızını kontrol etmesini sağlayan bir mekanizmadır. TCP alıcıları başarılı şekilde aldıkları paket numarasını bildirdikleri onayla birlikte alıcıya bir sonraki onayı beklemeden ne kadar paket gönderebileceklerini bildirirler.

UDP gibi TCP de bir cihazdan aynı anda birden fazla uygulamanın iletişimde

bulunmasına olanak sağlar.

Bir TCP bağlantısı alıcı soketi, sıra numarası ve kayan pencere boyundan oluşmaktadır. Akış denetimi ve belirtilen diğer mekanizmalar için bu bağlantı durum bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır.

İletişimde bulunmak isteyen uygulamalar öncelikle bir TCP bağlantısı kurmalıdır. Bu da üç aşamalı bir anlaşma yöntemiyle gerçekleştirilir (Dalal and Sunshine 1978).

## **2.12 Gerçek Zaman Taşıma Protokolü - RTP**

RTP, etkileşimli ses ve görüntü gibi gerçek zaman karakteristiğindeki verilerin uçtan uca iletimini sağlayan bir protokoldür (Schulzrinne 1996). Uygulamalar genellikle RTP yi UDP üzerinden işletirler. TCP üzerinden işletilmesi de mümkündür.

RTP verilerin zamanında ya da sırayla gitmesi için herhangi bir servis kalitesi mekanizması sunmaz, bu işi alt katmanlara bırakır. RTP üzerinde çalıştırıldığı ağın güvenilir olduğunu ve paketlerin sırayla gittiğini de varsaymaz. RTP üzerindeki sıra numaraları alıcının gönderilen paketleri gönderildikleri sıraya göre birleştirmesine olanak verir.

RTP, çok katılımcılı çoklu ortam konferanslarının ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmış olmakla birlikte başka uygulamalar için de kullanılabilir.

RTP birbiriyle yakından ilişkili iki parçadan oluşmuştur. Bunlardan ilki gerçek zaman karakteristiğindeki verileri taşıyan gerçek zaman taşıma protokolüdür. İkincisi de bir oturumdaki katılımcılar hakkında bilgi taşımak ve servis kalitesini gözlemek için kullanılan RTP kontrol protokolüdür (RTCP-RTP Control Protocol).

Bir çoklu dağıtım sesli görüşmesinde (multicast audio conference) bir port ses verisinin iletilmesi için, bir diğer port ta RTCP paketlerinin iletilmesi için kullanılır. Bu adres ve port bilgileri katılımcılara dağıtılır. Eğer gizlilik istenirse veri ve kontrol paketleri şifrelenebilir. Bu durumda şifreleme anahtarının da dağıtılması gerekmektedir.

Katılımcıların kullandığı sesli konferans programının ses verisini 20 ms lik parçalar halinde gönderdiğini düşünelim. Her ses veri parçacığının başına RTP başlığı eklenir ve bu başlık ve ses verisi bir UDP paketinin içine yerleştirilir. RTP başlık her bir paket içinde hangi kodlama ile ses verisi taşındığını bildirir ve bu sayede göndericiler konferans esnasında kodlama değiştirebilirler.

İnternet'te paketler değişik gecikmelere uğrayabilir, paketlerin sıraları değişebilir ya da bu paketler alıcıya hiç ulaşamayabilir. Bu güçlükleri aşmak için RTP başlığı zamanlama bilgisi ve sıra bilgisi içerir. Bu zamanlama bilgisi ve sıra bilgisi sayesinde alıcı, sesi hoparlörlere doğru zamanlama ile gönderir. Sıra numaraları kaç tane paketin kaybolduğunu tahmin etmek için kullanılabileceği gibi kaybolan paketlerin ara değerlemesi için de önemli bir referans bilgidir.

Grup üyeleri konferans esnasında konferansa katılıp ayrılabilirdikleri için herhangi bir anda kimlerin konferansta olduğunu ve ses verisini ne kadar iyi aldıklarını bilmek faydalıdır. Bu amaçla RTCP portu üzerinden periyodik olarak alım raporları (reception report) gönderilir. Alım raporları o anki konuşmacının hangi kalitede anlaşıldığını

bildirir ve adaptif kodlamaları kontrol etmek için kullanılabilir.

Bir katılımcı konferanstan ayrılırken RTCP BYE paketi gönderir.

Eğer konferansta ses ve görüntü bir arada kullanılıyor ise ses ve görüntü verileri farklı UDP port çiftleri kullanan farklı RTP oturumlarında iletilir. Bu farklı oturumlarda aynı kullanıcının tanınmış ismi görüldüğü için ses ve görüntü alıcıda ilişkilendirilebilir.

Ses ve görüntüyü bu şekilde birbirinden ayırmak konferanstaki bazı katılımcıların sadece kendi seçtikleri veriyi almasına olanak sağlamaktadır. Sınırlı kaynaklara sahip bir kullanıcı sadece ses ile iletişimi seçebilir.

### **2.12.1 Tanımlar**

RTP Payload: RTP paketinin içinde taşınan veridir.

RTP paketi: RTP başlık ve veri bilgisini içeren pakettir.

RTCP paketi: RTCP paket tipine bağlı olarak değişen yapı blokları ve RTCP başlık bilgisinden oluşan pakettir.

RTP Oturumu: RTP ile iletişim kuran katılımcıların arasındaki ilişkidir. Her katılımcı için oturum, bir ağ adresi ve port çifti bilgisi ile ifade edilir.

SSRC (Eş Zamanlama Kaynağı Tanımlayıcısı - Synchronization source): RTP paketlerinin kaynağını ifade eder ve 32 bit ile RTP başlığında taşınır. Ağ adresinden bağımsız olup rastlantısal bir değer olarak atanır ve bir RTP oturumunda aynı değere sahip başka bir cihaz olamaz. Bir eş zamanlama kaynağından gelen tüm paketler aynı zamanlama ve sıralama bilgisi içerdiği için alıcı, paketleri, çalmak için eş zamanlama kaynağına göre gruplar. Mikrofon ya da kamera gibi bir sinyal kaynağından elde edilen paket akışını gönderen bir cihaz ya da bir karıştırıcı bir eş zamanlama kaynağıdır.

Bir katılımcı farklı iki kameradan görüntü gönderiyor ise her biri farklı bir SSRC değeri ile tanımlanır.

CSRC (Katılımcı Kaynağı-Contributing source): Bir karıştırıcı tarafından birleştirilmiş olan veriye katkıda bulunmuş kaynaktır.

Karıştırıcı: Bir ya da daha fazla kaynaktan gelen RTP paketlerini alıp birleştiren ve yeni bir RTP paketi olarak ileten cihazdır. Farklı kaynakların zamanlamaları birbirinden farklı olacağından karıştırıcı bu veri akışları arasındaki zaman ayarlamasını yapar ve birleştirilmiş veri akışı için kendi zamanlamasını kullanır. Bir kaynaktan gelen tüm paketler eş zamanlama kaynağı olarak karıştırıcıyı gösterir.

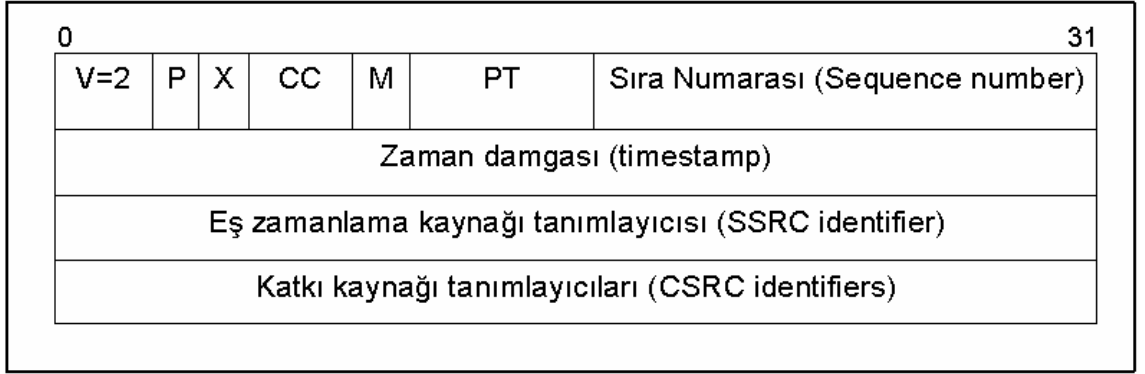
Çevirici (Translator): Kodlamayı değiştiren cihazlar ya da çoklu gönderim- tekli gönderim dönüşümü yapan cihazlar birer çeviricidir. Çeviricilerde SSRC bilgisi değişmez.

Monitor: bir RTP oturumundaki katılımcıların gönderdiği RTCP paketlerini, özellikle alım raporlarını alarak o anki servis kalitesini tahmin eden uygulamadır.

### 2.12.2 RTP paket başlığı

İlk 12 byte her RTP paketinde bulunur. CSCR tanımlayıcı bilgisi ise sadece, eğer paket karıştırıcı tarafından gönderiliyorsa bulunur.

Sürüm (V-Version): 2bit. İlk 2 bit sürüm bilgisi alanıdır. Şu andaki sürüm 2 dir.



Şekil 2.6 RTP paket başlığı

Dolgu (P-Padding): 1 bit. Eğer dolgu biti set edilmiş ise verinin arkasına bir ya da daha fazla bayt eklenmiş demektir. Bu eklemeler bazı şifreleme algoritmaları için gerekebilmektedir. Eklenen son bayttaki sayı, eklenen bayt sayısını belirtmektedir.

Uzantı (X-Extension): 1 bit. Eğer bu bit set edilmişse başlık bilgisi ekstra bilgiler ile uzatılmış demektir. Bu ekstra başlık bilgisi değişken uzunluktadır ve (eğer varsa) CSRC listesinden hemen sonra gelmektedir. Başlık uzantısı kısmında 16 bitlik bir uzunluk bilgisi alanı vardır ve bu alandaki sayı başlığa eklenen 32 bitlik bölümlerin sayısını vermektedir. Bu sayı hesaplanırken 4 baytlık başlık uzantısının başlığı



hesaplanmamaktadır.

CSRC sayısı (CC- CSRC Count): 4 bit. Kaç adet CSRC 12 bitlik başlık alanından sonra kaç adet CSRC tanımlayıcı bilgisinin olduğunu belirtir.

İşaretleyici (M- Marker): 1 bit. Bu bit daha sonra tanımlanması amacını taşımaktadır.

Veri yükü tipi (PT - Payload Type): 7 bit. Bu alan RTP veri yükü kısmında taşınan verinin formatını bildirmektedir. Ses ve görüntü için varsayılan atamalar yapılmış olup ilaveler yapmak mümkündür.

Sıra numarası: 16 bit. Her bir RTP paketi gönderildiğinde değeri bir artar. Alıcı paket sırasını ve kayıp paket sayısını bu alan yardımıyla bulabilir.

Zaman etiketi (Timestamp): 32 bit. Rasgele bir değer ile başlar. RTP veri paketindeki ilk baytın örnekleme anına karşılık gelir. Bir ses uygulaması veriyi 160 örneklik bloklar halinde okuyorsa bu zaman damgası bu bloklar için 160 artırılarak eklenecektir.

### **2.12.3 RTP kontrol protokolü - RTCP**

RTCP şu 4 işlevi yerine getirmektedir:

1- Asıl işlevi verinin dağıtımındaki kalite hakkında geri besleme sağlamaktır. Bu işlev

gönderici ve alıcı raporları ile gerçekleştirilmektedir.

2- Takma ad ya da CNAME olarak adlandırılan kalıcı bir taşıma katmanı tanımlayıcı bilgisi taşır. Program yeniden başladığında ya da bir çakışma olduğunda SSRC tanımlayıcısı değişecektir. Bu durumda CNAME tanımlayıcısı ile katılımcılar tanınabilir.

CNAME tanımlayıcı aynı zamanda aynı kaynaktan değişik RTP oturumları ile gelen farklı formattaki verileri senkronize etmek için de kullanılmaktadır.

3- Her bir katılımcının diğerlerine kontrol paketleri göndermesi her bir katılımcının oturumdaki katılımcı sayısını belirlemesine yardım eder. Bu sayede RTP oturumunun daha çok kişiyi barındırabilmesi için hangi sıklıkla kontrol paketlerinin gönderilmesi gerektiği hesaplanır.

4- Seçmeli olarak, katılımcı ile ilgili bilgiler taşınabilir. Katılımcının tam ismi, adresi telefonu ya da e-posta adresi örnek olarak verilebilir.

#### **2.12.4 RTCP paket yapısı**

Değişik RTCP paket tipleri tanımlanmıştır. Bunlar gönderici raporu SR (Sender Report), alıcı raporu RR (Receiver Report), kaynak betimleme öğeleri (SDES-Source Description Items), ayrılma raporu BYE ve uygulamaya özel APP raporlarıdır.

RTP protokolünün işlevlerini yerine getirebilmesi için aşağıdaki koşullar dikkate alınmalıdır:

I. Alım raporları (SR ya da RR içindekiler) istatistiklerin çözünürlüğünü artırmak amacıyla mümkün olduğunca fazla gönderilmelidir. Her bir bileşik RTCP paketi bir SR ya da RR paketi içermelidir.

II. Yeni katılan dinleyiciler kaynağın CNAME tanımlayıcısını en kısa zamanda almak zorundadır ki bu sayede eş zamanlamayı gerçekleştirebilsin. O zaman her bir bileşik RTCP paketi aynı zamanda bir SDES CNAME içermelidir.

Öyleyse her bir RTCP paketi en azından iki ayrı paketi içeren birleşik bir paket olarak gönderilmelidir.

Taşıma protokolünün asıl işlevi veri taşımak olduğundan kontrol trafiği oturum bant genişliğinin belli bir yüzdesi ile sınırlandırılmalıdır. RTCP ye ayrılacak kısmın oturumun bant genişliğinin %5 ine sabitlenmesi önerilmektedir. Bu değer kritik olmamakla birlikte tüm katılımcıların aynı değerleri kullanması gerekmektedir.

Protokolün verimli kullanımı için rapor gönderme sıklığını hesaplayan algoritmanın aşağıdaki karakteristiklere sahip olması gerekmektedir:

I. Göndericilere kontrol trafiğinin en azından 1/4 lük bir kısmı ayrılmalıdır. Bu değer tüm göndericilerin birlikte kullanacağı kısmı ifade etmektedir.

II. Katılımcı sayısı düşük olduğunda ve trafik akışı düzgün olmadığında RTCP paketlerinin arka arkaya gönderilmesi ayrılan bant genişliğinden daha fazla yer kaplayacaktır. Bu yüzden hesaplanan rapor gönderme aralığı en az 5 sn olmalıdır.

III. Bir duyuru ile uygulamanın birden fazla bilgisayarda eş zamanlı olarak çalışmaya başlaması halinde tüm katılımcılar aynı anda rapor göndermeye başlayacaklardır. Bütün katılımcıların aynı anda rapor göndermeye çalışması istenmeyen bir durumdur. Bu durumu ortada kaldırmak için hesaplanan rapor gönderme aralığı [0.5,1.5] aralığında bir değerle çarpılarak değiştirilir.

#### **2.12.5 RTCP SR paket yapısı**

RTCP gönderici raporu paketi 3 bölümden oluşur. Eğer tanımlandı ise, profile özgü uzantılar dördüncü bölüm olarak bu bölümleri takip eder.

İlk bölüm 8 bayt uzunluğundadır ve sürüm, dolgu, alım raporu sayısı, paket türü, uzunluk ve gönderici kaynak tanımlayıcısı alanlarını içerir.

Sürüm (V): 2 bitlik bir alandır. RTP paketindekiyle aynıdır. RTP sürümünü belirtir. Burada bahsettiğimiz sürüm 2'dir.

Dolgu (P): 1 bitlik bir alandır. Eğer dolgu biti set edilmişse RTCP paketinin sonunda kontrol bilgisi olmayan ekstra baytlar var demektir. Birleşik RTCP paketinde sadece en son pakette dolgu gerekebilmektedir.

Alım raporu sayısı (RC- reception report count): 5 bitlik bir alandır. Bu paketteki alıcı raporu sayısını belirtir.

Paket türü (PT): 8 bitlik bir alanır. Bu paketin bir RTCP SR olduğunu tanımlayan 200 sayısını içerir.

Uzunluk: 16 bitlik bir alandır. Bu RTCP paketinin boyunu belirtir.

Kaynak tanımlayıcısı (SSRC): 32 bitlik bir alandır. Bu SR paketini gönderen kaynağın SSRC tanımlayıcı bilgisidir.

0					31
V=2	P	RC	PT=SR=200	Uzunluk (Length)	
Kaynak Tanımlayıcısı (SSRC of Sender)					
NTP zaman etiketi, değerli kısım (NTP Timestamp, most significant word)					
NTP zaman etiketi, az değerli kısım (NTP Timestamp, least significant word)					
RTP zaman etiketi (RTP timestamp)					
Gönderici paket sayısı (Sender's packet count)					
Gönderici bayt sayısı (Sender's octet count)					
İlk kaynak tanımlayıcı (SSRC_1)					
Kayıp Oranı (Fraction Lost)		Toplam paket kaybı (Cumulative number of packets lost)			
Genişletilmiş, alınan en yüksek sıra numarası (Extended highest sequence number received)					
Varış gecikmesi değişimi (Interarrival jitter)					
Son gönderici raporu zamanı (Last SR-LSR)					
Son gönderici raporundan bu yana geçen zaman (Delay since last SR - DLSR)					
İkinci kaynak tanımlayıcısı (SSRC_2)					
...					
Profile Özgü Uzantılar (Profile specific extensions)					

Şekil 2.7 RTCP SR paket başlığı

Daha sonraki 20 baytlık bölüm her gönderici raporu paketinde bulunan gönderici bilgileridir. Bu 20 baytlık bölüm RR paketlerinde yer almaz. Bu bölüm NTP zaman etiketi, RTP zaman etiketi, gönderici paket sayısı ve gönderici bayt sayısı alanlarından oluşur.

NTP zaman damgası: 64 bitlik bir alandır. Bu paketin gönderildiği andaki duvar saati zaman bilgisidir. Diğer alıcılardan gelen raporlardaki zaman damgalarıyla eş olarak kullanılarak o alıcılara bir paketin gidip gelme süresi ölçülebilir. Duvar saati bilgisi olmayan ama geçen zamanı izleyebilen bir gönderici oturuma katıldığı andan itibaren geçen zamanı kullanabilir. Bu değerin 68 yıldan az olduğu varsayılır ve bu durumda en yüksek değerli bit sıfır(0) olacaktır.

RTP zaman damgası: 32 bitlik bir alandır. NTP zaman damgası ile aynı zamana karşılık gelmesine rağmen RTP veri paketindeki formattadır ve veri paketindeki RTP zaman damgası ile aynı değerle başlar. NTP zaman damgasına karşılık gelmesi alıcıların RTP saat frekanslarını belirlemede kullanılabilir.

Göndericinin paket sayısı: 32 bitlik bir alandır. Veri gönderilmeye başlandığı andan itibaren bu SR paketinin gönderildiği ana kadar olan süre içinde gönderilen toplam RTP paket sayısıdır. Eğer gönderici SSRC tanımlayıcısını değiştirirse bu sayı sıfırlanır.

Göndericinin bayt sayısı: 32 bitlik bir alandır. Veri gönderilmeye başlandığı andan itibaren bu SR paketinin gönderildiği ana kadar olan süre içinde gönderilen RTP veri paketleri içindeki verinin kaç bayt olduğunu belirtir. Eğer gönderici SSRC tanımlayıcısını değiştirirse bu sayı sıfırlanır. Bu alan ortalama veri gönderim hızını tahmin etmek için kullanılabilir.

Üçüncü bölümde, en son rapordan bu yana duyulan diğer kaynakların sayısı kadar alım raporu bloğu vardır. Her bir alım raporu bloğu tek bir eş zamanlama kaynağından alınan RTP paketleri ile ilgili istatistikleri içerir. Bloklar, kaynak tanımlayıcı, kayıp oranı, toplam paket kaybı, alınan en yüksek sıra numarası, varış gecikmesi değişimi, son gönderici raporu zamanı, son gönderici raporundan bu yana geçen zaman alanlarından oluşur.

N numaralı kaynak tanımlayıcı (SSRC\_n): 32 bitlik bir alandır. Bu blokta belirtilen istatistiklerin hangi kaynağa ait olduğunu belirtir.

Kayıp Oranı: 8 bitlik bir alandır. Son SR ya da RR raporu gönderildiğinden bu yana kayıp olan RTP veri paketlerinin beklenen RTP veri paketi sayısına oranıdır. Kesir noktasının en solda olduğu düşünülmelidir. Ya da bölümü 256 ile çarptığımızda çıkan değer tamsayı kısmı olarak da düşünülebilir.

Toplam paket kaybı: 24 bitlik bir alandır. Veri alımına başlandığı andan itibaren bu kaynaktan gelen paketlerdeki kayıpların toplam sayısıdır.

Genişletilmiş, alınan en yüksek sıra numarası: 32 bitlik bir alandır. O kaynaktan gelen en son sıra numarası bilgisini içerir.

Varış zamanı gecikmesi değişimi: 32 bitlik bir alandır. RTP veri paketlerinin alıcıya ulaşırken zamanda yaptığı kaymayı belirtir. RTP zaman damgası birimi ile ifade edilir.

Son gönderici raporu zamanı: 32 bitlik bir alandır. Bu SSRC'den gelen en son SR

paketindeki NTP zaman bilgisinin ortadaki 32 bitlik kısmıdır.

Son gönderici raporundan bu yana geçen zaman: 32 bitlik bir alandır. Bu kaynaktan gelen son SR paketinin alındığı an ile bu alım raporu bloğunun gönderildiği an arasındaki süredir. 1/65536 saniyelik birimler ile ifade edilir.

#### **2.12.6 RTCP RR paket yapısı**

RR paketlerinin SR paketlerinden farkı PT alanında 200 yerine 201 sayısının bulunmasıdır. Ayrıca SR paketlerindeki 20 baytlık ikinci bölüm RR paketlerinde bulunmaz.

#### **2.12.7 RTCP SDES paketi**

PT alanındaki değer 202'dir. SC alanında ise SDES paketindeki parçacık sayısı belirtilir. Her bir parçacık bir SSRC/CSRC tanımlayıcı bilgisi ve bunun arkasında o SSRC/CSRC hakkında bilgiler veren öğeler içerir. Her bir öğe 8 bitlik tür alanından ve metin uzunluğunu belirten 8 bitlik uzunluk alanından oluşur. Uzunluk bilgisindeki değer bu 2 baytı içermez. Metin 255 bayttan fazla olamaz.

### **2.13 İnternette Gerçek Zamanlı Yayın - Uygulama Katmanı Servis Kalitesi**

#### **2.13.1 Veri iletimi için uygun protokolün seçimi**



TCP garanti verdiği güvenilirlik için paketleri yeniden gönderme ve tamponlama gibi teknikler kullanır. Bu teknikler paketin iletim hattında kaybolmasını engellese de, alıcıya çok geç ulaşmasına neden olur. TCP'nin tıkanıklık kontrol mekanizması da, data gönderme hızını, uygulamanın gerektirdiği bant genişliğinden çok daha düşük seviyelere indirebilir. Bu özellikleri nedeniyle TCP, gerçek zamanlı veri iletimi için uygun bir protokol değildir.

Gerçek zamanlı veri trafiğinin iletimi için UDP, TCP'den daha uygun bir protokoldür. Fakat UDP, çok basit bir protokol olduğu için, tek başına gerçek zamanlı veri akışı uygulamalarının ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır.

Gerçek zamanlı yayın için genellikle UDP üzerinden çalışan RTP protokolü kullanılmaktadır. RTP, UDP'de olmayan birçok kullanışlı özelliği barındırmaktadır. UDP'de mümkün olmayan, paketlerin sıralanması ya da çalma zamanının belirlenmesi gibi işlemler, RTP protokolü kullanılarak yapılabilir.

Uygun iletim protokolünün seçilmesinin yanında uygun paket boyunun belirlenmesi de uçtan uca gecikmeyi etkilemesi açısından önemlidir. Görüntü ya da ses iletiminde paketin içerisindeki veri boyutu çerçeve boyunun katları şeklinde olmaktadır. Örneğın ses, ses cihazından ses çerçeveleri denilen küçük parçalar halinde okunmaktadır. Bir ses çerçevesi içindeki örnek sayısı cihaz ayarlarına bağlıdır. Uçtan uca gecikmenin minimum olması için çerçeve boyutu küçük olmalı ve paket içerisine mümkün olduğu kadar az çerçeve yerleştirilmelidir. Tipik ses uygulamaları 20 ila 40 milisaniyelik çerçeveler kullanmaktadır.

Çerçeve boyu ses cihazından okunan ses formatı tarafından belirlenir. Eşitlik 2.1 genel olarak çerçeve boyunun nasıl hesaplanacağını göstermektedir.

$$\text{Çerçeve Boyu} = \text{Kanal Sayısı} \times \text{Örnek Boyu} \times \text{Örnekleme Hızı} \times \text{Süre} \quad (2.1)$$

Paketin yük boyu ise pakette gönderilen çerçeve sayısı ve sıkıştırma oranı ile belirlenir.

Yük boyu eşitlik 2.2'de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$\text{Yük boyu} = \text{Çerçeve sayısı} \times (\text{Sıkıştırma oranı} \times \text{Çerçeve boyu}) \quad (2.2)$$

RTP, UDP ve IP paket başlıklarının boylarını da hesaba katarsak 100 bayttan daha küçük yük boyu olan veri paketlerini iletmek verimsiz olmaktadır. Paket başlığının boyunun paket boyuna oranı olan ekstra yük değeri mümkün olduğu kadar küçük bir değer olmalıdır. Konuşma sinyalinin iletilmesinde, karmaşık sıkıştırma algoritmaları kullanılmakta ve sadece birkaç çerçevenin oluşturacağı yük boyu çok küçük olmaktadır. Müzik sinyalinin iletiminde ise, taşınması gereken veri miktarı daha yüksek olduğu için paket başlıklarının boyları daha az önem taşımaktadır.

### 2.13.2 İleri yönde hata düzeltme - FEC

ARQ otomatik yineleme isteği gibi kapalı döngü mekanizmalar kayıp paketlerin yeniden gönderilmesini sağlarken FEC gibi açık döngü mekanizmalar orijinal verilerle birlikte fazladan bilgiler göndererek bu fazla bilgiler sayesinde kayıp paketlerin yeniden oluşturulmasını sağlarlar. Geniş alan ağlarında gerçek zamanlı yayın yapılmak isteniyorsa ARQ mekanizmaları kayıp paketlerin elde edilmesi için uygun değildir. Paketlerin yeniden gönderilmesi çok fazla gecikmeye neden olmaktadır. Bunun yanında ARQ mekanizmaları çoklu yayın yapılmak istenen durumlar için de uygun değildir.

Birçok FEC mekanizması n tane paketin ‘dışlayan veya’ işlemine sokularak elde edecek yeni fazlalık paketlerin de veri paketleri ile birlikte gönderilmesini önerir. Bu mekanizma n adet paketteki tek bir paket kaybını telafi edebilmektedir. Kayıp paketi yeniden elde etmek için de fazlalık paketinin ulaşması beklenmelidir. Bu da uçtan uca gecikmenin artmasına yol açar (Hoene *et al.* 2004).

FEC mekanizması ardışık paket kayıplarında da kullanılmaktadır. Daha önce gönderilen k adet çerçevenin çok fazla sıkıştırılmış kopyaları o an gönderilen paket içerisine yerleştirilir. Bu düşük kaliteli kopyalar sayesinde k adede kadar paket kayıpları düzeltilebilir. Kaç adet ardışık paket kaybının telafi edilebileceği, yani k değeri uçtan uca gecikme sınırlarıyla kısıtlıdır. Bu mekanizmanın kodlanması ve kod çözülmesi sırasında ortaya çıkan işleme gecikmesinin yanında en az k adet çerçeve süresi kadar gecikme eklenmektedir. K değeri yeniden elde edilen paketin çok geç gelmesine ve bu yüzden kayıp olarak değerlendirilip çöpe atılmasına neden olmayacak bir şekilde dikkatle seçilmelidir. Bu yöntemin avantajı ortaya çıkacak ekstra gecikmenin ardışık kayıp paket sayısı ile doğru orantılı olmasıdır. Eğer tek bir paket kaybedilmişse bir sonraki paket ulaşır ulaşmaz o paket yeniden elde edilebilir.

FEC mekanizmasının etkinliği ağdaki paket kayıp karakteristiğiyle ilgilidir.

İnternet’teki paket kayıpları üzerinde yapılan bir inceleme ardışık kayıp paket olasılığının sıradaki kayıp paket sayısı ile orantılı olarak azaldığını göstermiştir. Örnek olarak kayıpların %99 u 3 ya da daha az sayıda ardışık paketin kaybolmasıyla meydana gelmişken kayıpların %90’ında 1 ya da 2 adet ardışık paket kaybı oluşmuştur. Bununla birlikte ardışık paket kayıp olasılığının ağdaki o anki trafik yükü ile orantılı olduğu da ortaya çıkarılmıştır. Örnek olarak %65 trafik yükü olan bir ağda ortalama kayıp aralığı 1,2 paket olarak ölçülmüşken %90 trafik yükü olan bir ağda bu değer 2,8 paket olarak ölçülmüştür (Schmid 1999).

### **2.13.3 Adaptasyon**

Ağ tıkanıklığı ve yönlendiricide kuyruk taşması gibi harici koşullar değiştiğinde bile servisin devamını sağlayan mekanizmalar servis kalitesi adaptasyon mekanizmaları olarak bilinir. Adaptif uygulamalar servis kalitelerini alt tabaka hizmetlerin sunduğu kaliteye göre ayarlayabilme kabiliyetine sahiptirler. Eğer o anki performans görüşmenin başında karar verilen performans değerlerini tutmuyorsa kullanıcı ne yapacağına karar vermelidir. Servis kalitesi görüşmeleri tekrarlanabilir, uygulama o anki yük koşullarında çalıştırılabilir ya da bağlantı durdurulabilir.

Uygulama katmanında servis kalitesi adaptasyonu ağdaki servis kalitesi değişikliklerine göre uygulamanın servis kalitesi özelliklerini artırmak ya da azaltmaktır. Adaptasyon kullanıcıların, uygulamalarının sabit ağ servis kalitesine sahip olduğunu düşünmeleri için örnek olarak ses kalitesi ya da kodlama formatını değiştirir, akışa fazlalık bilgileri ekler ya da alıcıda alıcı tampon büyüklüğünü ayarlar. Bu uygulamalar ağın sunduğu gerçek servis kalitesindeki değişimlerin belirli limitler içinde değişmesi durumunda işe yaramaktadır. Eğer gerçek servis kalitesi adaptasyon limitlerini aşacak şekilde düşüyorsa adaptasyon düzgün şekilde işleyemez ve kalite düşük kalır.

Eğer ağ kaynak rezervasyonu ile servis kalitesi sağlıyorsa uygulamalar yayın akışları için garanti edilmiş kaynaklara sahiptir ve adaptasyona ihtiyaç duymazlar.

### **2.13.4 Alıcı tamponlaması**

Gerçek zamanlı uygulamaların kalitesi temel olarak verinin zamanında alıcıya teslim edilip alınmasına bağlı olduğu için, kullanılacak protokoller ve mekanizmaların

gecikme, gecikme değişimi ve paket kayıplarının tümleşik bir şekilde kontrolüne olanak sağlamalıdır.

Gecikmedeki değişimlerin etkisini ortadan kaldırmak için alıcıda tamponlamaya ihtiyaç vardır. Bu işlem iletim sırasında içeriği bozulan paketlerin tekrar aktarımına da olanak sağlamaktadır. Alıcı tamponunun görevi tamponlama süresini hesaplamak için gerekli olan en uygun çalma gecikmesini bulmak ve gelen paketleri, çalma anları gelene kadar sıraya dizmektir. Her bir paketin çalma anı genellikle gönderici tarafından atanan zaman damgası ve tahmini ağ ve işleme gecikmeleri ile belirlenir.

Eşitlik 2.3'te  $T_{alma}$  ile belirtilen çalma zamanının nasıl hesaplandığı gösterilmiştir.  $T_{kayıt}$  kayıt zamanıdır ve göndericinin pakete yazmış olduğu zaman damgası ile belirlenir. İşleme gecikmesi kestirimi  $D_{işlem}$ , kod çözme ve açma gibi sadece alıcıdaki işlem gecikmesini içermektedir. Alıcılar göndericide meydana gelen işleme gecikmesi ile ağda meydana gelen işleme gecikmesini ayırt edemeyeceği için ağ gecikmesi tahmini  $D_{ağ}$ , paketin alıcıya ulaşana kadar olan toplam gecikmesini içerir (Smith 2002).

$$T_{alma} = T_{kayıt} + D_{ağ} + D_{işlem} \quad (2.3)$$

alma gecikmesi oturum boyunca sabit olabilir ya da oturum boyunca adaptif olarak ayarlanabilir. İnternette uçtan uca gecikmeler zamanla önemli ölçüde değişebildiği için adaptif olmayan çalma gecikmesi tahmini iyi iş görmemektedir. En uygun çalma zamanının hesaplanması, tamponlama sonucu oluşan ek gecikmeyi en aza indirmeye çalışırken, çalma zamanından önce alıcıya ulaşan paket sayısını artırmaya çalışmayı içermektedir. alma zamanından daha sonra alıcıya ulaşan gecikmiş paketler kayıp paket olarak değerlendirilir. alma gecikmesini ya da diğer bir ifade ile tamponlama süresini yükseltmek ise uçtan uca toplam gecikmeyi artırdığı için etkileşimli gerçek

zaman uygulamalarının kullanılabilirliğini sınırlamaktadır.

Ağdan kaynaklanan gecikme değişiminin etkilerini ortadan kaldırmak için alıcı uygulamaları ağdaki o andaki gecikme değerine ve gecikme değişimi değerine ihtiyaç duyarlar. Ağ gecikmesi tahmini oturumun başlangıcında durağan olarak yapılabilir ya da anlık ağ durumuna göre dinamik olarak yapılabilir. Dinamik gecikme tahminine dayanan tamponlama mekanizmaları değişen ağ gecikmesi değişimlerine göre tamponlama sürelerini ayarlarlar.

## **2.14 İnternet’te Gerçek Zamanlı Yayın - Ağ Katmanı Servis Kalitesi**

### **2.14.1 Nispi öncelik işaretlemesi (Relative priority marking)**

Nispi öncelik işaretlemesi, gerçek zamanlı uygulamalara servis kalitesi sağlamayı amaçlayan bir hizmet ayırıştırma mekanizmasıdır. Nispi öncelik işaretlemesinin bir örneği Ipv4 teki öncelik işaretlemesidir. Bu modelde uygulama bir paket için göreceli olarak bir öncelik (gecikme önceliği-delay priority ya da çöpe atma önceliği-discard priority) seçer ve aktarım yolundaki cihazlar paket başlığındaki bu öncelik değerine uyan öncelikli iletimi gerçekleştirirler.

Bu basit öncelik verme mekanizmalarının problemi, uygulamanın tüm paketleri en yüksek öncelikli olarak işaretlemesine engel olmaya çalışmaktır. Örnek olarak FTP gibi gerçek zamanlı uygulamalarla karşılaştırıldığında zamanında iletimin kritik olmadığı dosya aktarım uygulamaları paketleri yüksek öncelikli olarak işaretleyerek performanslarını artırabilirler. Genellikle çoğu uygulama, veri trafiklerine yüksek öncelik verildiğinde çok daha iyi performans gösterirler.

### **2.14.2 Hizmet işaretlemesi**

Nispi öncelik işaretlemesine benzer bir fikir olan hizmet işaretlemesi, servis kalitesi sağlamak için başka bir araçtır. IPv4 teki hizmet türü (ToS-Type of Service) alanı internetteki hizmet işaretleme modeline bir örnektir.

Her bir paket istenen hizmet türü ile işaretlenir. Hizmet türü, aşağdaki hizmet isteklerinden bir ya da birkaçı olarak tanımlanır. Ağdaki cihazlar, bu hizmet isteğini karşılayacak aktarım yolunu ya da iletim davranışını seçmekle sorumludur.

Bu hizmet modeli sınıflandırılmış hizmetler modelinden biraz farklıdır. DiffServ yönlendirme kararı için girdi olarak ToS ya da trafik sınıfları kullanmaz. Servis işaretlemesinde istekler sadece tek bir paket için geçerlidir. Diffserv modelinde ise paket dizileri için toplu yönlendirme kararı verilebilir.

### **2.14.3 Sınıflandırılmış hizmetler modeli (DiffServ)**

Bu yapıda ağ sınır cihazlarında karmaşık sınıflandırma uygulanır. Bu modelin diğer hizmet işaretlemesi modellerinden asıl farkı hizmet sınıflarının önceden belirlenmiş standartlarla sınırlı olmaması, esnek olmasıdır.

RFC2474 ve RFC2475 te tanımlanan DSCP (sınıflandırılmış hizmetler kod noktası), ToS alanının yerine kullanılan DS alanında kullanılır. 8 bitlik ToS baytı, 6 bitlik DSCP alanı ve 2 bitlik kullanılmayan bölüm olarak yeniden bölümlenmiştir. Öncelik bilgisine bakarak karar veren yönlendiriciler de DSCP alanını kullanabilir. Bu yapıda öncelik

bitleri ile DSCP bitlerinin ilk 3 tanesi eşdeğerdir.

ToS Baytı	P2	P1	P0					
DS baytı	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
	Sınıf Seçici			Düşürme önceliği				

Şekil 2.8 ToS baytındaki öncelik bitleri ile DS baytındaki DSCP bitlerinin yerleri

Sınıflandırılmış Hizmetler modeli mimarisi bir ağa giren trafiğin bir hizmet sınıfına atanmasına dayalı basit bir modele dayanmaktadır. Paketlere sınıflandırma ve işaretleme işlemi ağ sınırlarında ya da uç bilgisayarlarda uygulanır. İç yönlendiriciler paket başlığındaki DSCP alanındaki bilgiye göre paketlere değişik şekilde hizmet sunarlar.

Çizelge 2.3'te ToS alanındaki IP öncelik bitleri ile DSCP alanındaki sınıf seçici bitlerinin aynı olduğu görülmektedir. Sınıf seçici değeri (IP öncelik değeri) yüksek olan paketler daha öncelikli olarak iletmeye çalışılmaktadır. Aynı öncelik (sınıf) değerine sahip paketler arasında ise, düşürme önceliği yüksek olan paketlerin ağ cihazlarında düşürülme olasılığı daha yüksektir.



Çizelge 2.3 IP Öncelik değerleri ile DSCP değerlerinin eşleştirilmesi

IP Öncelik (3 bit)			DSCP (6 bit)		
İsim	Değer	Bitler	Sınıf seçici	Düşürme Önceliği	DSCP Bitleri
Sıradan	0	000			000 000 (0)
Öncelik	1	001	1	1: Düşük	001 010 (10)
				2: Orta	001 100 (12)
				3: Yüksek	001 110 (14)
Derhal	2	010	2	1: Düşük	010 010 (18)
				2: Orta	010 100 (20)
				3: Yüksek	010 110 (22)
Anlık	3	011	3	1: Düşük	011 010 (26)
				2: Orta	011 100 (28)
				3: Yüksek	011 110 (30)
Anlık üstüne bindirme	4	100	4	1: Düşük	100 010 (34)
				2: Orta	100 100 (36)
				3: Yüksek	100 110 (38)
Kritik	5	101			101 110 (46)
Ağ kontrol	6	110			
Ağ kontrol	7	111			

#### 2.14.4 IP etiket anahtarlama (IP label switching)

IP etiket anahtarlama sırasında paketin ilerlediği yol boyunca her noktada trafik yönetimi oluşturulur. Trafik, ağa giriş noktalarında yönlendirme etiketi ile etiketlenir ve uygun etiket anahtarlama rota ile ilişkilendirilir. Paketi aktaran cihazlar, yönlendirme kararını IP başlık bilgisine göre değil paketin etiketine bakarak verirler.

#### **2.14.5 TmleŖik hizmetler**

TmleŖik hizmetler modeli ağ parametrelerini uçtan uca grŖerek uygulamalara garanti edilmiŖ servis sağlar. Uygulamalar, dzgn ęalıŖabilmeleri için gerekli olan hizmet seviyesini talep ederler ve uygulama baŖlamadan nce gerekli ağ kaynakları bu uygulamalar için ayrılır. Programlar, ağdan talep edilen hizmet kalitesinin karŖılanabileęini bildiren bir mesaj almadan trafiği baŖlatmazlar.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

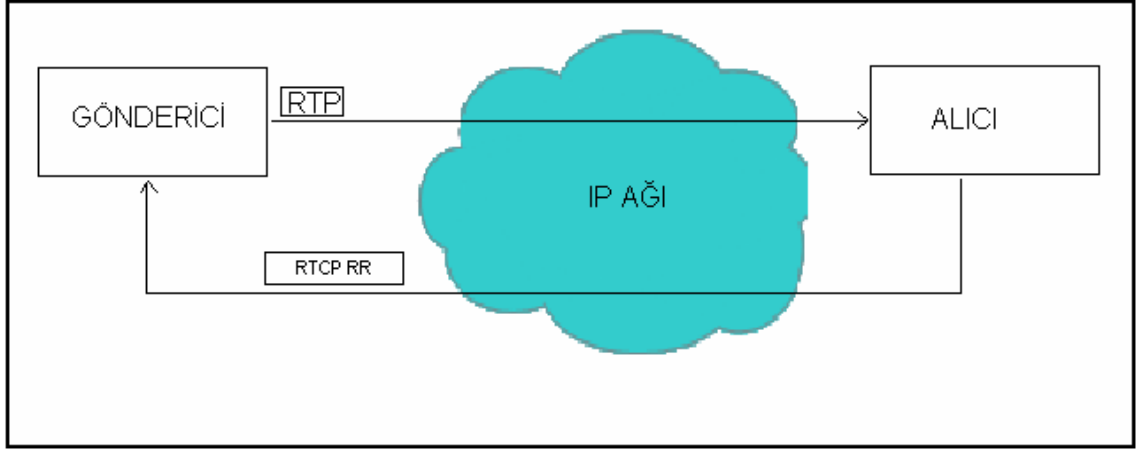
#### 3.1 Materyal

IP ağı üzerinden gerçek zaman karakteristiğine sahip ses ve görüntü verilerini gönderirken alıcıdaki ses kalitesi bu paket kayıplarından etkilenmektedir. Ağ üzerinde meydana gelen paket kayıpları çoğunlukla ağdaki tıkanıklık durumlarında meydana gelmektedir. Tıkanıklık durumlarını algılayıp ihtiyaç duyduğu bant genişliği ihtiyacını ağın durumuna göre ayarlayabilen bir mekanizmanın önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu tezde bu yöntemi kullanan bir uygulama geliştirilerek bu yöntemin başarılı sonuçlar verip vermeyeceği araştırılmıştır.

Ortam olarak geniş-bant müzik sinyali alınmış ve kodlama yöntemi olarak ta ‘MPEG-1 Katman-3’ tercih edilmiştir. Tez çalışmasında kodlama yönteminin ‘MPEG-1 Katman-3’ seçilmesindeki asıl etmen, bu standartta, kod çözücülerin veri akışı esnasında değişen bit hızı değerlerine uyum sağlayabilmesi olmuştur.

Kodlanan müzik RTP paketleri ile IP ağı üzerinden alıcısına taşınmıştır. Hattaki tıkanıklığın algılanabilmesi alıcının gönderdiği RTCP alım raporları ile olmaktadır. Bu yapı şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Gönderici tarafında çalışan ‘MP3 gönderici’ isimli bir program oluşturulmuştur. Bu program bir ‘\*.wav’ dosyasını MP3 formatında kodlayarak alıcıya göndermekte, alıcıdan gelen RTCP raporlarına dayanarak bit hızı değerini değiştirebilmektedir.



Şekil 3.1 Kodlanmış müziğin iletimi ve alıcıdan geri bildirim alınması

Alıcı tarafı için ise, ağdan yayını alıp diske kaydeden, aynı zamanda gönderici programa RTCP alıcı raporları gönderen ‘MP3 alıcı’ adlı bir program oluşturulmuştur.

Bu programlar aşağıdaki bölümlerde kısaca açıklanmıştır.

### 3.1.1 MP3 gönderici programı ve çalışma şekli

Gönderici tarafta çalışan bu program, Microsoft Windows XP işletim sistemi üzerinde Microsoft Visual C++ ile geliştirilmiştir. Diğer işletim sistemlerinde çalışıp çalışmadığı denenmemiştir. Bu programın geliştirilmesinde [www.live555.com](http://www.live555.com) adresinden temin edilen ‘LIVE555 Streaming Media’ kaynak kodlarından ve [http://www.mp3-tech.org/encoders\\_win.html](http://www.mp3-tech.org/encoders_win.html) adresinden elde edilen ‘Blade’ kaynak kodlarından büyük ölçüde yararlanılmıştır. Programın çalışması başlangıcında ekrana gelen görüntü Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Program çalıştırıldığında kodlamanın hangi bit hızı değerinde başlayacağı başlangıç kalitesi alanından seçilebilir. Olabilecek değerler 32, 40, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256 ve 320 kbps'dir. Başlangıç değerinin varsayılan kalitesi 128 kbps'dir. Program şu haliyle dosyaları 44100 kHz'de her örneği 16 bitle örneklenmiş stereo ses olduğunu varsayarak işlediği için 80 kbps ve daha düşük değerlerde kodlama yapmak bu özellikteki ses verisini, dinlerken rahatsızlık yaratacak derecede bozabilir. Bu yüzden minimum kalite olarak 80 kbps seçilmesi tavsiye edilmektedir.

The screenshot shows the 'MP3 GÖNDERİCİ' application window. It has a title bar with the program name and a close button. The main area is divided into several sections:

- Dosya:** A text input field for the file name and an 'Ara' button.
- ALICI IP:** A text input field containing '192.168.16.30' and a 'Yayına Basla' button.
- Port:** A text input field containing '6666'.
- Maksimum kalite (kbps):** A dropdown menu set to '320'.
- Baslangic kalitesi (kbps):** A dropdown menu set to '128'.
- Minimum kalite (kbps):** A dropdown menu set to '032'.
- Tampon boyu (paket):** A text input field containing '30'.
- istatistikler:** A panel on the right showing statistics: 'Gecikme degisimi:0', 'Toplam paket kaybi: 0', 'Son iki RR arasindaki kayip:0', and 'Stream edilen paket sayisi: 0'.
- Durum:** A panel at the bottom showing 'Kodlanan paket: 0' and 'kbps : 0'.

Şekil 3.2 MP3 gönderici programı başlangıç ekranı

Eğer sabit bant genişliğinde bir yayın yapılmak isteniyorsa minimum kalite ve maksimum kalite değerleri başlangıç kalitesi ile aynı seçilmelidir.

Alıcı IP alanına, yayını dinlemesi istenen kişinin IP numarası yazılmalıdır.

Port alanına, yayının aktarılmasının istendiği UDP port numarası belirtilmelidir. Varsayılan değer 6666'dır.

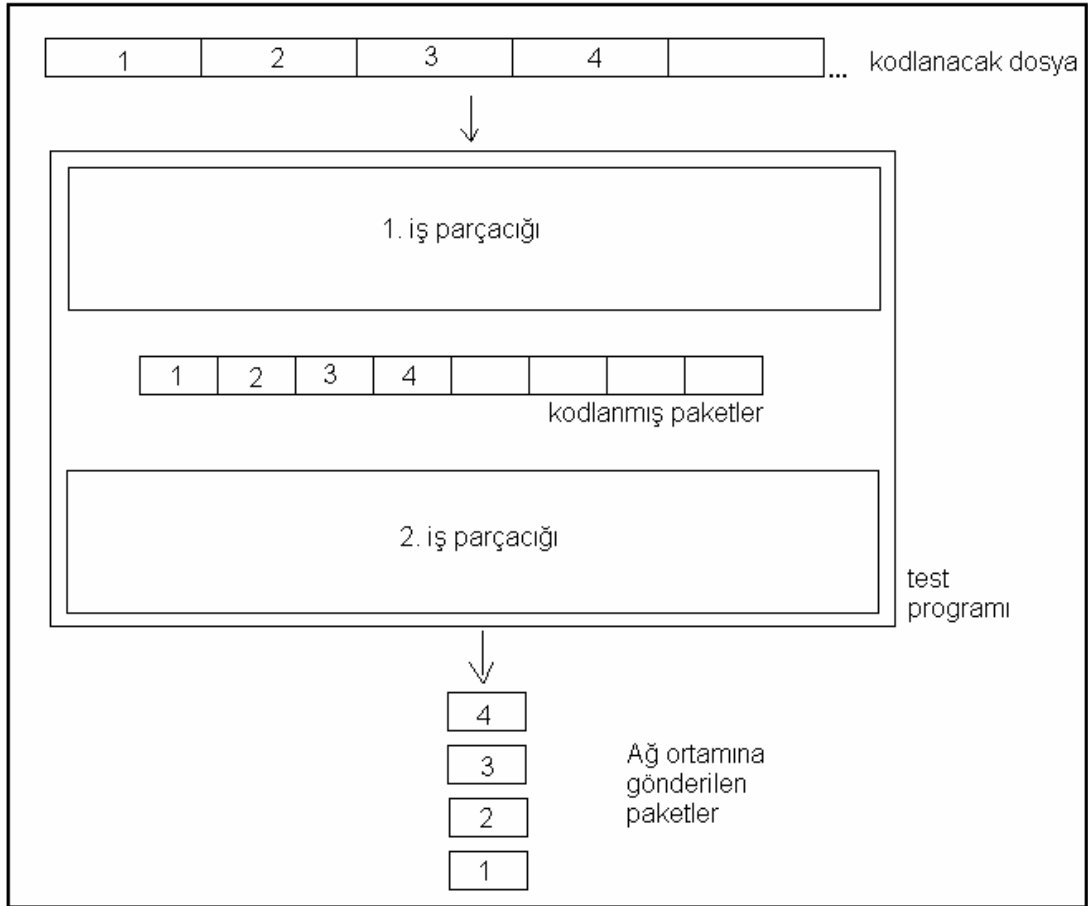
Tampon alanındaki değer yayın edilen paket numarası ile kodlanan paket numarası arasındaki farkı belirler. Bu değer sistemin çalışmasına etkisi, programın iç işleyişinin açıklandığı ileriki paragraflarda açıklanacaktır.

Bu program iki adet iş parçacığından oluşmaktadır. İlk iş parçacığı sabit diskte kayıtlı olan bir '.wav' uzantılı dosyayı 44100 Hz'de her biti 16 bitle örneklenmiş stereo ses olarak bloklar halinde okumakta ve okuduğu blokları MP3 formatında kodlamaktadır. Okuduğu dosya ismine '.mp3' uzantısı vererek oluşturduğu ikinci bir dosyaya da bu kodlanan blokları yazmaktadır.

İkinci iş parçacığı ise ilk iş parçacığının oluşturduğu MP3 paketlerini RTP paketleri içerisine yerleştirip alıcıya göndermektedir. İkinci iş parçacığı, ilk iş parçacığı en az 2 adet paketi kodlamadan başlatılmamaktadır. İkinci iş parçacığı, çalışmaya başladığında, daha önceden ilk iş parçacığının kodlayıp sıraya koyduğu paketleri göndermektedir. Sırada kaç adet paketin bekletileceği, programın penceresindeki 'tampon' alanından belirtilebilir. Varsayılan olarak bu değer 30'dur. İlk iş parçacığı, hali hazırda ağ ortamına aktarılmamış olan 30'dan daha fazla paket kodlamayacak şekilde ayarlanmıştır. İkinci iş parçacığı tampondaki paketleri ağ ortamına aktardıkça, ilk program bu paketlerin yerlerine yeni paketler yerleştirecektir.

Tampondaki paket sayısı değeri, gönderici programın alıcı raporlarına ne denli hızlı

tepki verebileceğini belirler. Alıcıdan gelen raporlar doğrultusunda kodlamada yapılan değişikliklerle, yeni değerle kodlanmış paketler, ancak tampondaki eski değerle kodlanmış paketler işlenip ağ ortamına aktarıldıktan sonra ikinci program tarafından işlenip ağ ortamına aktarılabilir. Bu değer 5 ya da 6 gibi çok küçük bir değer olması durumunda ise işlenecek '\*.wav' dosyasının tamamı işlenmeden program sona erebilmektedir. Bu değer ne kadar küçültülebileceği, programın çalıştırıldığı bilgisayardan bilgisayara da değişmektedir. Bu farklılığın, programın çalıştırıldığı bilgisayarın donanım özelliklerine ve o bilgisayarda çalışan diğer programların sayısına bağlı olduğu düşünülmektedir. Yüksek işlemci gücü olan bilgisayarlar daha küçük tampon değerleriyle, kaynak dosyayı tümüyle kodlayarak alıcıya gönderebilmektedirler. Programın bileşenleri Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 MP3 gönderici programının bileşenleri

Program çalışırken, her 200 milisaniyede alıcıdan RTCP alıcı raporu alınıp alınmadığı kontrol edilmekte ve gelen alıcı raporlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda paket kayıpları değerlendirilmektedir.

Paket kayıpları ilk kez oluşmaya başladıysa kodlamadaki bit hızı değeri 3 kademe birden düşürülecektir. Kodlamada yapılan bu değişikliğin sonuç vermesi için bir miktar zamana ihtiyaç vardır. Bu değer 8 adet RTCP alıcı raporu alma süresi olarak atanmıştır. Bu süre sonunda ağda paket kayıpları hala devam ediyorsa, ağdaki trafiğin hala çok fazla olduğu düşünülüp kodlama 2 kademe daha düşürülecektir. Eğer ardışık 40 adet RTCP alıcı raporunda, gönderilen paketlerin kayıpsız alındığı belirtilmişse, ağdaki mevcut bant genişliğinin yeterli olduğu düşünülerek bir üst kademedeki bit hızı değeriyle kodlama yapılarak gönderilecektir.

RTCP raporları için standartta belirtilmiş olan minimum değer 5 saniye olmasına rağmen, programda bu değer düşürülmüştür. Gönderici programın ağdaki paket kayıplarından hızlı bir şekilde haberdar olabilmesi bu ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle 'MP3 alıcı' uygulaması her 250 milisaniyede bir RTCP raporu göndermektedir. Buna göre, yukarıdaki paragrafta RTCP alma süresi ile belirtilmiş olan değerler 8 adet RTCP raporu alma süresi için 2 saniye, 40 adet RTCP raporu alma süresi olarak ta 10 saniyeye karşılık gelmektedir.

Programın çalışması süresince, kodlanacak kaynak dosyanın ne kadarının kodlandığı, program penceresindeki durum bölgesinde gösterilmektedir. Yine aynı bölgede, o an kodlamanın hangi bit hızı değeri ile gerçekleştiği de gösterilmektedir.



### 3.1.2 MP3 alıcı programı ve çalışma şekli

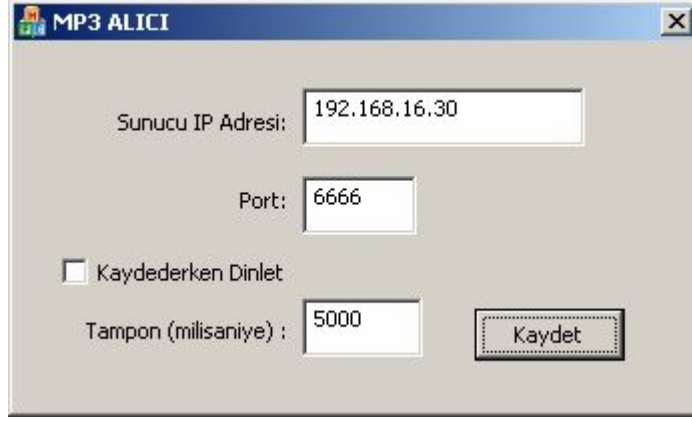
MP3 gönderici programından gönderilen verileri ağ ortamından alıp diske kaydetmek için, alıcı tarafında çalışan MP3 alıcı adlı bir program geliştirilmiştir. Program, MP3 gönderici programı gibi, Microsoft Windows XP işletim sistemi üzerinde Microsoft Visual C++ ile geliştirilmiştir. Diğer işletim sistemlerinde çalışıp çalışmadığı denenmemiştir. Bu programın geliştirilmesinde [www.live555.com](http://www.live555.com) adresinden temin edilen 'LIVE555 Streaming Media' kaynak kodlarından büyük ölçüde yararlanılmıştır. Program çalıştırıldığında ekrana gelen görüntü Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Sunucu IP adresi ve port kısmı doldurulduktan sonra kaydet tuşuna basıldığında, program kendisine MP3 gönderici programının göndermiş olduğu paketleri ağ ortamından alıp diske kaydetmeye başlayacaktır.

Gönderici IP adresi, MP3 gönderici programının çalıştığı bilgisayarın IP adresi olmalıdır. Port değeri ise, MP3 gönderici programı çalıştırılırken belirtilen port değeri olmalıdır.

Kaydet tuşuna basıldıktan sonra, program, çalıştırıldığı dizinde 'test.mp3' adlı bir dosya oluşturup bu dosyaya aldığı paketlerden elde ettiği verileri yazmaktadır.

Bu dosya, MP3 alıcı programı kayıt yaparken, başka bir MP3 çalan program tarafından açılıp dinlenebilmektedir.



Şekil 3.4 MP3 alıcı programı başlangıç ekranı

Başka bir MP3 çalar programına olan ihtiyacı ortadan kaldırmak amacıyla MP3 alıcı programına, diske yazdığı MP3 dosyasını açarak dinleten bir bölüm eklenmiş, fakat bu bölümün çok kararlı çalışmadığı görülmüştür. Çalışmaya başladıktan bir süre sonra çalma işlemi kendiliğinden durabilmekte, ya da seste kesintiler olabilmektedir. Bu bölüm kullanılmak istenirse, programın dosyayı yazmaya başladığı an ile dosyayı çalmaya başlayacağı an arasındaki zamanın, tampon alanına girilerek, 'Kaydederken dinlet' kutucuğunun işaretlenmesi gerekmektedir. Tampon alanının varsayılan değeri 5000 milisaniyedir.

Bu program, gönderici bilgisayara, her 250 milisaniyede bir RTCP alıcı raporu göndermektedir.

### 3.1.3 Streamer Programı

Deney sırasında hatta 256 kbps sabit bit hızı ile müzik verisi gönderen streamer isimli bir program kullanılmıştır. Bu program da 'Live Media' kodlarından oluşturulmuştur. Bu program veri göndermek için 7777 numaralı portu kullanmaktadır. RTCP için ise

7778 numaralı portu kullanmaktadır.

Bu program, çalıştırıldığı dizindeki test1.mp3 dosyasını, 10.1.1.10 IP numaralı bilgisayara göndermek için oluşturulmuştur. Program, girdi olarak başka bir hedef IP almamaktadır.

Streamer programı sadece veri oluşturmak için düşünülmüştür. Gönderici bilgisayarın olduğu Ethernet ağında ikinci bir bilgisayar kullanıldığı takdirde MP3 gönderici programı sabit bit hızı değerinde çalıştırılırsa yine aynı trafik yaratılmış olacaktır. Streamer programı kodlama yapmadığı için daha az sistem kaynağı kullanmaktadır. Bu program gönderici bilgisayarda kullanılmıştır.

## **3.2 Yöntem**

### **3.2.1 Deney ortamı**

Deney ortamı Şekil 3.5'teki gibi düzenlenmiştir.

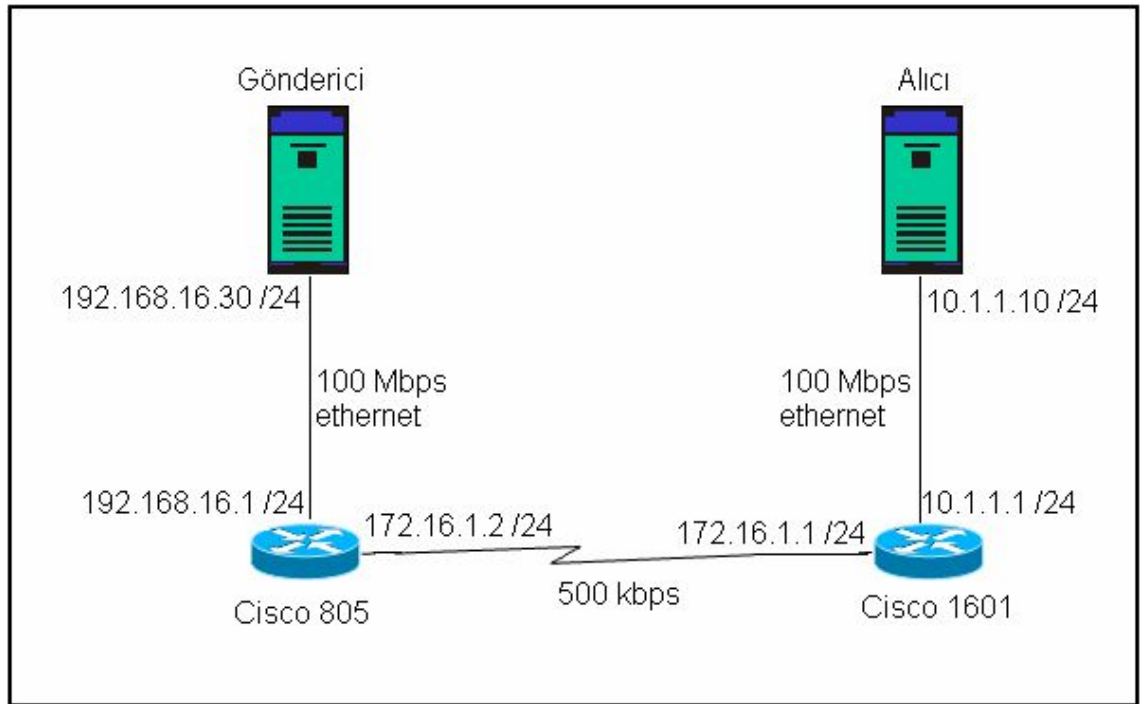
Gönderici bilgisayar olarak üzerinde AMD Athlon 1800+ 1.53 GHz işlemci ve 224 MB RAM bulunan, Microsoft Windows XP Professional işletim sistemi ile çalışan bir masa üstü bilgisayar kullanılmıştır.

Alıcı bilgisayar olarak ise, Dell Inspiron 2200 modeli bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Üzerinde Pentium M 1.60 GHz işlemci ve 504 Mb RAM bulunan bu

bilgisayar Microsoft Windows XP Home işletim sistemi ile çalışmaktadır.

Yönlendiriciler birbirlerine V.35 kablolar kullanılarak bağlanmıştır. Cisco 805 tarafında V.35 dışı kablo kullanılmış ve hız sınırlaması bu yönlendirici üzerinde yapılmıştır.

Cisco 805, üzerinde SNMP protokolü çalışacak şekilde ayarlanmıştır. Gönderici bilgisayar üzerine PRTG programının 5.0.3.398 numaralı sürümü kurulmuş ve deneyler sırasında Cisco 805 ile 1601 arasındaki hattaki trafik grafiksel olarak izlenmiştir. PRTG programı <http://www.paessler.com> adresinden temin edilmiştir.



Şekil 3.5 Deney ortamı

5 farklı deney gerçekleştirilmiştir.

İlk deney, hatta trafik varken değişken bit hızında veri gönderme deneyidir. Bu deney hatta trafik varken bit hızı değiştirmenin ne gibi sonuçlar doğuracağını görmek için düzenlenmiştir. Hattaki trafiğin, alıcı tarafında, o hattı kullanan başka bir kullanıcının sabit bit hızı ile müzik dinlediği bir durumdan kaynaklandığı düşünölmüştür. Gönderici bilgisayarda streamer programı çalıştırılmış ve 256 kbps sabit bit hızındaki müzik, alıcı bilgisayara gönderilmeye başlanmıştır. Hatta bu trafik varken, MP3 gönderici programı 192 kbps hız ile kodlamaya başlayıp 80 kbps ile 320 kbps hızları arasında değişebilecek şekilde çalıştırılmıştır.

İkinci deney, hatta trafik yokken değişken bit hızıyla veri gönderme deneyidir. Bu deneyde, kullanılmayan bol miktarda ağ kaynağı varken, değişken bit hızlarıyla veri göndermenin sonuçlarını görmek amaçlanmıştır. Hatta trafik yokken MP3 gönderici program 80 kbps bit hızı ile kodlamaya başlayıp 80 kbps ile 320 kbps bit hızları arasında değişebilecek şekilde çalıştırılmıştır.

Üçüncü deney, değişken bit hızlarıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyidir. Yüksek bit hızı ile kodlama yapıldığı bir sırada, bir başkasının da aynı hattan müzik dinlemeye çalışması halinde meydana gelecek bir ani tıkanıklık durumunda, bit hızını değiştirmenin nasıl sonuçlar vereceğini görmek için düzenlenmiştir. Hatta trafik yokken MP3 gönderici programı 80 kbps ile 320 kbps bit hızları arasında değişebilecek şekilde çalıştırılmış, MP3 gönderici programı kodlama bit hızını artırdıktan sonra, 320 kbps ile kodlama yaptığı bir sırada, streamer programı da çalıştırılmış ve hattaki trafiğin bir anda artması sağlanmıştır.

Dördüncü deney, hatta trafik varken sabit bit hızında veri gönderme deneyidir. Bu deney ilk deneyde elde edilen sonuçların daha iyi değerlendirilebilmesi için düzenlenmiştir. Hatta başka bir müzik yayını yapılmakta iken, sabit bit hızıyla veri göndermeye çalışmanın sonuçlarını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Aynı şartlar altında

değişken bit hızında veri gönderme yönteminin, sabit bit hızında veri göndermeye göre daha iyi sonuçlar üretip üretmediği ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır. Gönderici bilgisayarda streamer programı çalıştırılmış ve 256 kbps sabit bit hızı değerindeki müzik, alıcı bilgisayara gönderilmeye başlanmıştır. Hatta bu trafik varken MP3 gönderici programı 320 kbps sabit bit hızı ile kodlama yapacak şekilde çalıştırılmıştır.

Beşinci deney, sabit bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyidir. Bu deneyde sabit bit hızı ile veri gönderilirken, hattı başkalarının da kullanmaya başlaması ile oluşacak ani tıkanıklık durumunda ortaya çıkan sonuçlar izlenmeye çalışılmıştır. Bu deney de, aynı şartlar altında, değişken bit hızları ile veri gönderme yönteminin başarılı olup olmadığını ortaya çıkarmak için düzenlenmiştir. Hatta trafik yokken MP3 gönderici programı 320 kbps sabit bit hızı ile kodlama yapacak şekilde çalıştırılmıştır. MP3 programı veri göndermeye devam ederken streamer programı da çalıştırılarak hattaki trafiğin bir anda yüksek bir seviyeye çıkması sağlanmıştır.

Deneylerin tümünde, alıcı tarafında MP3 alıcı programı kullanılmış ve alınan müzik dosyaları kaydedilmiştir. MP3 gönderici programının gönderdiği müzik dosyası olarak Sarah Brightman'in Harem adlı parçası kullanılmıştır. 'Sarah Brightman – Harem.wav' adlı bu dosya 44.1 kHz ile örneklenmiş 16 bit stereo bir müzik dosyasıdır.

Deneyler sırasında, MP3 gönderici programının oluşturduğu RTCP alıcı raporlarından elde edilen veriler ve o anki kodlama bit hızı değerleri grafik ortama aktarılmış ve değerlendirilmiştir.

MP3 alıcı programının kaydettiği müzik dosyaları da 16 kişiye tek tek dinletilmiş ve MOS değerleri elde edilmiştir. Bu MOS değerleri, MP3 gönderici programından elde edilen diğer verilerle birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara istatistiksel

anlamlılık testi uygulanmıştır. Dinleme testleri sırasında kullanılan MOS dereceleri Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 Dinleme testleri sırasında kullanılan MOS dereceleri

MOS Değeri	ANLAMI
5	Algılanabilir bir fark yok
4	Algılanabilir farklar var ama rahatsız edici değil
3	Algılanabilir farklar var ve biraz rahatsız edici
2	Rahatsız edici
1	Çok rahatsız edici ve hiç hoş değil

### 3.2.2 Hipotez testi

Bir durum hakkında ileri sürülen varsayımlardır. Önemlilik testleri bir hipotezi test etmek için yapılır. Hipotez, istatistiksel olarak  $H_0$  yokluk hipotezi ve  $H_1$  alternatif hipotez olarak yönlü ya da yönsüz olarak belirlenir. Yönlü olmayan (çift kuyruklu) hipotezlerde örneklem ortalamalarından hangisinin daha büyük olduğu değil, sadece ortalamaların eşit olup olmadığı incelenmektedir. Yönlü (tek kuyruklu) hipotezler ise örneklem ortalamalarının birbirinden büyük ya da küçük olup olmadıklarını dikkate alınarak kurulur.

Her zaman yokluk hipotezi test edilir. Bir hipotez kabul veya ret edildiğinde her zaman doğru sonuca varıldığı ya da varılan kararın doğru olduğu söylenemez. Doğru bir hipotezin yanlışlıkla reddedilmesi veya yanlış bir hipotezin kabul edilmesi her zaman olasıdır.

### 3.2.3 Bağımlı gruplar için t testi

Örnek çiftleri birbirinden bağımsız değilse bu test uygulanır. Eşli örnekler t testi olarak da adlandırılır.

Yokluk hipotezi,  $H_0: \mu_A = \mu_B$  ya da  $\mu_A - \mu_B = 0$

ve alternatif hipotez,  $H_1: \mu_A > \mu_B$  ya da  $\mu_A - \mu_B > 0$  olarak kurulur.

n: denek sayısı,

$(x_i, y_i)$ : i numaralı deneğin x ve y seslerine verdiği puan çifti,

$d_i$ : gözlem çiftleri arasındaki fark ( $d_i = x_i - y_i$ ),

$\bar{d}$ : gözlem çiftleri arasındaki farkların ortalama değeri,

$s_d$ : örnek çiftleri arasındaki farkların standart sapması olmak üzere

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

formülü ile bir t değeri hesaplanır. Özgürlük derecesi:  $df = n - 1$  olarak ifade edilir. Her bir anlam düzeyinde, her özgürlük derecesi için farklı olmak üzere sabit bir  $t_{df}$  değeri vardır. Hesaplanan t değeri bu  $t_{df}$  değerinden küçük ise  $H_0$  hipotezinin reddedilemeyeceği söylenir. Hesaplanan t değeri bu  $t_{df}$  değerinden küçük değilse,  $H_0$  hipotezi reddedilir.



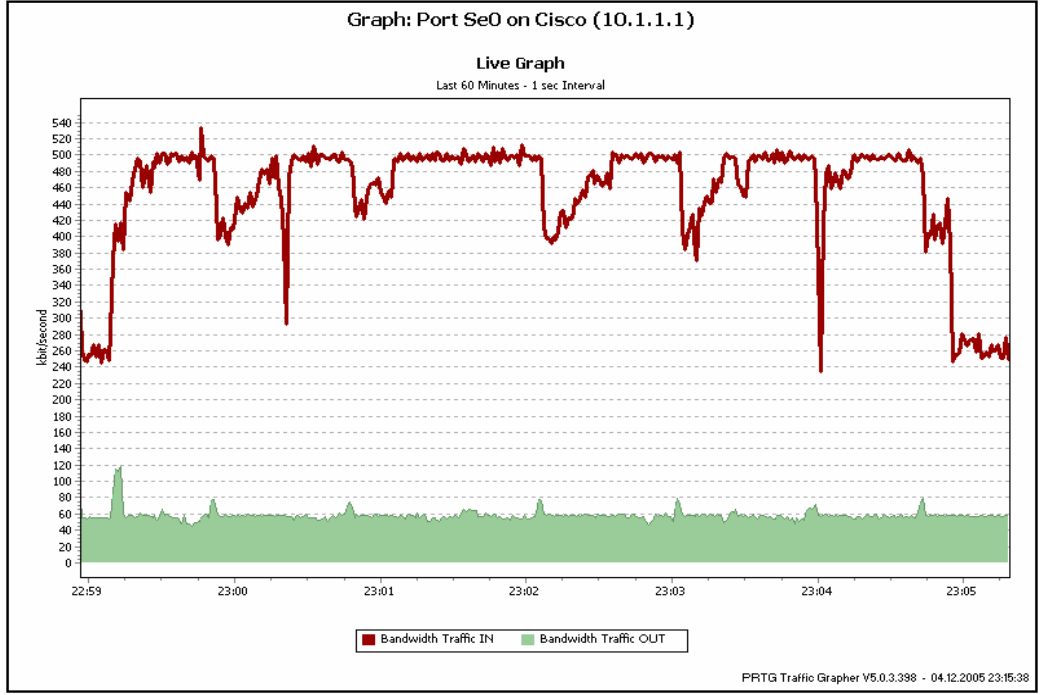
## **4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Deneyler sırasında hatta oluşan trafiğin daha iyi izlenebilmesi için, PRTG programında grafikler her saniye alınan verilerden oluşacak şekilde düzenlenmiştir. Yapılan 5 ayrı deney ve elde edilen bulgular aşağıdadır.

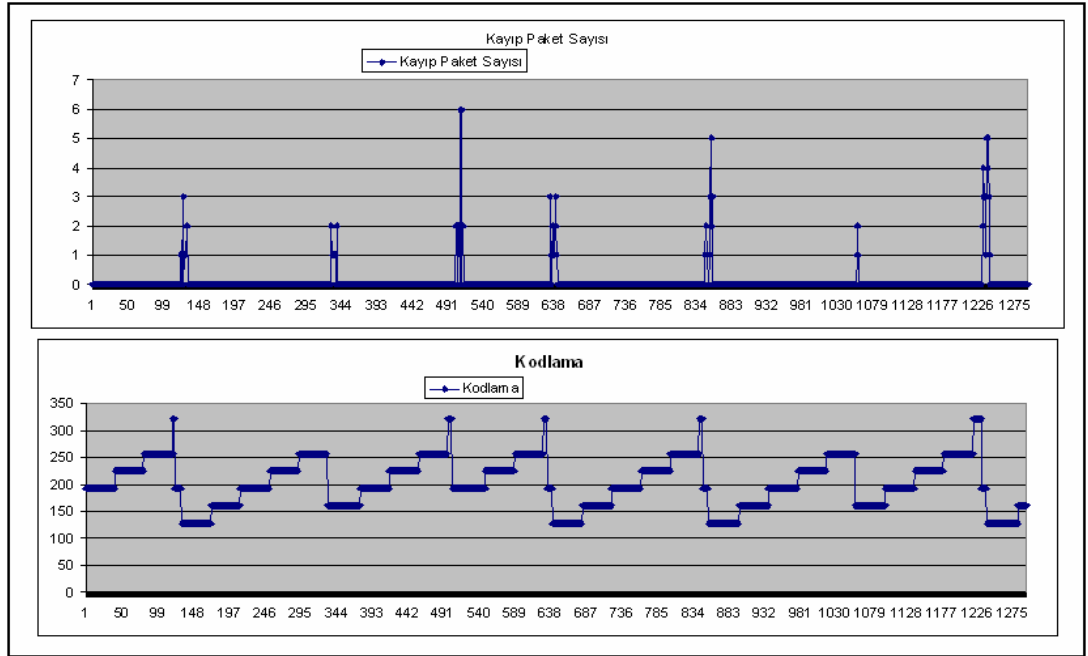
### **4.1 Deney 1 – Hatta Trafik Varken Değişken Bit Hızında Veri Gönderme**

İlk deneyde gönderici bilgisayarda streamer programı çalıştırılmış ve 256 kbps sabit bit hızı değerindeki müzik, alıcı bilgisayara gönderilmeye başlanmıştır ve hatta bu trafik varken MP3 gönderici programı 192 kbps hız ile kodlamaya başlayıp 80 kbps ile 320 kbps bit hızları arasında değişebilecek şekilde çalıştırılmıştır. Hatta trafik varken bit hızı değiştirmenin sonuçları izlenmiştir.

Şekil 4.1’de hat kullanımı gösteren PRTG grafiği sunulmuştur. Şekil 4.2’de ise paket kayıpları ve o anki bit hızı değerleri gösterilmiştir. Paket kayıplarını gösteren tablolarda yatay eksenle belirtilen değerler, alınan RTCP alıcı raporunun alınma sırasına göre numarasıdır. Her 0.25 saniyede bir RTCP raporu gönderildiği dikkate alınmalıdır. Bu deneyde toplam 124 paket kaybı meydana gelmiştir.



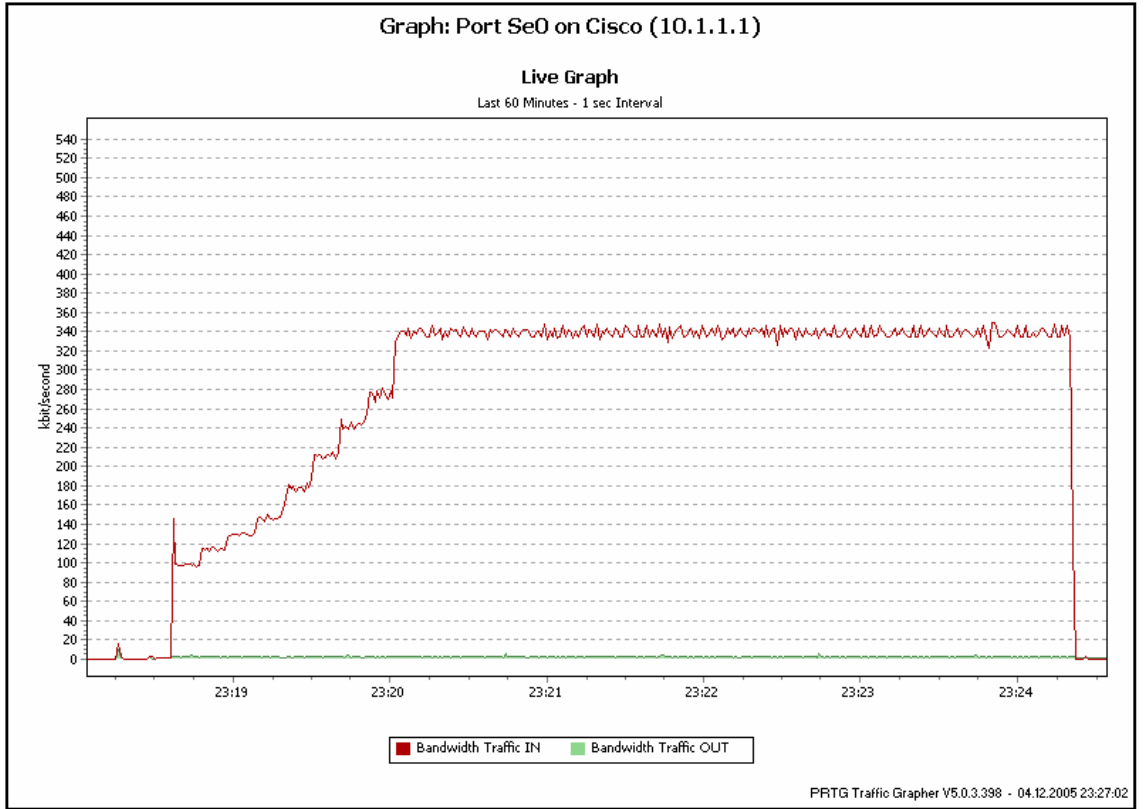
Şekil 4.1 Hatta trafik varken değişken bit hızında veri gönderme deneyi için hat kullanımı



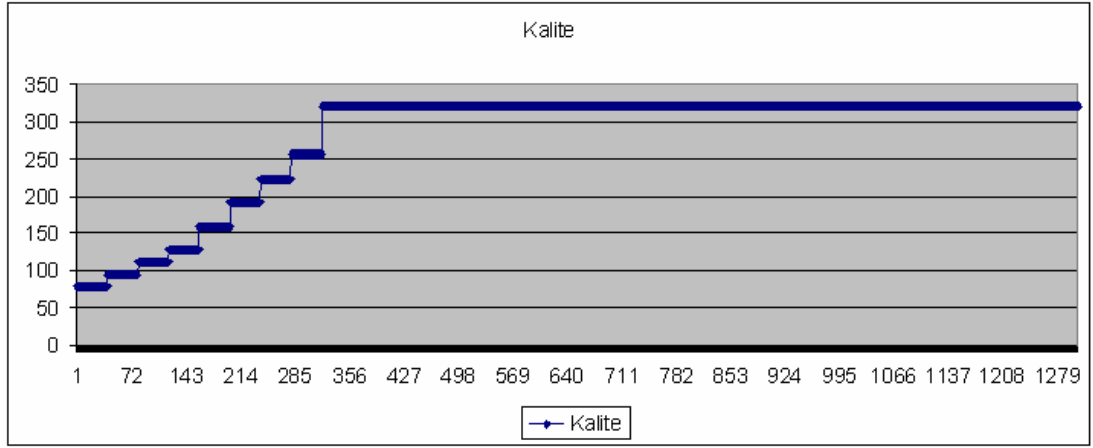
Şekil 4.2 Hatta trafik varken değişken bit hızında veri gönderme deneyinde görülen paket kayıpları ve kodlama bit hızı

## 4.2 Deneysel 2 – Hatta Trafik Yokken Değişken Bit Hızıyla Veri Gönderme

Bu deneyde, test ortamında herhangi bir trafik yokken MP3 gönderici programı 80 kbps bit hızı ile kodlamaya başlayıp 80 kbps ile 320 kbps bit hızları arasında değişebilecek şekilde çalıştırılmıştır. Bu deneyde ise hattaki bant genişliğinin müsait olması durumunda bit hızı değiştirmenin sonuçları izlenmiştir. Şekil 4.3'te hat kullanımı ve Şekil 4.4'te bit hızı değişimi gösterilmiştir. Bu deney sırasında paket kaybı meydana gelmemiştir.



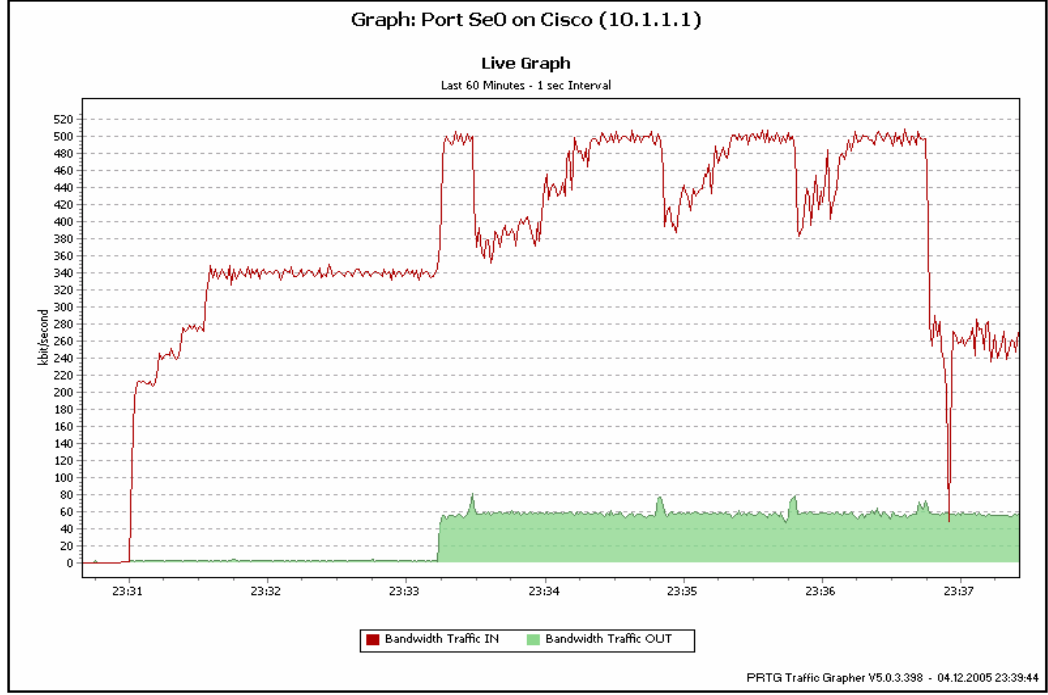
Şekil 4.3 Hatta trafik yokken değişken bit hızıyla veri gönderme deneyi için hat kullanımı



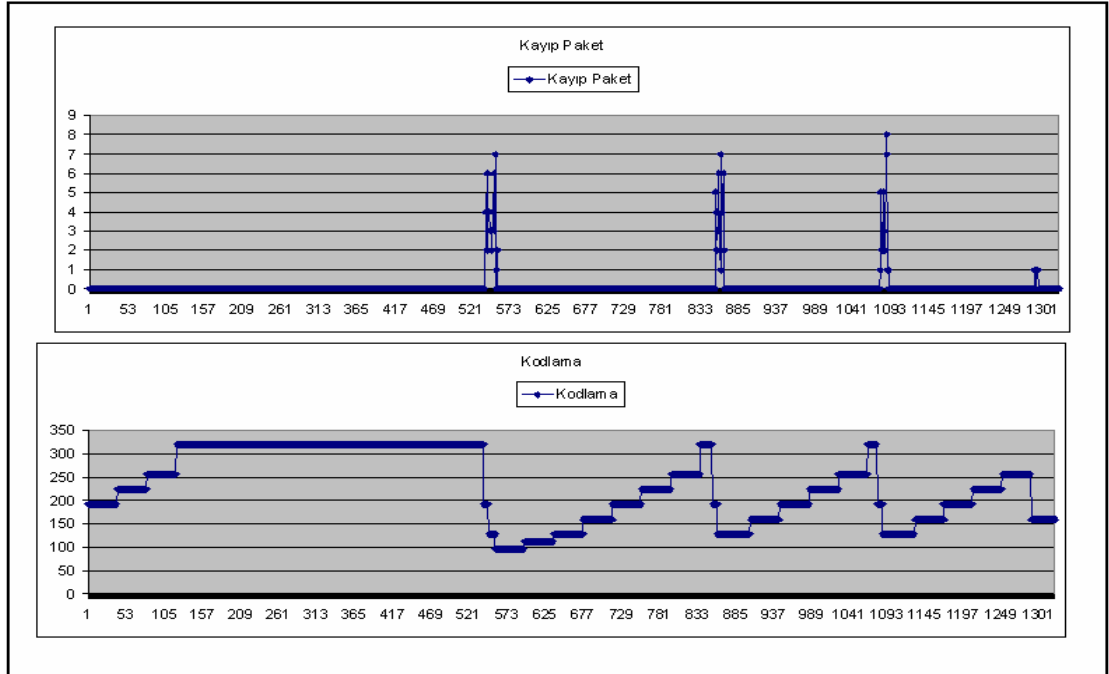
Şekil 4.4 Hattaki trafik yokken değişken bit hızıyla veri gönderme deneyinde kodlama bit hızı

#### 4.3 Deney 3 – Değişken Bit Hızıyla Veri Gönderirken Ani Tıkanıklık Durumu

Bu deneyde, hatta herhangi bir trafik yokken MP3 gönderici programı 192 kbps bit hızı ile başlayıp 80 kbps ile 320 kbps bit hızları arasında değişebilecek şekilde çalıştırılmış, yaklaşık 2 dakika sonra, MP3 gönderici programı 320 kbps hızında çalışırken streamer programı da çalıştırılmış ve hattaki trafiğin bir anda artması sağlanmıştır. Yüksek bit hızı ile kodlama yapıldığı sırada hattaki trafiğin artması durumunda bit hızı değiştirmenin sonuçları izlenmiştir. Şekil 4.5'te hat kullanımı, Şekil 4.6'da paket kayıpları ve bit hızı değişimleri gösterilmiştir. Bu deneyde toplam 157 paket kaybı meydana gelmiştir.



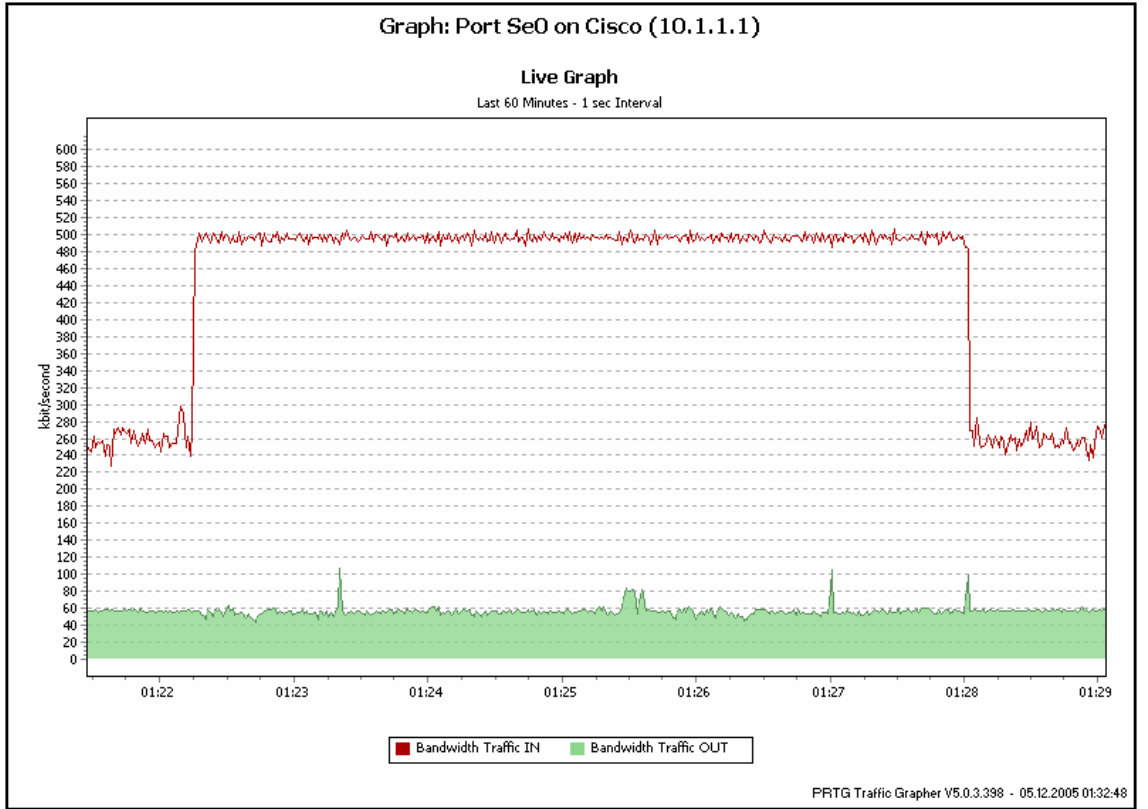
Şekil 4.5 Değişken bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyi için hat kullanımı



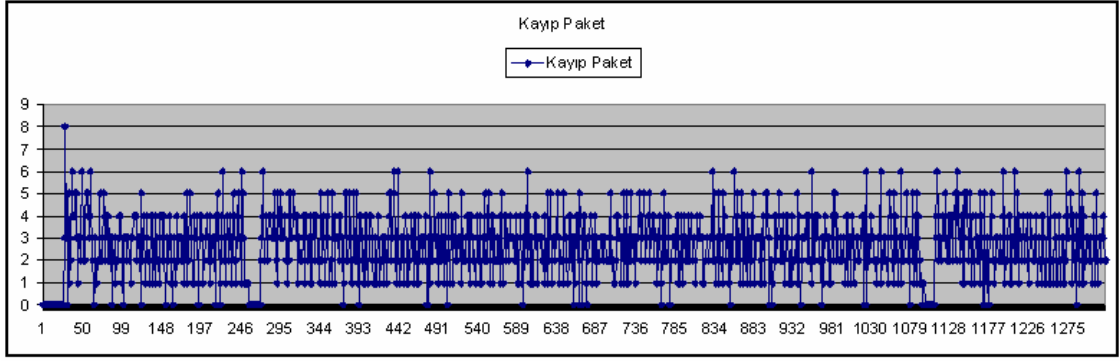
Şekil 4.6 Değişken bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyinde görülen paket kayıpları ve kodlama bit hızı

#### 4.4 Deneysel 4 - Hatta Trafik Varken Sabit Bit Hızında Veri Gönderme

Bu deneyde, gönderici bilgisayarda streamer programı çalıştırılmış ve 256 kbps sabit bit hızı değerindeki müzik, alıcı bilgisayara gönderilmeye başlanmıştır. Hatta bu trafik varken MP3 gönderici programı 320 kbps sabit bit hızı ile kodlama yapacak şekilde çalıştırılmıştır. Hatta trafik varken sabit 320 kbps bit hızı ile kodlamanın sonuçları izlenmiştir. Şekil 4.7’de hat kullanımı ve Şekil 4.8’de paket kayıpları gösterilmiştir. Bu deneydeki paket kaybı sayısı 3487’dir.



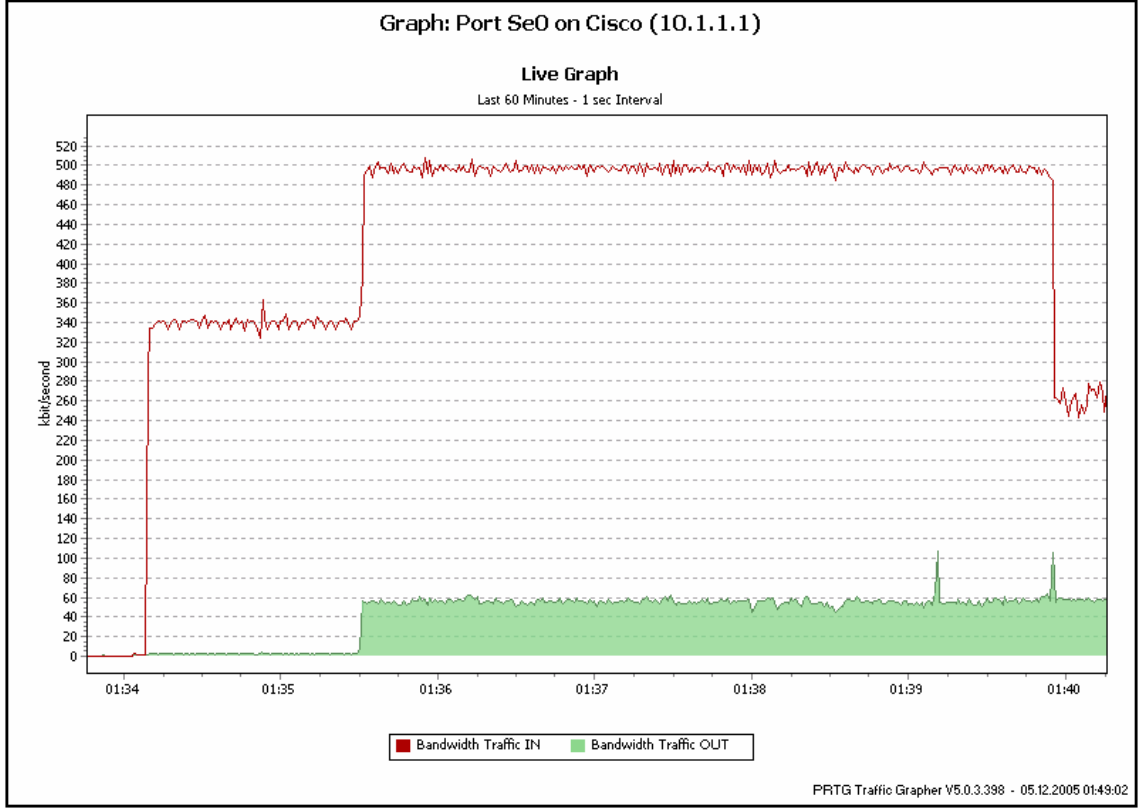
Şekil 4.7 Hatta trafik varken sabit bit hızında veri gönderme deneyi için hat kullanımı



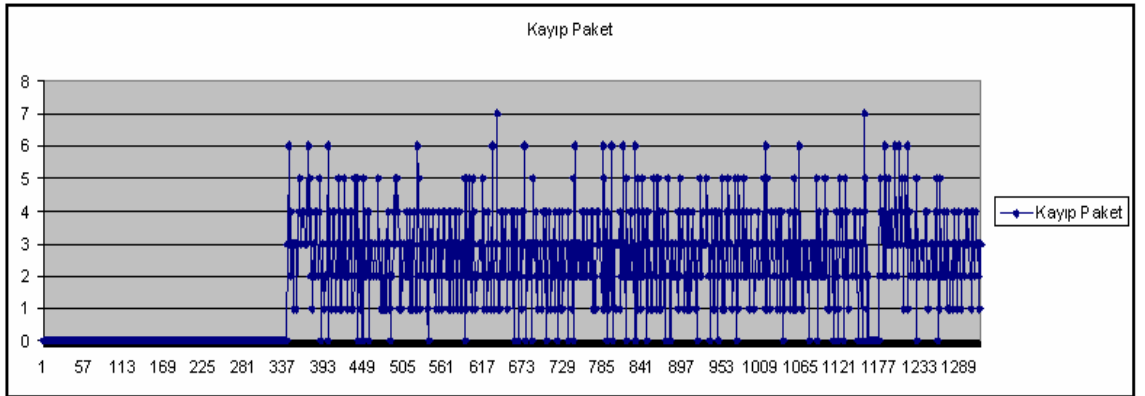
Şekil 4.8 Hatta trafik varken sabit bit hızında veri gönderme deneyinde görülen paket kayıpları

#### 4.5 Deney 5 – Sabit Bit Hızıyla Veri Gönderirken Ani Tıkanıklık Durumu

Beşinci deneyde ise, hatta herhangi bir trafik yokken MP3 gönderici programı 320 kbps sabit bit hızı ile kodlama yapacak şekilde çalıştırılmıştır. Yaklaşık bir buçuk dakika sonra streamer programı da çalıştırılmıştır. Hattaki trafiğin bir anda yüksek bir seviyeye çıkması sağlanmış ve bu değişikliğin sonuçları izlenmiştir. Şekil 4.9’da hat kullanımı ve Şekil 4.10’da paket kayıpları gösterilmiştir. Bu deneyde 2633 adet paket kaybı oluşmuştur.



Şekil 4.9 Sabit bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyi için hat kullanımı



Şekil 4.10 Sabit bit hızıyla veri gönderirken ani tıkanıklık durumu deneyinde görülen paket kayıpları



#### 4.6 Dinleme Testleri

Deneyleer sırasında alıcı programın kaydettiği sesler 16 kişiye dinletilmiş ve MOS değerleri elde edilmiştir. Dinletilen sesler arasına kodlanmamış asıl ses de yerleştirilmiş ve MOS puanı 0,25 standart hata ile 4,94 olarak ölçülmüştür. Testlerde oluşan paket kayıpları ve elde edilen MOS değerleri Çizelge 4.1'de görölmektedir.

Çizelge 4.1 Testlerde oluşan paket kayıpları ve elde edilen MOS değerleri

	Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5
İkinci veri akışı	++	-	+	++	+
Kodlama bit hızı (kbps)	Değişken (80-320)	Değişken (80-320)	Değişken (80-320)	Sabit (320)	Sabit (320)
Toplam paket kaybı	124	0	157	3487	2633
MOS puanları (ortalama)	3,06	4,81	2,94	1,56	1,69
MOS standart sapma	0,68	0,40	0,77	0,73	0,70

- : ikinci veri akışı yok

+ : ikinci veri akışı deney ortasında başlatıldı

++ : ikinci veri akışı deney boyunca mevcut

2 numaralı deneyde, hiç paket kaybı olmamasına rağmen, var olan bant genişliğinden olabildiğince fazla yararlanmak amacıyla, veri akışı sırasında kodlamada değişiklikler yapılmıştır. Yapılan bu değişikliklerin ses kalitesini etkileyip etkilemediği istatistiksel olarak incelenmiştir.

Aşağıdaki hipotezler kurularak bağımlı örnekler için t testi %95 anlam düzeyinde uygulanmıştır. Test verileri 16 kişiden elde edildiğinden, özgürlük derecesi df, 15 tir.

$\mu_0$ : orjinal sese verilen puanların ortalaması

$\mu_2$ : 2 numaralı deneyde kaydedilen sese verilen puanların ortalaması

$H_0: \mu_0 - \mu_2 = 0$  (Yokluk Hipotezi)

$H_1: \mu_0 - \mu_2 > 0$  (H1:Alternatif Hipotez)

d: gözlem çiftleri arasındaki fark olmak üzere,

$S_d=0,34$  ve d' nin ortalama değeri  $0,125$  olarak tespit edilmiştir.

$\alpha = .05$  ( $\alpha=1$ -anlam düzeyi) ve  $df=15$  için  $t_{15}=1,753$ 'tür.

t değeri  $1,464$  olarak hesaplanmıştır.  $t < 1,753$  olduğundan,  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Yani, 2 numaralı deneyde kaydedilen sesin orijinal sestene daha kalitesiz olduğuna dair yeterli kanıt bulunamamıştır. Dolayısıyla, MP3 gönderici programının bit hızı değiştirmesinin ses kalitesini düşürdüğü söylenemez.

Diğer deneylerden elde edilen MOS puanlarının istatistiksel anlamlılığı da aynı şekilde %95 anlam düzeyinde incelenmiştir.

A ve B deney numaraları, 0: Orijinal ses,

$\mu_0$ : orijinal sese verilen puanların ortalaması

$\mu_B$ : B numaralı deneyde kaydedilen sese verilen puanların ortalaması olmak üzere

$H_0: \mu_A - \mu_B = 0$  (Yokluk Hipotezi)

$H_1: \mu_A - \mu_B > 0$  (H1:Alternatif Hipotez)

Hipotezleri kurularak istatistiksel anlamlılık testleri uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2'de ikinci satırda, 1 numaralı deneyde kaydedilen seslerin orijinal ses ile kıyaslanması sonucu  $H_0$  yokluk hipotezinin reddedildiği görülmektedir. Yani orijinal sesin, 1 numaralı deneyde elde edilen sestene daha yüksek bir MOS değerine sahip

olduğunu söylemek için yeterli kanıtımız vardır. Aynı şekilde, orijinal ses 4 numaralı deneyde elde edilen sestem daha yüksek bir MOS değerine sahiptir. İkinci veri akışının deney boyunca devam ettiği her iki deneyde de kaydedilen seslerin orijinal sestem daha küçük bir ortalama MOS değerine sahip olduğu görülmektedir. Her iki deneyde de ses bozulması olmasına rağmen, bit hızı değiştirilerek kodlama yapılan 1 numaralı deneyde, bit hızı değiştirmeden kodlama yapılan 4 numaralı deneye göre daha yüksek kalitede bir ses elde edildiği görülmektedir. Bu sonucun istatistiksel olarak anlamlı olduğu Çizelge 4.2’de görülebilir. Bit hızı değiştirmeden yapılan kodlamada algılanan ses kalitesi 4,94 ten 1,56’ya düşmesine rağmen, bit hızı değiştirilerek kodlama yapıldığında algılanan ses kalitesi 3,06 olmuş, ses kalitesindeki bozulmada % 44 azalma meydana gelmiştir.

Çizelge 4.2 Hipotez testleri ve sonuçları

A-B	$\mu_A$	$\mu_B$	d ortalama	$S_d$	t	Ho
0-2	4,94	4,81	0,125	0,342	1,464	Reddedilemez
0-1	4,94	3,06	1,875	0,719	10,434	Ret
0-4	4,94	1,56	3,375	0,719	18,781	Ret
1-4	3,06	1,56	1,5	1,265	4,743	Ret
0-3	4,94	2,94	2	0,894	8,944	Ret
0-5	4,94	1,69	3,25	0,775	16,783	Ret
3-5	2,94	1,69	1,25	0,931	5,371	Ret
1-3	3,06	2,94	0,125	1,258	0,397	Reddedilemez
5-4	1,69	1,56	0,125	0,806	0,620	Reddedilemez
2-1	4,81	3,06	1,75	0,931	7,519	Ret
1-5	3,06	1,69	1,375	1,088	5,056	Ret
2-3	4,81	2,94	1,875	0,806	9,302	Ret
2-4	4,81	1,56	3,25	0,683	19,030	Ret
2-5	4,81	1,69	3,125	0,719	17,390	Ret
3-4	2,94	1,56	1,375	0,806	6,821	Ret

Hattaki trafiğin bir anda yoğunlaştığı 3 ve 5 numaralı deneylerde elde edilen sesler de orijinal sese göre daha düşük kalitede alınmış olmasına rağmen, bit hızı değiştirilerek kodlama yapılan 3 numaralı deneyde elde edilen ses, sabit bit hızı ile kodlama yapılan 5 numaralı deneye göre daha yüksek kaliteye sahiptir. Sabit bit hızı ile kodlama yapılan 5 numaralı deneyde, algılanan ses kalitesi 4,94'ten 1,69'a düşmesine rağmen, bit hızı değiştirilerek kodlama yapıldığında algılanan ses kalitesi 2,94 olmuş, ses kalitesindeki bozulmada %38 azalma meydana gelmiştir.

1 ve 3 numaralı deneylere bakıldığında, 1 numaralı deneyde kaydedilen ses kalitesinin 3 numaralı deneyde kaydedilen ses kalitesinden daha büyük olduğunu söylemek için yeterli kanıtımız yoktur. Dolayısıyla, değişken bit hızı ile kodlama yaparken, iletişim hattındaki trafiğin birdenbire artmasının ses kalitesinde daha fazla bozulmaya yol açtığı söylenemez.

MP3 gönderici programının bit hızı değiştirerek kodlama yapmasının, iletişim hattında yüksek trafik olduğu durumlarda, sabit 320 kbps bit hızı ile kodlama yapılmasına göre daha iyi sonuçlar ürettiği görülmüştür.

MP3 gönderici programında, hatta trafik yoğunluğu olduğunun anlaşılabilmesi için paket kayıplarının oluşması gerekmektedir. Program ancak paketler kaybolmaya başladıktan sonra kodlamada değişiklik yapma ihtiyacı olduğuna karar verebilmektedir. Paket kayıpları istenmeyen bir durumdur. Paket kayıpları oluşmadan önce hattaki trafik yükü artışının belirlenmesi, gönderici programın, kodlama parametrelerini daha erken değiştirebilmesine olanak tanıyacaktır. Trafik yoğunluğunun anlaşılabilmesi için RTCP alım raporlarındaki gecikme değişimi bilgilerinin kullanılabilmesi düşünülmektedir.

MP3 gönderici programının kodlama parametrelerinde değişiklik yaparak hatta daha az

veri göndermesi, hattaki trafik yükünü azaltmak suretiyle paket kayıplarına engel olmak amacını taşımaktadır. MP3 gönderici programının hat kaynaklarını kullanmaktaki bu feragati her zaman hat trafiğinin azalması ile sonuçlanmayabilir. Diğer programların ve hattı kullanan diğer bilgisayarların oluşturduğu trafikler hattaki toplam trafik için asıl belirleyici etkindir.

Trafiğin arttığı durumlarda paket kayıplarını azaltmak için, hattaki trafik yükü artışı tespit edildikten sonra en kısa sürede kodlama değişikliği yapılmalı ve hatta birim sürede daha az veri gönderilmelidir. MP3 gönderici programı kodlama ve RTP paketi oluşturup ağ ortamına veri gönderme işlerini iki ayrı iş parçasığında yaptığı için, ağa göndermeden önce belirli sayıda paketin kodlanmış olması gerekmektedir. Bu, tepki süresini uzatan bir etkindir. Tampondaki yüksek bit hızı ile kodlanmış paketlerin ağa gönderilmeye devam edilmesi, hattaki trafiği azaltma çabasının daha geç sonuç vermesine yol açar. Her bir paketin ağa gönderilmeden hemen önce kodlanması ideal bir durumdur.

## 5. SONUÇ

Tıkanıklık olduğu durumlarda ses ve görüntü paketlerinin bir kısmı alıcıya ulaşmadan düşürülebilmektedir. Bu durumlarda hattaki tıkanıklığın algılanarak kodlamada yapılacak değişikliklerle veri hızı ihtiyacının düşürülmesi büyük bir esneklik sağlayacaktır. Daha önceki bir çalışmada hattaki tıkanıklık bilgisi aktif ağ cihazları üzerinden, SNMP protokolü kullanarak elde edilmiştir. Bu çalışmada, hattaki tıkanıklığın algılanması, aktif ağ cihazlarından bağımsız olarak, RTCP alıcı raporları ile yapılmıştır.

Ağ olarak noktadan noktaya bir bağlantı alınmıştır. Gönderici tarafında kullanılmak üzere, gerçek zamanlı MP3 kodlama yapan ve alıcıya gönderen bir program geliştirilmiştir. Bu program, tıkanıklık durumlarını algıladığında kodlama bit hızını değiştirebilmekte ve gerekli bant genişliği ihtiyacını düşürmektedir. Alıcı tarafında kullanılması için de göndericiden gelen paketleri alıp diske yazan bir program geliştirilmiştir. Bu program aynı zamanda istenilen zaman aralıklarında RTCP alıcı raporları göndermektedir. Üçüncü bir programın oluşturduğu trafik sayesinde ağdaki yük artırılmış ve tıkanıklık oluşturulmaya çalışılmıştır. Yapılan değişik deneylerde elde edilen MOS puanları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve gönderici programın tıkanıklığı algılayıp kodlamada bit hızı değerini düşürmesinin, ses kalitesindeki bozulmalarda %38 - %44 oranlarında azalma sağlayarak, sabit bit hızı ile ses gönderilmesi durumuna kıyasla, alıcıda daha kaliteli bir ses dinlenmesini sağladığı görülmüştür. Ses kalitesindeki bozulmada, yavaş yavaş ortaya çıkan tıkanıklık durumlarında % 44, ani gerçekleşen tıkanıklık durumlarında ise %38 oranında azalma sağlanmıştır.

Gelecek çalışma olarak, bu sistemdeki tıkanıklık algılama mekanizmasının hızlandırılması ve tıkanıklığa verilen tepki süresinin kısaltılması düşünülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Andersson, J. 2000. Methods for measuring perceptual speech quality. Agilent Technologies white paper, <http://www.agilent.com>. Erişim tarihi: 24.12.2005.
- Boger, Y. 2001. Fine-tuning Voice over Packet services. RADCOM Ltd white paper, <http://radcom.com>. Erişim tarihi: 26.12.2005.
- Clark, A. 2001. Extensions to the E model to incorporate the effects of time varying packet loss and recency. Committee T1-Telecommunications standards contribution white paper. <http://www.telchemy.com>. Erişim tarihi 14.10.2005
- Çölkesen, R. 2000. Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri. Papatya Yayıncılık, 240s, İstanbul.
- Ferguson, P. and Huston, G. 1998. Quality of Service. Wiley Computer Publishing, 288p., USA.
- Hoene, C. , Karl, H. and Wolisz, A. 2004. A Perceptual Quality Model for Adaptive VoIP Applications. In Proceedings of International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems (SPECTS'04), USA.
- Jayant, N.S. 1980. Effects of packet loss on waveform coded speech. Proc. Fifth Int. Conference on Computer Communications, pp. 275-280.
- Karaca, C. 2004. Multi-Protocol Video on Demand System for Distance Education with Pedagogical Enhancements. Master's thesis, Eastern Mediterranean University, 149 p., KKTC.
- Kuo, F. F., Effelsberg, W. and Garcia-Luna-Aceves, J. J. 1998. Multimedia Communications Protocols and Applications. Prentice-Hall, 237 p., USA.
- Mahlo, C. , Hoene, C. , Rostami, A. , Wolisz, A. 2005. Adaptive Coding and Packet Rates for TCP-friendly VoIP Flows, In Proc. of International Symposium on Telecommunications (IST2005), Iran.
- Oiao, Z. , Sun, L. , Heileman, N. and Ifeakor, E. 2004, A new method for VoIP Quality of Service control use combined adaptive sender rate and priority marking. IEEE Communications Society, USA.
- Pelit, C. D. 2005. Adaptif Veri Hızlarında Çalışan VoIP Uygulamalarında Kullanılmak Üzere Tıkanıklık Bildirimi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 71s., Ankara.
- Phalgun, H. 2003. The effect of voice packet size on end-to-end delay in 802.11b networks. M.Sc. thesis, University of Pittsburgh, 95 p.,USA.
- Robinson, J. M. D. 2002. Perceptual model for assessment of coded audio. Ph.D. thesis, University of Essex, 321 p., Essex.
- Schmid, S. 1999. QoS based Real-Time Audio Streaming in the Internet. Master thesis at Universitat Ulm, 178 p., Ulm.
- Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R. and Jacobson, V. 1996. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC1889
- Schwantag, U. 1997. An Analysis of the Applicability of RSVP. Diploma thesis, University of Karlsruhe, 114p., Oregon.
- Shacham, N. and McKenney, P. 1990. Packet recovery in high-speed networks using coding and buffer management. Proc. IEEE Infocom' 90, pp124-131 , San

Francisco.

- Smith, P.J. 2002. Voice Conferencing over IP Networks. Master thesis, McGill University, 140 p. , Montreal, Canada
- Stevens, W.R. 1998. Unix Network Programming. Prentice-Hall, 1010 p. , USA.
- Trad, A. , Ni , Q. and Afifi, H. 2004. Adaptive VoIP Transmission over Heterogeneous Wired/Wireless Networks. INRIA, 12p. France.
- Werner, H. 2003. Quality of service in IP telephony-an end to end perspective. Master thesis, Chalmers University of Technology, 74 p., Sweden.
- Westerlund, M. 1999. Media-specific Forward Error Correction in a CELP Speech Codec Applied to IP Networks. Master's thesis, Lulea University of Technology, 59 p., Sweden.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı : Kerim IŞIK  
Doğum Yeri : Nallıhan / ANKARA  
Doğum Tarihi : 05.02.1979  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Başkent Lisesi (Ankara), 1995  
Lisans : Ankara Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği, 2002  
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 2003-2006

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Bimel Elektronik Ltd. Şti. , 2004-2005  
Meteksan Sistem ve Bilgisayar A.Ş., 2005-....