

752570

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**INTERNET PROTOKOLÜ ÜZERİNDEN TELEFON  
GÖRÜŞMESİ (IP TELEFONU) KAMPÜS  
UYGULAMASI VE PERFORMANS  
DEĞERLENDİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Erkan ZENGİN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin EKİZ**

**MAYIS 2004**

752870

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**INTERNET PROTOKOLÜ ÜZERİNDEN TELEFON  
GÖRÜŞMESİ (IP TELEFONU) KAMPÜS  
UYGULAMASI VE PERFORMANS  
DEĞERLENDİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Erkan ZENGİN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ.**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin EKİZ**

**Bu tez 07/05/2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

*Prof. Dr. Hüseyin EKİZ*

**Jüri Başkanı**

*[Signature]*

**Jüri Üyesi**

*Prof. Doç. Dr. A. Turan ÖZÇELİK*

*[Signature]*

**Jüri Üyesi**

*Prof. Dr. D. Nagrettin ELİRGEN*

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana destek veren tez danışmanım Prof. Dr. Hüseyin Ekiz'e, araştırmalarımın katkılarında dolayı Yrd.Doç.Dr. Hayrettin Evirgen'e ve 'Netiq-Chariot' emülasyon ve veri ağı performans analizi programını bana tahsis eden Aksus Ltd.Şti.'den Dr. Sungur Aytaç'a teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
-------------	---

## BÖLÜM 2.

MEVCUT MİMARİLER STANDARTLAR VE PROTOKOLLER.....	4
2.1.Ses Kodlama Standartları.....	4
2.2.İnternet Telefonu Protokolleri.....	5
2.2.1. TIPHON.....	5
2.2.2. SIP.....	6
2.2.2.1.SIP'in parçaları.....	8
2.2.3.TINA .....	8
2.2.4.H.323.....	9
2.2.4.1 H.323 bileşenleri.....	10
2.2.4.1.1.Ağ geçidi (Gateway).....	11
2.2.4.1.2. Gatekeeper.....	13
2.2.4.1.3. Çoklu-nokta kontrol birimi (Multipoint Control Unit-MCU).....	15
2.2.4.1.4.Terminaller.....	16
2.2.4.2.H.323 terminallerin haberleşmesi.....	16
2.2.4.3.Sistem ve QoS.....	19
2.2.4.4.Gerçek zaman protokolü (Real Time Protocol-RTP ) ve gerçek zaman kontrol protokolü (Real Time Control Protocol-RTCP)....	20



## BÖLÜM 3.

IP TTELEFONU – PSTN SENARYOLARI.....	22
3.1.Giriş.....	22
3.1.1.İki telefon arasında internet üzerinden bağlantı kurulması .....	25
3.1.2.Telefon ile bilgisayar arasında internet üzerinden bağlantı kurulması.....	26
3.1.3.İki bilgisayar arasında internet üzerinden telefon bağlantısı kurulması.....	27
3.2.IP Telefonunda Alan Adı (Domain Name) Kullanımı.....	28
3.3.Ip-Fax Kullanımında Alan Adı (Domain Name) Kullanımı.....	28

## BÖLÜM 4.

IP TELEFONUNDA GÖRÜŞME KALİTESİ.....	29
--------------------------------------	----

## BÖLÜM 5.

IP TELEFONU VE PAKET GECİKMESİ.....	31
-------------------------------------	----

## BÖLÜM 6.

IP TELEFONU KAMPÜS AĞI EMÜLASYONU.....	33
--	----

## BÖLÜM 7.

BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	35
--------------------------------	----

## BÖLÜM 8.

SONUÇLAR.....	59
---------------	----

KAYNAKLAR.....	61
----------------	----

EKLER.....	64
------------	----

ÖZGEÇMİŞ.....	73
---------------	----

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. TIPHON Mimarisi.....	6
Şekil 2. SIP Mimarisi .....	7
Şekil 3. H.323 Mimarisi.....	10
Şekil 4. H.323 Gatekeeper bölgesi (Zone).....	14
Şekil 5. H.323 uçların haberleşmesi.....	17
Şekil-6 H.323 uçların 'gatekeeper' kullanarak haberleşmesi.....	18
Şekil 7. PSTN ve IP ağlar arasında iletişim için gerekli yapı.....	23
Şekil 8. IP Telefonu servisi katmanları.....	25
Şekil 9. İnternet üzerinden iki telefon arasında bağlantı oluşturulması.....	26
Şekil 10. Telefon ile bilgisayar arasında internet üzerinden bağlantı kurulması.....	27
Şekil-11. İki bilgisayarın internet kullanılarak telefon olarak kullanılması.....	27
Şekil 12. IP Telefonu Gecikme kaynakları.....	31
Şekil 13. Sakarya Üniversitesi Veri Ağı Genel Yapısı.....	34
Şekil 14. G.711 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	39
Şekil 15. G.711-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	40
Şekil 16. G.723 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	41
Şekil 17. G.723-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	42
Şekil 18. G.726 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	43
Şekil 19. G.726-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	44
Şekil 20. G.729 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	45
Şekil 21. G.729-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri.....	46
Şekil 22. G.711 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	47
Şekil 23. G.711-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	48
Şekil 24. G.723 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	49
Şekil 25. G.723-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	50
Şekil 26. G.726 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	51
Şekil 27. G.726-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	52
Şekil 28. G.729 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	53
Şekil 29. G.729-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri.....	54
Şekil 30. G.711 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri .....	55

Şekil 31. G.711-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri.....	55
Şekil 32. G.723 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri .....	56
Şekil 33. G.723-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri.....	56
Şekil 34. G.726 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri .....	57
Şekil 35. G.726-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri.....	57
Şekil 36. G.729 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri .....	58
Şekil 37. G.729-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri.....	58



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. H.323 Protokol Yapısı.....	10
Tablo 2. Ses kodlama/sıkıştırma yöntemlerinin karşılaştırılması.....	29
Tablo 3. Bazı kodlama yöntemlerinde gecikme süreleri.....	32
Tablo 4. Test Başlangıç Ayarları.....	38



## ÖZET

**Anahtar Kelimeler:** IP telefonu, VoIP, IP telefonu kampus uygulaması

IP telefon teknolojisi, sağladığı bir çok kolaylık ve yeniliklerle insanların ilgisini çekmeye başlamıştır. Hem maliyet hem de getirdiği yenilikler bakımından klasik telefon anlayışını değiştirmiştir. IP telefonu geliştiricileri ortaya çıkardıkları ortak standartlar sayesinde küresel internet ağında ve yerel ağlarda gerçek zamanlı sesli görüşme imkanı sağlamaktadırlar.

Bu çalışma mevcut IP telefonu mimarileri, standartları hakkında temel bilgiler ve Sakarya Üniversitesi veri ağı yapısının IP temelli gerçek zamanlı sesli haberleşme uygulamalarında gösterdiği performans ve analizleri içermektedir. Mevcut ağ içerisinde emülasyon tekniği kullanılarak gerekli ses ve görüntü, web sayfası (http), dosya transfer protokolü (ftp), elektronik mektup (e-mail), ağır veri performans trafiği, çoklu yayım (multikast) ve ip televizyon trafiği oluşturulmuş ve ağın performansı ölçülmüştür. Ayrıca bu sayede hangi ses sıkıştırma standardının ağda en iyi performansı sağladığı belirlenmiştir.

## SUMMARY

**Keywords:** IP telephony, VoIP, campus application of IP telephony

The technology of IP telephony, which provides a lot of facility and novitates has been interested by the most of people. It has changed opinion of classical telephone with both low-cost and novitates. The developers of IP telephony have been finding out common standards for real time audio meetings in global internet and local area networks

This study consists of basic informations about architectures and standards of IP telephony and performance analyses of the local area network of Sakarya University for IP-based real-time audio applications. The desired audio and video, http (web page), e-mail (electronic mail), ftp (file transfer protocol), heavy data performance traffic, multicast and iptv (ip television) traffic was created in the existing local area network and its performance was measured. Furthermore the audio compression standard that the best performance in the network was determined.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

IP Telefonu (voice over internet protocol-voip), günümüz devre-anahtarlamalı haberleşme hizmetlerinin paket-anahtarlamalı veri şebekeleri üzerinde çalışmasını sağlayan ve IP protokolüne (Internet Protocol) dayanan teknolojilerin bir bütünüdür. Başka bir deyişle geleneksel telefon şebekelerinin yerine, sesin IP paketlerine dönüştürülerek IP temelli şebekeler üzerinden iletilmesi işlemi 'IP Telefon' olarak adlandırılır.

Kamusal Anahtarlamalı Telefon Şebekesi (Public Switched Telephone Network-PSTN) kullanıcılarına her çağrı için uçtan-uca bir devre bağlantısı sağlamaktadır. Arayan ve aranan tarafların sahip oldukları numaralara göre, arayan tarafın bağlı olduğu santralden başlayarak, aradaki santraller üzerinden diğer uçtaki santrale kadar bir devre kurulmaktadır. Bu santraller arasındaki sinyalleşme temel olarak çağrı kurma, çağrı yönetimi ve sonlandırılması işlemlerinden oluşmaktadır. Bunlara ek olarak lokal numara taşıma, mobil abone tanıma, dolaşım (roaming) ve ücretsiz arama servisi (toll-free service) amaçlarıyla veri-tabanı sorgulaması desteklenmektedir.

PSTN hizmeti yaklaşık olarak son 100 yıldan bu yana devam etmektedir. Bununla beraber, PSTN hizmetine paralel olarak veri trafiği için ayrı şebekeler geliştirilmiştir. Doğal olarak ayrı ses ve veri şebekeleri servis sağlayıcı için ilave yük (ücret ve işgücü) ve aboneler için ilave ücret anlamına gelmektedir. PSTN trafiğinin her geçen gün daha fazla veri içerikli olmaya doğru eğilim göstermesi, ses ve veri şebekelerinin tek platforma indirgenmesi (birleştirilmesi) ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda Internet Servis Sağlayıcılar (ISS) ve ekipman üreticilerinin hepsinde IP temelli ortak ses/veri ürünlerine bir yönelim söz konusudur.

Internet, IP şebekelerinin en iyi bilinen örneklerinden birisidir. IP şebekelerinde bilgi sayısallaştırılarak sayısal veri şebekeleri üzerinden bir paketler dizisi olarak iletilir. IP şebekeleri her paketin kendi yolunu bulması esasına göre çalışır. Bu şekilde hedef için en uygun yol seçilir ve ağ kaynakları en verimli şekilde kullanılır.

IP telefon, PSTN şebekeleri tarafından sağlanan, ses, faks haberleşmesi, yönlendirme (routing), yetkilendirme, tanımlama, ücretlendirme, faturalama ve şebeke yönetimi işlemlerini desteklemektedirler. Bunun için IP şebekesinin yönetilen bir şebeke olması ve servis kalitesinin (Quality of Service-QoS) garanti edilmesi gerekmektedir[1, 2, 3].

IP Telefona yönelik, ses ve veri taşımacılığında daha iyi performans sağlanması ve daha düşük ücret ödenmesi anlamına gelmektedir. Buna ilaveten IP telefonu yaygınlaştıkça şu an PSTN tarafından desteklenen tüm özellikleri karşılaması beklenmektedir. Bu konudaki çözülmesi gereken en önemli problem, değişik üreticiler tarafından sağlanan ürünlerin ortak çalışabilirlikleridir. Bununla beraber aşağıda bir kısmını özetlediğimiz bazı servisler, PSTN şebekelerinin yeteneklerini çok aşacak gözükmektedir.

**Çoklu-ortam (Multimedya) konferans:** İki veya daha fazla kullanıcının sesli ve görüntülü haberleşmesi.

**Çoklu-yayın (Multicast):** Ses, görüntü ve verinin hedeflenen birden fazla sayıda kullanıcı kitlesine yayınlanması.

**Birleşik çalışma grubu uygulamaları (Collaborative Workgroup Applications):** Bir çok kullanıcının ortak veri ve uygulamaya erişirken aynı zamanda sesli ve görüntülü olarak temasa geçilmesi.

**Birleşik mesajlaşma (Unified Messaging):** Elektronik posta (e-mail), uyarı mesajı (pager), sesli elektronik posta (voicemail), faks hizmetlerinin IP temelli tek bir serviste birleştirilmesi.



IP telefonu, mevcut ses sayısallaştırma ve sıkıştırma standartları ve internet şebekesinin heterojen yapısı göz önüne alınırsa günümüz şartlarında yaygın bir kullanım oranına erişememiştir. Cihaz üreticilerinin geliştirdiği teknolojiler arasındaki uyumluluk çalışmaları henüz tamamlanamamıştır. Ancak kapalı devre veri şebekelerinde (kampüsler, çok şubeli kurumlar v.b.) mevcut ip telefonu teknolojileri kullanıma uygun durumdadır.

Bu tez, Sakarya Üniversitesi merkez kampüsünde bulunan veri şebekesinde IP telefonu uygulamasının performans değerlerini ve şebekenin yoğun veri trafiği altında nasıl davrandığını kapsamaktadır.



## BÖLÜM 2. MEVCUT MİMARİLER, STANDARTLAR VE PROTOKOLLER

IP telefonu ile ilgili bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda bazı standartlar ve protokoller geliştirilmiştir.

### 2.1. Ses Kodlama Standartları

IP şebekesi üzerinden sağlıklı ses haberleşmesi yapabilmek için iki uç arasındaki gecikmenin tek yönlü maksimum 200ms'den az olması (G.114 [ITU 96a]) gerekmektedir. Ayrıca kabul edilebilir gecikme miktarındaki ivmenin (jitter) az olması ve verinin bozulup kaybolmaması gerekir. Aksi halde seste bulanıklaşma ve yansıma meydana gelir[1, 2]. Ses ve görüntü verileri ağda çok band genişliği kapladıkları için sıkıştırılmaları gereklidir[3, 4]. İnternet protokolü üzerinden ses ve görüntü göndermek ve almak ve bunu gerçek zamanlı olarak yapabilmek için veri sıkıştırma standartları geliştirilmiştir.

Ses sıkıştırmasında analog ses işareti 7 veya 8 bit'lik analog-sayısal dönüştürücü (ADC) kullanılarak sayısallaştırılır. ADC saniyede yaklaşık 8000 analog ses örnekleme yaparak her örnekleme sayısal koda dönüştürür[5, 6]. Bu sayısal ses tıpkı diğer sayısal veriler gibi (dosya, resim vb.) istenen başka bir ağ kullanıcılarına iletilir. Bu aşamadan sonra sayısal ses paketi tekrar analog hale dönüştürülür.

En sık kullanılan kodlama tekniği 'Puls kod modülasyonu' (Pulse Code Modulation - PCM) tekniğidir. Bu teknikte ses yaklaşık %10 sıkıştırılır[7]. Ses sıkıştırma işlemi için bir çok algoritma geliştirilmesine karşılık bunlardan en çok kullanılanlar G.711, G.726, G.723, G.729 şeklinde sıralanabilir .

G.711 algoritması 64 kbps hızında örnekleme yapabilen ve daha çok PCM tabanlı sürekli bit-oranlı ağlarda kullanılan sayısal haberleşme standardıdır[7, 8]. Bu algoritmanın çalışabilmesi için IP şebekesinde garanti edilmiş bant genişliği gereklidir[8]. Düşük hızda ve değişken band genişliğine sahip ağlarda G.711 uygun bir algoritma olmamasına karşılık, bu tip ağlarda G.723 daha iyi bir algoritmadır. G.723 düşük bit-oranlı ağlarda 6.3 kbps hızında kodlama yaparak G.711'den çok daha iyi performans sağlar. Ses kodlama algoritması geliştiricileri, ortalama görüş kalitesi (Mean Opinion Score-MOS) değeri denilen iletilen sesin kalitesini ölçeklendirme standardına uymak zorundadırlar.

Sesin düşük hızlarda örneklendirilmesi iletilen sesin kalitesini düşürür, ancak hem ağda fazla trafik oluşturmaz hem de düşük hızlardaki ağlarda iletilebilir. Öte yandan yüksek hızda örneklenen sesin kalitesi yüksek olur; fakat ağda çok trafik oluşturur ve düşük hızlı ağlarda istikrarlı iletilemez.

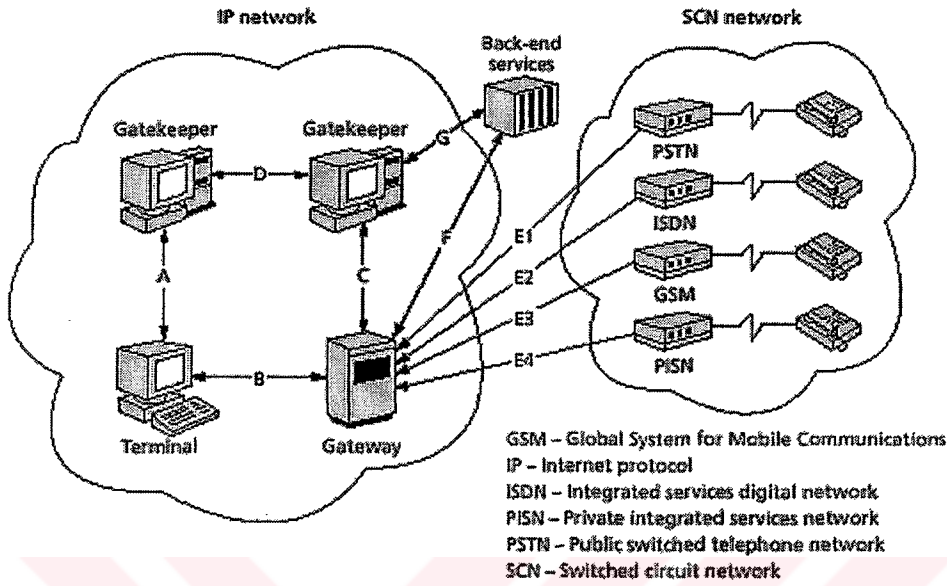
## 2.2. İnternet Telefonu Protokolleri

Karşılıklı olarak çalışan iki adet IP Telefonu veya klasik telefon cihazlarını IP ortamında görüştüren cihazlar birbirleriyle görüşürken, bir çağrı oturumu açarken, kapatırken, vb. işlemleri gerçekleştirirken kullandıkları çeşitli protokoller bulunmaktadır. Değişik üreticilerin sağladıkları cihaz veya telefonların birbirleriyle görüşebilmesi için ortak bir dil kullanmaları gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli protokoller geliştirilmiştir. Bunlardan şimdilik en yaygın olanı H.323 ve SIP'tir[8, 17, 34]. Bu protokollerle ilgili bazı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

### 2.2.1. Tiphon

'ETSI (European Telecommunications Standarts Institute)' içinde bir çalışma grubu olarak kurulan TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks) PSTN ile IP telefonu arasında birlikte çalışabilme altyapısı (interworking) için gerekli düzenlemeler üzerinde çalışmaktadır[9, 17]. Temel olarak H.323 mimarisini kullanarak bu mimaride birlikte çalışabilme için gerekli

düzenlemeleri yapmaktadır. TIPHON tarafından önerilen mimari H.323 mimarisine göre daha ayrıntılıdır.

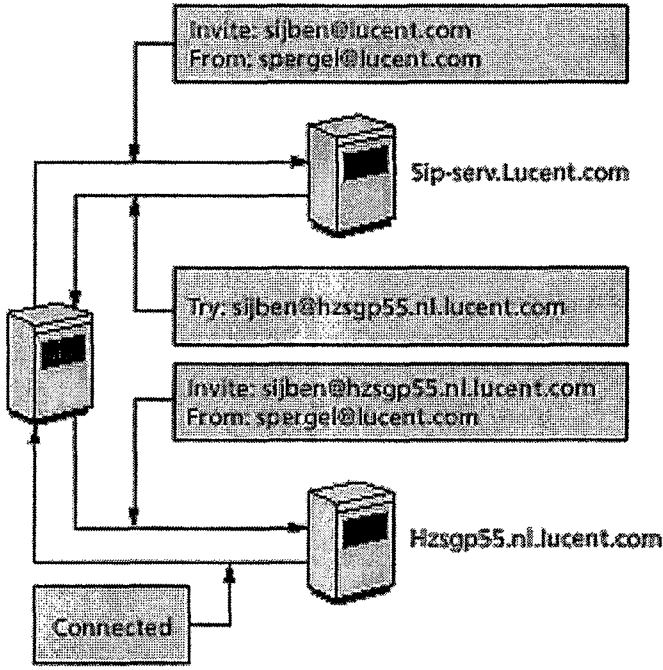


Şekil 1. TIPHON Mimarisi

### 2.2.2. Sip (Session Initiated Protocol)

SIP, IETF'nin (Internet Engineering Task Force) MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control) grubu tarafından geliştirilen çoklu-ortam (multi-media) uygulamaları için oluşturulan bir protokol grubudur. MMUSIC H.323'ün aksine küçük bir çekirdek protokol ile başlayıp bu protokolü ihtiyaçlara göre geliştirmeyi amaçlamıştır[34]. Temel olarak HTTP protokolünü alan bu protokol, E-mail gibi diğer internet servisleri ile de benzerlik göstermektedir[17, 28, 29]. Temel SIP mimarisi Şekil-2'de görülmektedir.

Bu protokole göre bir çağrı başlatıldığı zaman, gelen çağrı, çağrıyı başlatan tarafa servis veren bir sunucuya yönlendirilir. Çağrının yönlendirildiği sunucu çağrıyı reddedebilir veya bir başka sunucuya yada terminale yönlendirebilir. Çağrı bu şekilde cevap verecek bir sunucu bulununcaya kadar ağda hiyerarşik olarak ilerletilir. SIP basit bir protokoldür ve basitliği nedeni ile karmaşık hizmetlerin verilmesi gerektiği durumlarda diğer protokollerden faydalanması gerekebilir.



Şekil 2. SIP Mimarisi

SIP'in çağrı kontrol mesajlarının geçirilebileceği güvenilir bir kanal açmak için 'INVITE' ve 'ACK' mesajları bulunmaktadır[1, 30, 33]. SIP bir alt seviye taşıyıcı protokol için minimum varsayımları yapar. Bu protokol güvenilirliğini kendisi sağlayıp TCP'nin güvenlik ile ilgili normlarını kullanmaya gerek duymaz[28]. SIP kullanılacak kod algoritması (codec) uzlaşması (negotiation) için yani o oturumda hangi codec'in kullanılacağına karar vermek için SDP'yi (Session Description Protocol) kullanmaktadır[32, 35]. SIP aşağıda özetlenen servisleri sağlar[31] :

- Kullanıcı Yeri (User location): haberleşme için kullanılacak uç sistemin belirlenmesi
- Çağrı Kurulması (Call setup): arayan ve aranan tarafların zil çaldırması ve çağrı parametrelerinin kurulması
- Kullanıcı Uygunluğu (User availability): aranan tarafın haberleşmeye dahil olma isteğinin belirlenmesi
- Kullanıcı Kapasitesi (User capabilities): kullanılacak medya-ortam ve medya parametrelerinin belirlenmesi
- Çağrı Hizmeti (Call handling): çağrının transferi ve sonlandırılması

### 2.2.2.1. Sip'in parçaları

SIP Sistemi temel olarak iki parçadan oluşur[28].

**i. Kullanıcı birimi (User Agent):** Kullanıcı birimi kullanıcı adına çalışan uç sistemdir. Bu birim istemci ve sunucu olmak üzere iki parçadan oluşur: İstemci kısmı 'İstemci Kullanıcı Birimi' (User Agent Client - UAC) olarak; sunucu kısmı ise 'Sunucu Kullanıcı Birimi' (User Agent Server - UAS) şeklinde ifade edilir.

**ii. Ağ sunucuları (Network Servers):** Bir ağda 3 tip sunucu bulunur. Bir kayıt sunucusu, kullanıcıların mevcut lokasyonları ile ilgili bilgileri alır. Bir vekil (proxy) sunucu ise aldığı istekleri, aranan tarafın lokasyonu hakkında daha fazla bilgiye sahip olan bir sonraki sunucuya iletir. Yönlendirme sunucusu ise, aldığı istek üzerine bir sonraki sunucunun adresini öğrenerek, çağrı isteğini göndermek yerine, bu adresi istemciye iletir.

SIP protokolü, uç birimlere fazla fonksiyonellik yüklemesi sonucu ücretlendirme ve ağ yönetimi konularında problemlerle karşılaşabilme sakıncalarına sahiptir.

### 2.2.3. Tina

TINA-C (Telecommunications Information Network Architecture Consortium) modeli şimdiye kadar anlatılan modellere göre oldukça karmaşık ve gelişmiş bir mimaridir. Temel olarak uygulama servisleri ile ağ altyapısı arasında mantıksal bir ayrıma gider. Böylelikle önerilecek servislerle erişim teknolojileri arasındaki bağımlılığı ortadan kaldırır. TINA yapısı hesapsal nesne (computational object) adı verilen ve gerek fonksiyonları gerekse yapıları ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış bileşenlerden ve bu bileşenler arasındaki arayüzlerden oluşur[17]. Tüm ağın kullanıcı-ağ erişim zincirindeki geçişlerine ve bu zincirdeki iş modellerine göre bölgelere (domains: perakendeci-(retailer), simsar-(broker), bağlantı sağlayıcı-(connectivity provider), vb.) sınıflayarak ağın bir modelini kurar ve bu modeldeki bölgeler arasındaki geçişler için fonksiyonlar ve arayüzler tanımlar.

TINA modeli oldukça karmaşık yapısının basit işlemleri gerçekleştirmeye elverişli olmaması, IP ağları için gerekli esneklikten uzak olması ve PSTN/veri ağlarındaki ve

uçbirim (bilgisayarlar, telefonlar, vb.) gelişmelerin aksine ağı kendisine çok fazla fonksiyonellik yüklemesi sakıncalarına sahiptir.

#### 2.2.4. H.323

International Telecommunication Union (ITU-T) tarafından iki yada daha fazla taraf arasında IP benzeri servis kalitesi (Quality Of Service-QoS) desteği olmayan bir ağ üzerinde ses yada görüntü trafiğini taşımak için geliştirilen H.323 standardı bir protokol grubudur. Önceleri yerel ağlar üzerinde çoklu-ortam konferansı için geliştirilmiş, fakat sonradan IP üzerinden ses uygulamasını kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu standardın tanımlanmasında Microsoft, IBM, Intel, telefon operatörleri ve ISS'lerden oluşan bir çok kurum ve firmanın geniş katılımı ve desteği sağlanmıştır. İnternet telefonu amacıyla kullanılan en geniş ve en etkin standartlardan birisidir. Ses ile beraber tüm multimedya (veri, ses, video, resim gibi) uygulamalarını desteklemektedir. H.323 standardı bir şemsiye standart olup birçok standardı kapsamaktadır. Bu standartlar ses kodlama, video kodlama, sistem kontrol, çokluortam yayın senronizasyonu ve yapısını içermektedir. Bu standartlar PSTN, Mobil, ATM, F/R, LAN, WAN, IP tabanlı İnternet gibi şebekeleri içermektedir. IP telefonun etkileşmek zorunda kalacağı sistemlere ilişkin International Telecommuication Union (ITU) standartlarından bazıları aşağıda sıralanmaktadır[8]:

- H.323 LAN şebekeleri için Görüntülü Telefon sistemleri ve ekipmanlarının standardını içeren bir protokoldür. QoS gibi parametreler içermemektedir (ITU 96c).
- H.324 PSTN şebekelerinde kullanılan görüntülü telefon sistemi ve ekipmanlarının standartlarını belirleyen bir protokoldür. H.324/M ise GSM gibi hücresele Mobile şebekeler için geliştirilmiş bir standarttır (ITU 96d).
- H.310 Geniş bantlı ses ve görüntülü iletişim sistemlerini ve terminallerini kapsamayan bir standarttır.
- H.321 Geniş bantlı ISDN şebekeleri için görüntülü telefon terminalleri standartlarını belirler.
- H.322 Yerel Alan Ağlar (Lan) için görüntülü telefon sistemleri ve terminallerini kapsamayan bir standarttır. QoS parametreleri içermektedir.

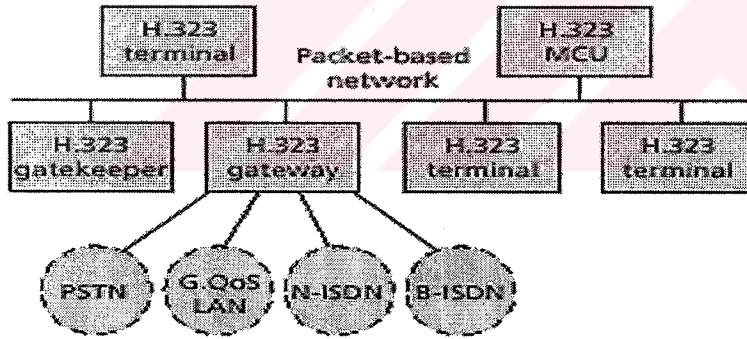


Tablo 1. H.323 Protokol Yapısı

Uygulama Seviyesi	Ses Uygulaması	Video Uygulaması	Sistem Kontrol		Veri Uygulaması
	G.711 G.722 G.723.1 G.728 G.729	H.263 H.261		H.225.0 Call Signalling	H.245 Control Protokol
Sunum Seviyesi					
Oturum Seviyesi	RTP		RTCP	H.225.0	
Transport Seviyesi	UDP			TCP	
Network Seviyesi	IP				
Link Seviyesi	CSMA/CD, Token Ring Protocol				
Fiziksel Seviye	Ethernet, Token Ring LAN				

### 2.2.4.1. H.323 bileşenleri

Şekil-3'te temel mimarisi gösterilen H.323 standardı dört farklı tip uç birim tanımlar[5].



B-ISDN – Broadband ISDN  
G.QoS – Gateway QoS  
ISDN – Integrated services digital network  
LAN – Local area network  
MCU – Multipoint control unit  
N-ISDN – Narrowband ISDN  
PSTN – Public switched telephone network  
QoS – Quality of service

Şekil 3. H.323 Mimarisi



- Terminal
- Gatekeeper
- Gateway
- Multipoint Control Unit.

#### 2.2.4.1.1. Ağ geçidi (Gateway)

Ağ geçitleri/protokol dönüştürücüleri (Gateway), PSTN ağları ile IP ağları arasındaki arayüzler yada geçiş elemanları olarak çalışan başka bir ifade ile birlikte çalışabilme (interworking) fonksiyonlarını yerine getiren modüllerdir. Bir 'gateway', paket anahtarlamalı bir ağ üzerindeki H.323 uyumlu terminaller ile devre anahtarlamalı bir ağdaki diğer H.323 terminalleri veya diğer bir 'gateway' arasında gerçek zamanlı çift yönlü trafik sağlayan bir ağda son nokta (end point) olarak çalışır[2,34]. Diğer ITU terminalleri H.310 (B-ISDN), H.320 (ISDN) , H.321 (ATM), H.322 (GQoS-LAN), H.324 (PSTN), H.324 (Mobile) yada POTS terminaller olabilir. Gateway iletim formatları (örneğin H.323 uyumlu bir uçtaki H.225.0 bir terminalle H.320 bir uçtaki H.221 bir terminal arasındaki dönüşüm) ve işaretleşme benzeri iletişim prosedürleri (H.323 bir uçtaki H.245 ile H.320 arasındaki bir H.242 arasındaki dönüşüm gibi) arasında gerekli dönüşümleri yapar. Bu dönüşümlerin nasıl olacağı H.246 'da tanımlanmıştır. IP ağ ile PSTN ağ arasındaki çağrı kurulum ve kaldırma (call setup and clearing) işlemlerini de 'gateway'ler üstlenir. Ayrıca video, ses ve data formatları arasındaki dönüşüm de 'gateway'lerde gerçekleştirilir.

Kavramsal olarak 'gateway' TIPHON modeline göre şu fonksiyonel birimlerden oluşur:

- **Sinyalleşme ağ geçidi (Signalling Gateway-SG):** SG, IP temelli ağ ile Anahtarlamalı Devre Ağı (Switched Circuit Network-SCN) arasında işaretleşme bilgilerinin aktarımından sorumludur.
- **Ortam ağ geçidi (Media Gateway-MG):** IP ağındaki kullanılan ortam ile (örneğin /RTP/UDP/IP üzerinden taşınan ortam) SCN ağda kullanılan medya (örneğin PCM kodlanmış ses, GSM, vb.) arasındaki eşleme ve birbirine dönüşüm işlemlerinden sorumludur.

- **Ortam ağ geçidi kontrolcüsü (Media Gateway Controller-MGC):** MGC MG,SG ve 'Gatekeeper' arasındaki iletişimleri düzenler. Gateway için gerekli çağrı işleme (call processing) işlemlerini sağlar ve MG'leri kontrol eder, SG'den gelen SCN işaretlemeleri ve 'gatekeeper'dan gelen IP işaretlemeleri de MGC'ye gelir.

Bu birimler ayrı ayrı yada bir arada tek bir fiziksel birim içerisinde gerçekleştirilebilir. Buna karşılık yukarıdaki birimlerin yerine getirdiği birlikte çalışabilme fonksiyonlarını tek bir cihazın içerisinde gerçekleştirmek ölçeklenebilir ve verimli bir çözüm olmayacağından genellikle bu birimler ayrı modüller olarak gerçekleştirilmektedir. 'Gateway' bileşenlerinin bu şekilde ayrıldığı bir mimarinin getireceği çeşitli faydalar vardır. Kurulacak cihazların daha etkin kullanımı sağlanabilir (örneğin bir SG pek çok MG'ye hizmet verebilir). Ağın yönetiminin merkezileştirilmesi MGC'ler sayesinde daha kolay hale gelir. Ayrı bileşenlerin ihtiyaç duyulan noktalarda ağa eklenmesi ile ağ genişlemeleri daha kolay gerçekleştirilebilir. 'Gateway'lerin fonksiyonel olarak ayrılması bu fonksiyonları gerçekleştirirken kullanılan teknolojilerin birbirlerini etkilemeden değiştirilmelerini de kolaylaştıracaktır. Fakat ayrı bileşenlerle gerçekleştirilen bu ağın bakımı ve konfigürasyonu daha zor olabilir. Ayrıca bu şekilde ayrık bir yapılanma birbirleri ile iletişim kurmaları gereken bu bileşenlerin iletişimlerinde gecikmelere ve ağın toplam tepki süresinde artmalara yol açabilir.

'Gateway'lerin fonksiyonel birimlere ayrılmaları sonucu bunlar arasındaki iletişimleri yürütecek yeni bir protokole de ihtiyaç duyulmuş ve bu nedenle Ortam Ağ Geçidi Kontrol Protokolü (Media Gateway Control Protocol-MGCP) geliştirilmeye başlanmıştır. MGCP, IETF'nin 'Megaco' çalışma grubu tarafından önerilen ve henüz taslak aşamasında olan bir protokoldür. Bağlantı denetimi (connection control), band içi işaretleme (in-band signalling) ve aygıt yönetimi (device management) birimlerinden oluşur.

'Gateway'ler kapasitelerine göre veya bir ağ aygıtı olarak üretim biçimlerine göre sınıflandırılabilir. Kapasitelerine göre yapılan sınıflandırmada aşağıdaki guruplar oluşur:

- ‘Trunk’: Bir PSTN ağı ile VoIP ağı arasında çalışan büyük kapasiteli ‘gateway’lerdir.
- VoATM: Trunk ‘gateway’ e benzemekle beraber doğrudan bir ATM ağa bağlanırlar.
- Konut: 1 ile 10 arası bilinen analog arayüz sağlarlar.
- Erişim: Bir VoIP ağı için Analog yada sayısal arayüz sağlayan küçük ölçekli ‘gateway’lerdir.
- PBX: PSTN ile VoIP networkleri arasında digital bir PBX arayüz yada tümleşik yazılımsal bir PBX arayüz sağlayan ‘gateway’lerdir. Tek bir hattan birkaç bin hatta kadar arayüzü destekleyen çeşitleri vardır.
- Ağ Erişim (Network Access): Bir telefon hattına internet erişimi sağlayan ‘gateway’lerdir.

‘Gateway’ler üretim tarzlarına göre de şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Yönlendirici (Router) temelli ‘gateway’ler
- Hat Paylaşımıcısı ve Giriş (Concentrator-Access) temelli ‘gateway’ler
- PC-temelli ‘gateway’ler
- Kendi Başına Çalışan (Stand-alone) ‘gateway’ler

Genel olarak ‘gateway’lerin amacı paket anahtarlama ağ ile devre anahtarlama ağ arasındaki çağrıları her iki yönde şeffaf bir şekilde sonlandırmaktır.

#### 2.2.4.1.2. Gatekeeper

ETSI/TIPHON tanımı ile ‘gatekeeper’, terminallerin ve ‘gateway’lerin kayıt, kabul ve durum (Registration, Admission and Status –RAS) takibinden sorumlu olan ağ modülüdür. ‘Gatekeeper’lar bölge (zone) yönetimini ve çağrı işleme/işaretleşme işlevlerini de yerine getirirler[3, 30, 34].

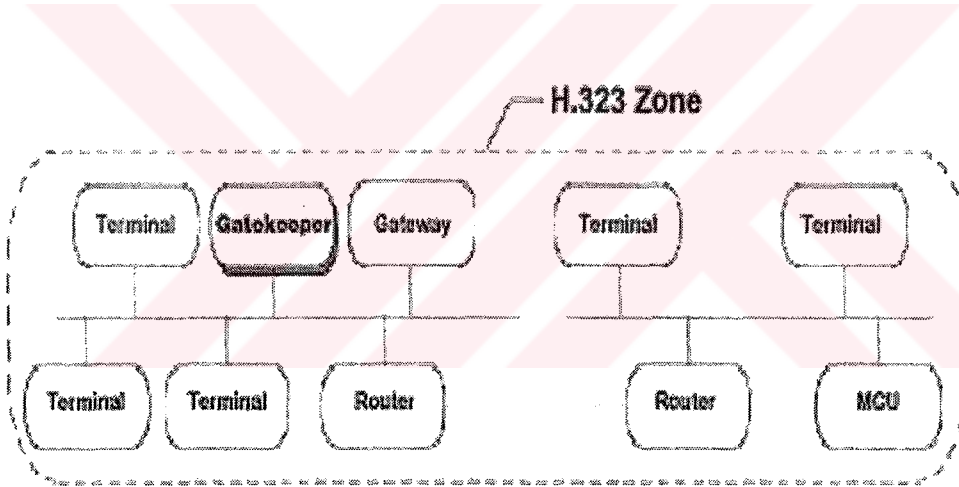
Standartlardaki tavsiyeler uyarınca ‘gatekeeper’ aşağıdaki fonksiyonları yerine getirmelidir:

- **Adres dönüşümleri:** Ağdaki uçbirimleri takma (alias) isimlerinin gerçek iletim (transport) isimlerine dönüştürülmesi. ‘Gatekeeper’lar bu işlevi yerine

getirirken kendisine bağlanan uçbirimlerden aldığı kayıt (registration) mesajları ile sürekli olarak güncellediği tablolardan yararlanır. Bu tablolar kayıt (registration) mesajları dışındaki (dizin hizmetleri gibi ) yöntemlerle de güncellenebilir.

- **Yetki denetimleri:** Yetki isteği (Admission Request), onaylama (Confirm) ve reddetme (Reject) mesajları (ARQ/ARC/ARJ) ile uçbirimlerin yerel alan ağı (LAN) erişim taleplerini onaylar yada reddeder. LAN erişim istekleri değerlendirilirken çağrı izinleri (call authorization) band genişliği sınırlamaları yada benzeri diğer kriterler kullanılabilir. Bu fonksiyon NULL olarak gerçekleştirilerek gelen bütün taleplerin LAN' a erişimleri de sağlanabilir.

- **Band genişliği yönetimi :** Band genişliği isteği (Bandwidth Request), onaylama (Confirm) ve reddetme (Reject) mesajları ile uçbirimlerin LAN bant genişliği taleplerini onaylar yada reddeder.



Şekil 4. H.323 Gatekeeper Bölgesi (Zone)

- **Bölge (Zone) Yönetimi:** Tek bir 'gatekeeper' tarafından yönetilen terminallerin, 'gateway'lerin ve MCU'ların toplamı bölge (zone) olarak adlandırılır (Şekil-4). 'Gatekeeper' yukarıda anlatılan bütün fonksiyonları kendi yönetimindeki bölge için sağlar. 'Zone' aşağıdaki özelliklere sahip yönetsel bir birimdir:

- 'Zone' tek bir 'gatekeeper'a kayıtlı bütün H.323 cihazlar olarak tanımlanır.
- 'Zone' tasarımı ağın fiziksel topolojisinden bağımsız olabilir.

- ‘Zone’ tanımı ‘gatekeeper’ gerçekleştirimine (implementation) bağlıdır.
- ‘Zone’ mantıksal bir yapıdır.
- ‘Zone’ tasarımında hem ağ topolojisi hem de yönetsel bakış açısı etkili olacaktır.
- ‘gateway’ ve ‘proxy’ gibi ağ kaynakları ‘zone’ların blmlendirilmesinde etkili olacaktır.

‘Gatekeeper’ların kullanılma amacı, çağrıları yaparken makine adresleri yerine makinelere verilecek takma isimleri kullanabilme, ağdaki band genişliği kullanımının yönetilmesi, ‘gateway’ ve MCU gibi ağ kaynaklarının yönetilebilmesidir. ‘Gatekeeper’ orjinal H.323 tanımında video konferansları sırasında ağa erişimi kontrol eden bir birim olarak tasarlanmasına karşılık zamanla adres dönüşümü fonksiyonlarını da içerecek Şekilde genişledi. Bu arada cretlendirme ihtiyaçları sonucunda band genişliği denetimi ortaya ıktı. ‘Gatekeeper’ların sağlayabileceği bir diğer serviste çeşitli yetkilendirme (authantication) yöntemlerini kullanarak bir çağrıya güvenlikle ilgili opsiyonların eklenmesidir. İşaretleşmede kullanılan Q.931 yada ve H.245 mesajları ‘gatekeeper’ tarafından yönlendirilebilir ve çağrılar hakkında istatistiksel bilgilerin toplanması sağlanabilir. ağrı gönderme (call forwarding) ya da ağrı transferi (call transferring) gibi telefon hizmetleri de ‘gatekeeper’lar aracılığı ile verilebilmektedir.

#### 2.2.4.1.3. Çoklu-nokta Kontrol Birimi (Multipoint Control Unit-MCU):

MCU ağ’da ikiden fazla terminalin yada ‘gateway’in çoklu bir konferansa katılımlarını sağlamaya yarayan cihazlardır[8, 9]. Sonradan oklu bir konferansa dönüşebilecek ikili görüşmeler de MCU’lar aracılığı ile sağlanabilir. MCU iki kısımdan oluşur: Bulunması zorunlu olan çoklu-nokta kontrolcüsü (Multipoint Controller-MC) ve bulunması zorunlu olmayan çoklu-nokta işlemcisi (Multipoint Processor-MP) olarak adlandırılır. MC ağrı süreçlerine, konferansa katılacak bütün terminallerin ortak iletişim seviyelerinde bulunmalarını sağlamak için iletişim parametreleri üzerindeki uzlaşmaları (negotiation) sağlar. MP, MC’nin denetiminde medya paketlerinin (stream) işlenmesi (mixing, switching vb.) görevlerini yürütür. MP, yürütülen konferansın tipine göre tek bir medya paketini yada daha çok sayıda medya paketini işleyebilir. En basit hali ile MCU tek bir MC’ den oluşur.

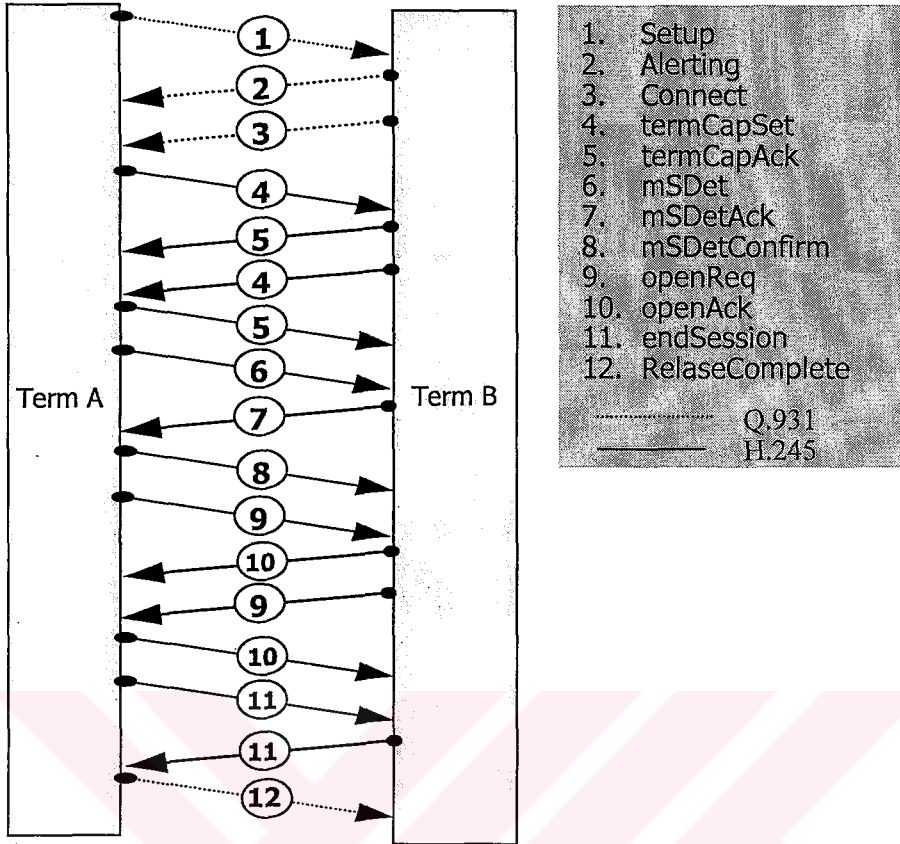
#### 2.2.4.1.4. Terminaller

Terminaller uç noktalarda gerçek zamanlı iki yönlü haberleşme sağlayan yerel ağ istemcileridirler[8]. Tüm H.323 terminalleri H.245, Q.931, kayıt kabul durumu (Registration Admission Status-RAS) ve gerçek zaman iletim protokolü (Real Time Transport Protocol-RTP) protokollerini desteklemelidir. H.245, kanal kullanım izni için, Q.931 çağrı kurulması ve sinyalleşme için, RTP gerçek zamanlı olarak ses paketlerinin taşınması için, RAS ise 'gatekeeper' ile haberleşme için kullanılan protokollerdir[3, 19].

#### 2.2.4.2. H.323 terminallerinin haberleşmesi

Şekil-5'te iki H.323 uç arasında 'gatekeeper' kullanılmadan çağrı kurulum ve kaldırılma mekanizması (call setup and clearing) açıklanmaktadır. Kullanılması zorunlu olan bütün Q.931 ve H.245 mesajları listelenmiştir. Her mesajın kaynak terminali tarafından atanan bir sıra numarası (sequence number) bulunur. İletişim A terminalinden B terminaline hedef adresi içeren bir 'Setup' (1) mesajı göndermesi ile başlar. B terminali bir Q.931 'Alerting' (2) mesajı ve takiben eğer çağrı kabul edilirse bir 'Connect' (3) mesajı göndererek cevap verir. Bu noktada çağrı kurulması işlemi tamamlanmış olur ve H.245 uzlaşma (negotiation) işlemi başlar. Her iki terminalde terminal yeteneklerini (terminal capabilities) 'terminalCapabilitySet' (4) mesajları göndererek karşı tarafa bildirir. Terminal yeteneklerine örnek olarak medya tipleri, kodlama yöntemleri verilebilir. Terminaller bu mesajlara 'termCapabilitySetAck' mesajları ile cevap verirler. Oturum sırasında herhangi bir anda terminal yetenekleri yeniden gönderilebilir.



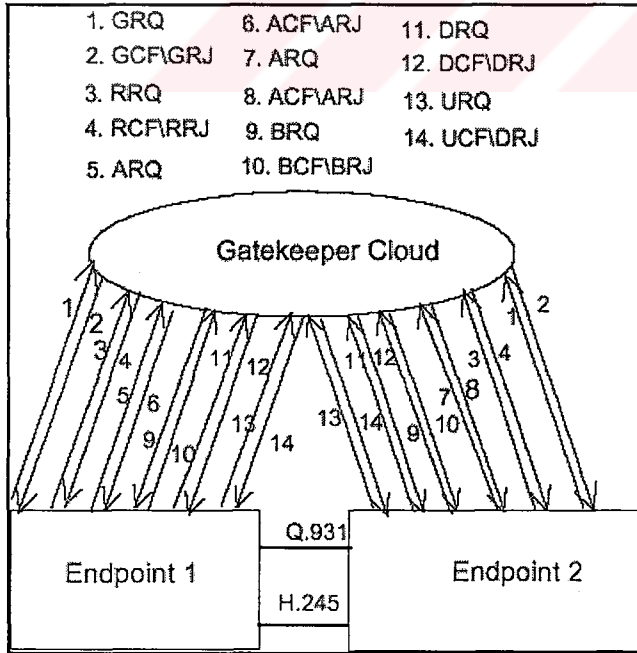


Şekil 5. H.323 uçların Haberleşmesi

Bu aşamadan sonra ana/uydu (Master/Slave) belirleme aşamasına (6-8) geçilir. H.245 ana/uydu belirleme prosedürü, bir konferansta MC olarak servis verebilecek uç noktaları belirlemek yada iki-yönlü iletişim kanalı açmaya çalışan uç noktalar arasında ortaya çıkabilecek anlaşmazlıkları gidermek için kullanılır. Prosedürde ana (master) ve uydu (slave) uç noktayı belirlemek amacı ile her iki uç nokta H.245 'masterSlave Determination' mesajları ile birbirine gelişigüzel (random) sayılar aktarır. H.323 uç noktalarının hepsi hem ana (master) hem de uydu (slave) olarak çalışma yeteneğine sahip olmalıdır. Ana/uydu (Master/Slave) belirleme prosedüründen sonra iki terminal de mantıksal kanal açmak için mesajlaşmaya başlarlar (9-10). Ses ve görüntü kanalları tek bir yöne doğru açılırken, data kanalları iki yönlü açılır. Terminaller gerektiği kadar kanal açmakta serbesttir. Şekildeki akış tek bir kanal için gösterilmiştir. Açılacak her kanal için aynı prosedür uygulanır.

Oturumun (yada iletişimin) kapatılmasına taraflardan birinin göndereceği 'endSession' mesajı ile başlanır. 'EndSession' mesajını alan taraf aynı mesajla cevap verir (11) ve oturum bu ilk mesajı gönderen tarafın 'ReleaseComplete' mesajı göndermesi ile son bulur.

Şekil-6' da 'gatekeeper' kullanılarak iki H.323 nokta arasında oturum başlatılması gösterilmiştir[36]. Konferans başlamadan önce her iki terminalde 'GatekeeperDiscovery multicast' (GRQ) mesajı göndererek bağlanacakları bir 'gatekeeper' ararlar. Bu mesajı alan 'gatekeeper' 'GatekeeperConfirm' (GCF) mesajı ile kendisine bağlanmak isteyen terminali kabul eder yada 'GatekeeperReject' (GRJ) mesajı ile terminali reddeder. 'Gatekeeper' terminalleri kabul ettikten sonra her iki terminalde takma (alias) isimlerini 'RegistrationRequest' (RRQ) mesajları ile 'gatekeeper'dan kayıt (register) talebinde bulunur. 'Gatekeeper' bu isteği ya 'RegistrationConfirm' (RCF) mesajı ile kabul eder yada 'RegistrationReject' (RRJ) mesajı ile reddeder. Takma isimlerin kullanılması ile aramaların iletim (transport) adreslerine göre daha kullanıcı-dostu olan (E-mail, isim vb.) adreslerle yapılması sağlanabilir.



Şekil-6 H.323 uçların 'gatekeeper' kullanarak haberleşmesi



Bir uç nokta yada 'gatekeeper' bir başka uç noktanın adresini 'gatekeeper'dan 'LocationRequest' (LRQ) mesajı ile sorabilir ve 'gatekeeper' sorulan adres bilgisini içeren 'LocationConfirm' (LCF) mesajı ile cevap verebilir.

Uç noktalardan biri çağrı başlatmak istediğinde 'gatekeeper'dan 'AdmissionRequest' (ARQ) mesajı ile onay ister. 'Gatekeeper' çağrıya 'AdmissionConfirm' (ACF) mesajı ile onay verir yada 'AdmissionReject' (ARJ) mesajı ile reddeder. Eğer çağrı isteği kabul edilirse çağrıyı başlatan uç taraf çağırarak istediği adrese 'Q.931 Setup' mesajı gönderir. 'Setup' mesajını alan taraf da bağlı olduğu 'gatekeeper'dan ARQ mesajı ile çağrıyı kabul etmek için onay ister. Çağrı kabul edildikten sonra Q.931 işaret akışı H.245 uzlaşma (negotiation) mesajları ile tamamlanır. ARQ mesajları konferans boyunca taraflara gerekecek bant genişliği taleplerini de içerir. Eğer H.245 uzlaşma mesajları sırasında uç taraflardan biri ARQ mesajında belirtilenden daha fazla bant genişliğine ihtiyaç duyarsa, 'gatekeeper'a 'BandwidthRequest' (BRQ) mesajı göndererek bant genişliği talebinde bulunur. 'Gatekeeper BandwidthConfirm' mesajı ile talebi kabul ettiğini yada 'BandwidthReject' (BRJ) mesajı ile talebi kabul etmediğini terminale bildirir.

Çağrı sonlandığı zaman her iki terminal de 'gatekeeper'a 'DisengageRequest' (DRQ) mesajları göndererek çağrının sonlandırıldığını bildirir. 'Gatekeeper' DRQ mesajını 'DisengageConfirm' (DCF) mesajı ile kabul eder ya da 'DisengageReject' (DRJ) mesajı ile reddeder. Terminaller 'gatekeeper'a gönderecekleri 'UnregisterRequest' (URQ) mesajları ile kendilerini 'gatekeeper'dan sildirebilirler. 'Gatekeeper' bu mesaja 'UnregisterConfirm' (UF) yada 'UnregisterReject' (URJ) mesajlarından biri ile cevap verebilir.

### 2.2.4.3 Sistem ve QoS kontrol

Sistem kontrolü H.323 protokolü için H.245 standardı ile tanımlanmıştır[19]. H.245 standardı ile yayın ve senkronizasyon ve H.225.0 ile de paketleme standardı belirlenmiştir. Noktadan noktaya tüm kontrol işlemleri H.245 tarafından sağlanmaktadır. Farklı ortamlar arasında kanalların açılması, kapatılması kanalların tek yönlü veya çift yönlü kullanılması gibi işlemler H.245 kontrol protokolü tarafından sağlanır. Ayrıca H.245 ile PSTN şebekesi ile IP şebekesi arasında DTMF gibi sinyallerin dönüşümü ve kontrolü de sağlanmaktadır. H.245 kontrol protokolü

hem H.323 hem de H.324 protokollerini desteklemekte ve bu protokoller arasındaki çalışma düzenini sağlamaktadır. H.323 protokolü QoS parametrelerini desteklememektedir. Ses ve video paketleri UDP (User Datagram Protocol) üzerinden gönderilmesi durumunda paket kayıpları söz konusu olacağından ve UDP'nin özelliği gereği paketler tekrar gönderilmeyeceğinden QoS parametrelerini desteklememektedir. H.245 kontrol protokolü ise TCP protokolünün kullanımına izin vermektedir. Dolayısıyla kayıp paketler tekrar gönderilebilmektedir. Böylece TCP protokolünün kullanılmasıyla QoS parametreleri tanımlanabilmektedir.

RTP protokolü H.225.0 protokolü ile ses ve video senkronizasyonunu mümkün kılmaktadır. RTCP ile H.225.0 ise QoS parametrelerini daha da gelişmiş bir halde sunmaktadır. Farklı ortamlardaki ve tiplerdeki paketler gönderileceği yerlere göre ayrılabilen ve nakil edilebilmektedir.

#### **2.2.4.4 Gerçek zaman protokolü (Real Time Protocol-RTP ) ve gerçek zaman kontrol protokolü (Real Time Control Protocol-RTCP)**

Gerçek zaman protokolü (Real Time Protocol-RTP), IETF (Internet Engineering Task Force) tarafından geliştirilmiş bir standarttır ve H.323 ile beraber kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı ve zaman hassasiyetli ses ve video verilerinin taşınmasında RTP uçtan uca bir işletim protokolüdür ve kullanıcı veri-paketi protokolü (User Datagram Protocol-UDP) üzerinde çalışır[20]. İletim kontrol protokolü (Transmission Control Protocol-TCP) mimarisinde mevcut olan paket gönderme ve alma kontrolü UDP üzerinde RTP kullanılarak gerçekleştirilir[21]. RTP çoklu ortam uygulamalarında iki önemli görevi yerine getirir. RTP'nin en önemli görevi senkronizasyon mekanizmasını sağlamaktır. Diğer bir görevi ise verinin resim ve ses kodlamasını tanımlamaktır[21, 22]. RTCP (Real Time Control Protocol) ise RTP'nin bir parçası olup RTP de bulunan özelliklerin yanı sıra ISDN şebekelerinde video-konferans ve video-telefonu için gerekli QoS parametrelerini de desteklemektedir[23].

RTCP protokolü ile ses ve video bilgilerinin oturum kontrol fonksiyonları, veri oranları ve diğer parametreleri ayarlanabilmektedir. Ayrıca RTCP ile ses ve video sinyalleri kontrol edilebilmektedir[17]. Ses ve video sinyalleri RTP protokolünde farklı oturumlardan gönderilmektedir.



## BÖLÜM 3. IP TELEFONU – PSTN SENARYOLARI

### 3.1. Giriş

Geleneksel telefon sistemlerini ve IP telefonu protokollerini birlikte ve verimli bir şekilde kullanmak için üç farklı senaryo geliştirilmiştir.

- Geleneksel uluslararası ve uzun mesafe telefon hizmetlerinde internet telefonunun kullanılması.
- Geleneksel telefon şebekesi ile bilgisayar veya internet tabanlı telefon hizmetlerinde internet telefonunun kullanılması.
- Tamamen bilgisayar ve internet tabanlı sistemlerde telefon bağlantısı gerçekleştirilmesi.

Klasik PSTN (Public Switched Telephone Network) telefon şebekesinde numaralandırma işlemi 'ITU-T Recommendation E.164' standardına göre yapılmaktadır.

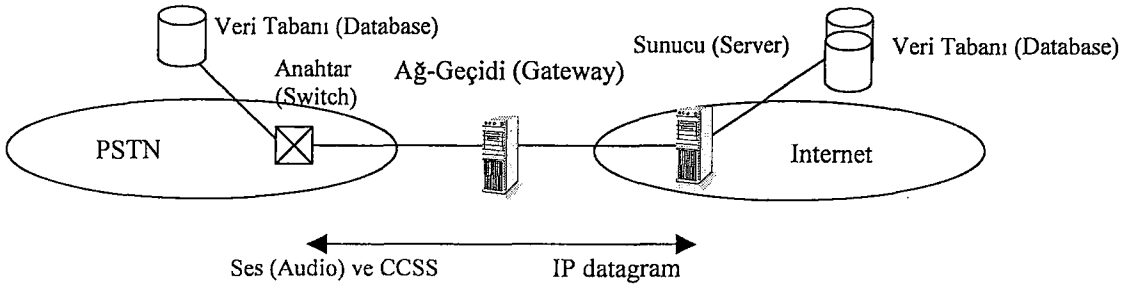
ITU-T E.164 numaralandırma ve arama prosedürüne göre uluslararası aramalar aşağıda belirtilen üç farklı şekilde gerçekleştirilmektedir.

$$\begin{aligned}
& \text{Taşıyıcı Kabul Kodu (Carrier Access Code) (CAC)} + \text{Uluslararası Önkod (International prefix)} + \text{Ülke Kodu (Country Code) (CC)} \\
& + \left\{ \begin{array}{l} \text{Milli Hedef Kodu (National Destination Code-NDC)} + \text{Abone Numarası (Subscriber number -SN)} \quad (1) \\ \text{veya} \\ \text{Kimlik Kodu (Identification Code-IC)} + \text{Abone Numarası (Subscriber number -SN)} \quad (2) \\ \text{veya} \\ \text{Küresel Abone Numarası (Global Subscriber number -GSN)} \quad (3) \end{array} \right.
\end{aligned}$$

Yurtiçi aramalar ise numaralama düzeni ile gerçekleşmektedir.

$$\begin{aligned}
& \text{Taşıyıcı Kabul Kodu (Carrier Access Code-CAC)} + \text{Milli Önkod (National prefix)} \\
& + \text{Milli Hedef Kodu (National Destination Code-NDC)} + \text{Abone Numarası (Subscriber number -SN)}
\end{aligned}$$

Klasik telefon şebekesi ve internet şebekesinde kullanılan adresleme ve numaralandırma yapılarının birbirinden farklı olması ve klasik telefon sistemlerinde analog ses sinyalleri kullanılmasına karşılık internet sistemlerinde sayısal verilere dönüştürülmüş bilgiler kullanılması nedeni ile bu iki sistemin ara-uyum/ara-yüz devreleri yardımı ile birleştirilmesi gerekmektedir (Şekil-7).



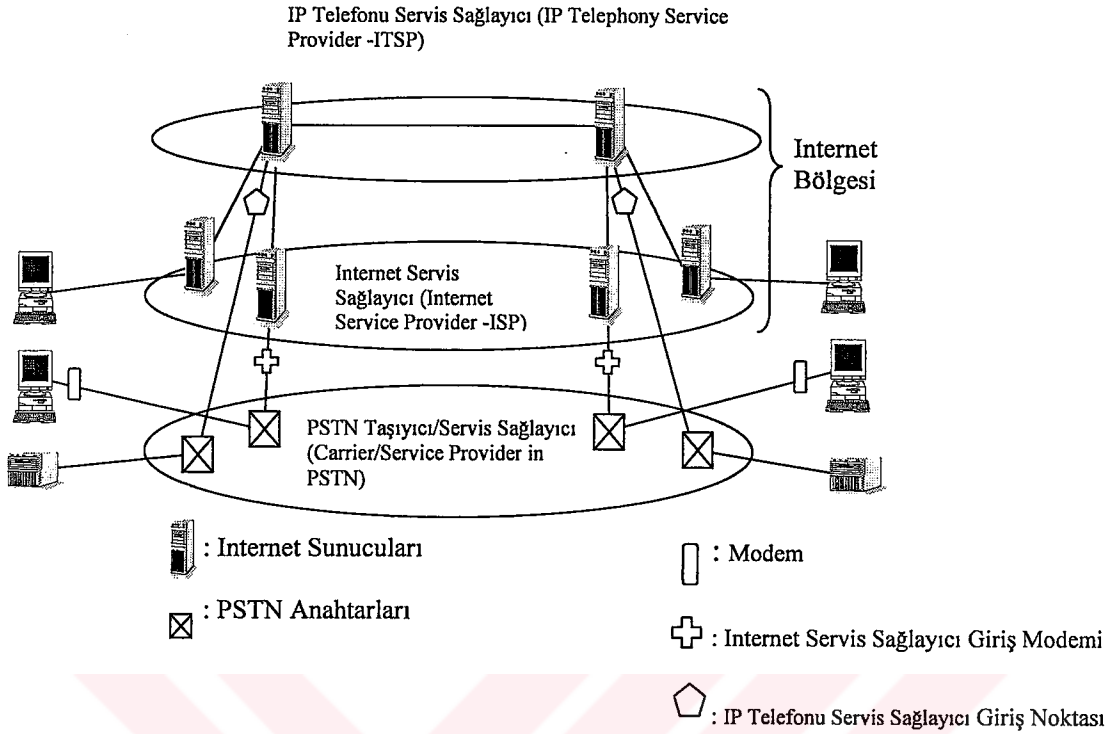
Şekil 7. PSTN ve IP ağlar arasında iletişim için gerekli yapı

PSTN olarak isimlendirilen klasik telefon şebekesinde analog ses sinyalleri ve işaretleşme sistemi olarak genel kanal sinyalleşme sistemi (Common Channel Signalling System-CCSS) kullanılırken internet tarafında IP tabanlı 'IP datagram' olarak adlandırılan sayısal veri protokolü kullanılmaktadır. Kullanılan işaretleşme sistemlerinin ve protokollerin farklı olması nedeniyle PSTN ile İnternet şebekesi arasında ağ-geçitleri/dönüştürücüler (gateway) kullanılmaktadır. 'Gateway' PSTN şebekesinden aldığı ses ve CCSS sinyalleşme bilgilerini IP protokolüne dönüştürmekte ve internet sistemine gönderirken internet şebekesinden aldığı IP paketlerini CCSS işaretleşme bilgilerine dönüştürmekte ve PSTN şebekesine göndermektedir. Bu esnada gerekli olan bilgiler (hedef IP v.b.) PSTN ve internet tarafında bulunan veritabanları (Gatekeeper) yardımıyla sağlanmaktadır.

IP Telefonu veya diğer adı ile internet telefonu internet tabanlı üst düzey bir uygulamadır. Bu servisin verilebilmesi için 3 farklı servis sağlayıcının bulunmasına gereksinim duyulmaktadır.

- İnternet Telefonu Servis Sağlayıcı (İnternet Telephony Service Provider-ITSP).
- İnternet Servis Sağlayıcı (İnternet Service Provider-ISP).
- PSTN Taşıyıcı/Servis Sağlayıcı (Carrier/service Provider in PSTN).

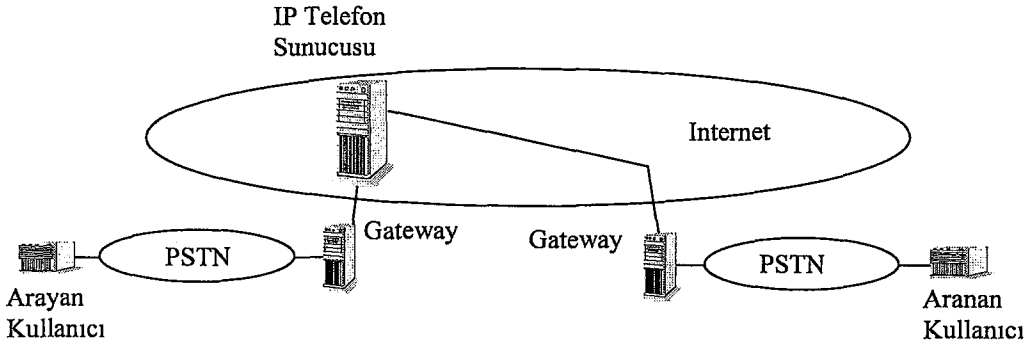
Şekil-8'de bir PSTN telefonunun internet üzerinden bir bilgisayar ile ses bağlantısı kurması için gerekli olan yapı görülmektedir. Yapının oluşturulması için bilgisayara E.164 protokolüne uygun bir PSTN numarası verilmesi gerekmektedir. Bilgisayar, üzerindeki uygulama programları sayesinde IP telefonu gibi çalıştırılmakta ve bilgisayarın kesintisiz çalıştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil-8'deki yapıda 'gateway' ile bilgisayar arası IP tabanlı çalışırken telefon ile 'gateway' arası E.164 protokolüne göre çalışmaktadır.



Şekil 8. IP telefonu servisi katmanları

### 3.1.1. İki telefon arasında internet üzerinden bağlantı kurulması

İki telefonun internet üzerinde bağlantı oluşturması için farklı yöntemler bulunmaktadır. Birinci yöntemde şekil-9'da açıklandığı şekilde herhangi bir PSTN abonesi farklı bir PSTN abonesini internet üzerinden arayabilmektedir. Bu aboneler aynı PSTN şebekesinde olabileceği gibi farklı PSTN şebekelerine dahil olabilirler. Bu tip bağlantı ülke içerisinde uzun mesafe aramalarına ve milletlerarası aramalara uygun bir bağlantı örneği oluşturmaktadır. Bu yapıda arayan PSTN abonesi PSTN şebekesi ile İnternet şebekesi arasında bulunan 'gateway' e yönlendirilmektedir. Bu noktaya kadar E.164 protokolü çerçevesinde bildiğimiz geleneksel numaralandırma sistemi kullanılmaktadır. Ses ve CCSS-7 işaretleme sistemi 'gateway' tarafından IP protokolüne dönüştürülmekte ve aranan PSTN şebekesi ile İnternet arasında yer alan ikinci 'gateway'in IP numarası, IP telefon sunucusu (gatekeeper) tarafından hedef IP olarak IP paketlerine eklenmektedir. Bu noktadan sonra IP paketleri aranan taraftaki 'gateway' tarafından ses ve CCSS-7 işaretlerine dönüştürülmekte ve aranan telefona E.164 protokolüne uygun numaralandırma sistemi ile ulaşılmaktadır.



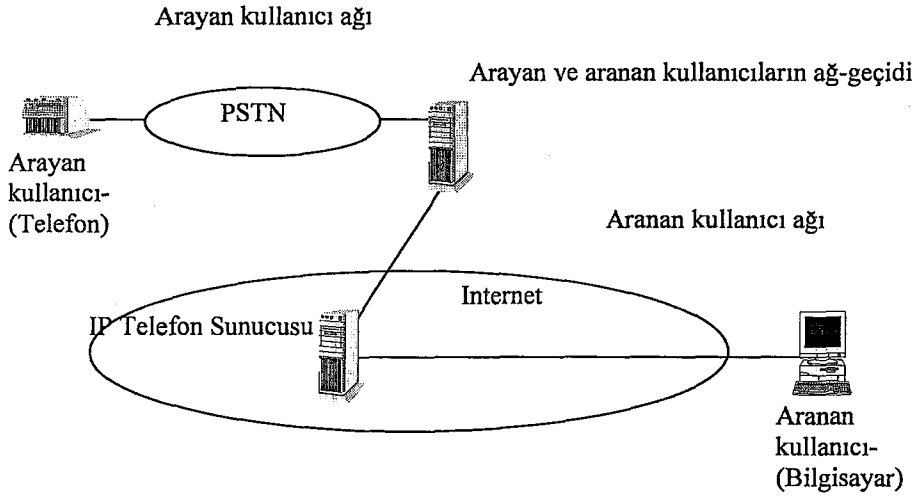
Şekil 9. İnternet üzerinden iki telefon arasında bağlantı oluşturulması

### 3.1.2. Telefon ile bilgisayar arasında internet üzerinden bağlantı kurulması

Bu yöntemde bir PSTN telefonunun internet üzerinden bir bilgisayar ile ses bağlantısı kurması hedeflenmektedir. Bu yapının oluşturulması için aranacak bilgisayara E.164 protokolüne uygun bir PSTN numarası verilmesi gerekmektedir. Bilgisayar, üzerindeki uygulama programları sayesinde bir nevi IP telefonu gibi çalıştırılmakta ve bilgisayarın kesintisiz çalıştırılması gerekmektedir. Bu yapıda 'gateway' ile bilgisayar arası IP tabanlı çalışırken telefon ile 'gateway' arası E.164 protokolüne göre çalışmaktadır.

Oluşturulan yapıda bir bilgisayardan bir PSTN telefonunu aramak da mümkündür. Bu durumda da aranan bilgisayardan uygulama programları ile PSTN şebekesinin E.164 numarasının çevrilmesi gerekmektedir.

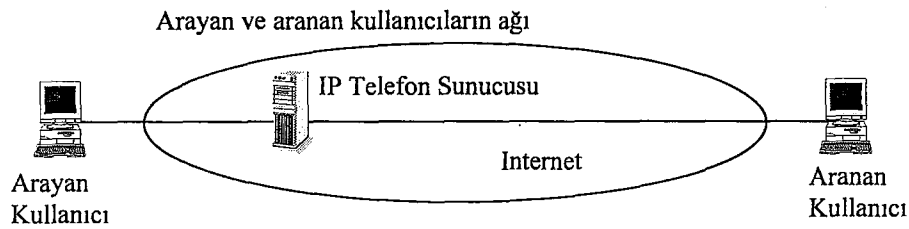




Şekil 10. Telefon ile bilgisayar arasında internet üzerinden bağlantı kurulması

### 3.1.3. İki bilgisayar arasında internet üzerinden telefon bağlantısı kurulması

Bu yapıda her iki bilgisayarın internet üzerinde çalışması nedeni ile çok büyük bir problemle karşılaşılmamaktadır. Aramalar genellikle IP numaraları girilmek suretiyle gerçekleştirilmektedir. IP numaraları girilerek bağlantı kurulması en yaygın kullanılan teknik olması yanında, alan adı (domain name), e-mail, vb. formlar da kullanılarak aramalar gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil-11. İki bilgisayarın internet kullanılarak telefon olarak kullanılması

### 3.2. IP Telefonunda Alan Adı Kullanımı

Bu yapıda E.164 standardında kullanılan PSTN numaraları alan adı (Domain Name) yapısına dönüştürülmektedir. Alan Adı Sunucusuna (Domain Name Server) tüm E.164 yapısının alan adı adreslerinin girilmesi ve IP numaralarının belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin; "+90-264-3460090" PSTN adres yapısı 'gateway'de "5.2.9.1.2.6.4.2.1.3.0.9.e164.int" alan (domain) yapısına dönüştürülmekte ve internet üzerinde bu şekilde kullanılmaktadır. Çok kullanılan bir yöntem olmamasına karşılık değişik uygulamaları bulunmaktadır.

### 3.3. IP-Fax Kullanımında Alan Adı Kullanımı

Bu yapı internete bağlı bir bilgisayardan PSTN şebekesindeki bir fax makinasına fax çekmek amacıyla kullanılmaktadır. Fax gönderme işleminin ses servisinde olduğu kadar gecikmeye duyarlı olmaması nedeniyle farklı bir alan adı altında değerlendirilmektedir. Adres yapısı yukarıdaki (ses servisindeki) yapı ile aynı olup alan uzantısında farklılık söz konusudur. Örneğin "+90-264-3460028" nolu fax numarası "5.2.9.1.3.4.6.2.1.3.0.9.tpc.int" veya "902643460028.iddc.tpc.int" formatına dönüştürülmekte ve alan adı sunucusuna IP kayıtları girilmektedir. Aynı adres formu olarak da girilebilmektedir. Genellikle İnternet üzerindeki bir PC'den E-mail adresi formunda fax çekilebilmektedir.

Örneğin; remote-fax veya isim@902643460028.iddc.tpc.int

şeklindeki adres yapısı PSTN şebekesine bağlı bir fax makinesine fax çekilebilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yapıdaki alan adı uzantısı "tpc.int", PSTN şebekesi ile internet arasındaki 'gateway' in alan adı olmaktadır.

## BÖLÜM 4. IP TELEFONUNDA GÖRÜŞME KALİTESİ

IP telefonu uygulamasında görüşme kalitesinin ölçümünde genelde subjektif yöntemler kullanılmasına karşılık ITU (International Telecommunication Union) içinde bir çalışma grubu olarak yer alan ‘konuşma kalitesi uzman grubu’ (Speech Quality Expert Group-SQEG) tarafından konuşma kalitesinin ölçümü için bir dizi test yöntemi geliştirilmektedir (ITU 96k ve ITU 961). ITU tarafından geliştirilen ve genellikle kullanılan test yöntemine ‘mutlak kategori sınıflama’ (Absolute Category Rating-ACR) adı verilmektedir. Bu yöntem ile test yapılacak standartlar gerçek test ortamında belirli bir süre teste alınmaktadır. Test süresi içerisinde rasgele seçilen konuşmalar 8 ile 10 saniye arasında dinlemeye/teste alınmakta ve konuşma kalitesi ölçülmektedir. Her ölçüm sonunda 1 ile 5 arasında konuşma kalitesi notu verilmektedir. Bu işlem belirli bir sayıda tekrarlandıktan sonra gerçek konuşma kalitesinin ortalama değeri hesaplanmaktadır. 1 ile 5 arasında verilen bu değere ‘Ortalama Görüş Kalitesi’ (Mean Opinion Score-MOS) adı verilmektedir. Konuşma kalitesindeki 1 değeri en kötü durumu, 5 değeri ise en iyi durumu ifade etmektedir. MOS'un 3'ün üzerindeki değerleri ses kalitesi açısından kabul edilebilir bulunmaktadır. MOS'un 4'ün üzerinde olması ise kaliteli bir ses kodlamasını ve transferini ifade etmektedir. Yeni geliştirilen konuşma kodlama tekniklerinin MOS değerlerinin 4'ün üzerinde olmasına dikkat edilmekte ve çalışmalar bu yönde sürdürülmektedir. Tablo-2’de bazı kodlama standartlarının MOS değerleri verilmektedir.

Tablo 2. Ses kodlama/sıkıştırma yöntemlerinin karşılaştırılması

Compression Method	Bit Rate [kbps]	Framing Size	MOS Score
G.711 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPCM	32	0.125	3.9
G.729 CS-ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30	3.9

Ses kalitesinin ölçümü ile birlikte gürültü (Noise) ve bozulma (Distortion) miktarını ölçmek amacıyla kullanılan standartlarda geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan ölçme teknikleri ‘modülasyonlu gürültü referans birimi’ (Modulated Noise Reference Unit-MNRU) ve ‘analog-sayısal çevirimi bozulma birimi’ (Quantization Distortion Unit-QDU) olarak bilinmektedir.





Bu durumda PSTN şebekesinde G.723.1 standardına göre gecikme süresi 97.5 ms olarak verilmektedir. Bu gecikmenin 37.5 ms'si algoritmada meydana gelen gecikmeler, 40 ms 'si işlemci işlemi için gereken zaman ve 20 ms ise iletimde meydana gelen gecikmeleri kapsamaktadır. G723.1 standardı PSTN şebekelerinde görüntülü telefon standardı olarak kullanılmaktadır. İnternet ortamında ise bu süreler elbette ki daha uzun olacaktır. İnternet uygulamalarında en yaygın kullanılan standart olan G.729 standardına göre kodlama için kaybedilen zaman yalnızca 25 ms olarak öngörülmektedir. İletimde meydana gelen kayıplar ise ağ durumuna ve kullanılan cihazların işlemci kapasitesine göre değişimler göstermekte ve toplam gecikme süresi her koşulda 200 ms'nin altında olması gerekmektedir. Tablo-3'te bazı kodlama standartlarının sıkıştırma zamanları verilmektedir.

Tablo 3. Bazı kodlama yöntemlerinde gecikme süreleri

Kodlama	Bit Rate (kbps)	Framing Size (ms)	Sıkıştırma Zamanı
G.711 PCM	64	0,125	5
G.729.CS-ACELP	8	10	15
G.729a CS-ACELP	8	10	15

## BÖLÜM 6. IP TELEFONU KAMPÜS AĞI EMÜLASYONU

Sakarya Üniversitesi merkez kampüsünde veri şebekesi yıldız topolojiye sahip gigabit-ethernet omurgası şeklindedir. Merkez omurga anahtarı kampüste bulunan bütün binalara 1000 Mbps full-duplex hıza sahip fiber-optik kablolar ile bağlantılı durumdadır. Bina içerisindeki dağılımlar ise genelde 100 Mbps full-duplex kategori 5 yapısında kablolar ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 13).

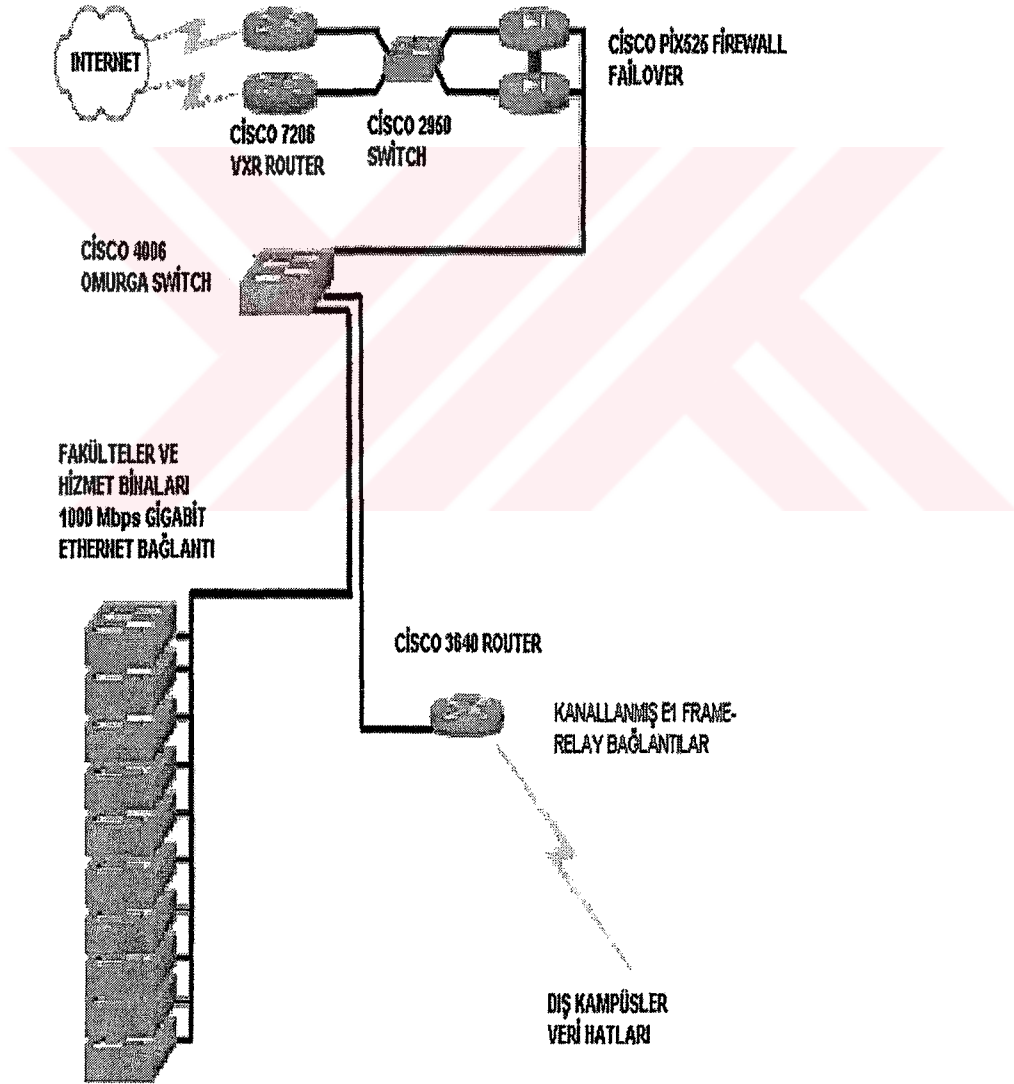
Ip telefonu kampüs uygulaması başlığı altında açıklanan bu çalışmada IP telefonlarının ve diğer cihazların kampüs ağında nasıl bir performans ile çalıştığını test etmek için sistemde bulunan cihazların oluşturabileceği her türlü trafikleri oluşturabilecek bir emülasyon, analiz ve ölçüm programı olan *Netiq -Chariot*[37] yazılımı kullanılmıştır.

Mevcut kampüs ağındaki farklı noktalarda bulunan bilgisayarlara ‘Netiq-Endpoint’ programları yüklenerek IP telefonu da dahil olmak üzere istenilen her türlü trafik oluşturulmuştur. Bu çalışmada veri ağına oluşturulabilecek en ağır ağ uygulamalarına (http, ftp, iptv, voip, multicast, TCP Throughput Performance) ait trafikler yüklenerek ağın performansı ölçülmüştür. Uygulamaya dahil olan uç bilgisayarlar ve üzerlerinde çalıştırılan ağ uygulamaları Tablo 4’de sunulmaktadır. Bu trafiği izleyebilen ve analiz edebilen ana program ise ağın herhangi bir noktasında ‘endpoint’ programlarından gelen bilgileri analiz etmiş ve düzenleyip raporlamıştır.

Kampüsün farklı iki noktasında bulunan ve 1 Gbps hızında ‘gigabit-ethernet’ fiber-optik ağ omurgası üzerinden ‘100 Mbps full-duplex’ yerel ağ bağlantılı ikişer adet bilgisayar karşılıklı olarak birbirlerine bahsi edilen trafikleri oluşturmuşlardır. ‘Netiq-Chariot’ ana programı ise karşılıklı görüşen bu bilgisayarların ağda ne kadar trafik oluşturduklarını, farklı türlerdeki veri paketlerinde meydana gelen kayıpları ve

gecikmeleri ve IP telefonu uygulamasında kullanılan ses kodlama/sıkıştırma standartlarının performans değerlerini sayısal bilgi olarak sunmuştur.

Bu çalışmanın temel amacı olan IP telefonu uygulamasının farklı ses kodlama standartlarında kampüs ağında gösterdiği performans değerleri de şekillerde gösterilmiştir. Tablolarda ve şekillerde “pair” olarak adlandırılan nesnelere karşılıklı veri alışverişinde bulunan uç bilgisayarlardır. Ayrıca şekillerde “suppressed” diye geçen sözcük “sessizlik bastırılmalı ses kodlama” (silence suppressed) anlamında kullanılmıştır.



Şekil 13. Sakarya Üniversitesi veri ağı genel yapısı



## BÖLÜM 7. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmanın bu bölümünde emülasyon uygulanan uç bilgisayarlardan gelen ölçüm değerleri sonucunda 4 farklı yönde bulgu ve değerlendirme yapılmıştır. Test sırasında uygulamaların ağır ağ trafiğinde gösterdiği performansı ölçebilmek için ortalama 146 Mbps'lik veri trafiği oluşturulmuştur.

### 7.1 .Veri Paketi Gecikme Değerleri

Şekiller 14-21 de görüldüğü gibi IP telefonu uygulaması çalıştırılan uçlar (pair41, pair42, pair43, pair44, pair45, pair46) haricinde oluşturulan diğer veri trafiklerinde (http, ftp, iptv, multicast) herhangi bir gecikme söz konusu değildir. IP telefonu ses kodlama standartlarının (g711, g723, g726, g729) oluşturduğu trafikte tek yönlü ve uçtan uca gecikme değerlerinin 200ms'nin altında olduğu görülmektedir. Bu standartlar içerisinde 'g723' algoritmasının en fazla ortalama gecikme değerine (tek yönlü 23 ms, çift yönlü 151 ms) sahip olduğu (Şekil-16, Şekil-17); öte yandan 'g711' (Şekil-14, Şekil-15) ve 'g726' (Şekil-18, Şekil-19) algoritmalarının ise en az ortalama gecikme değerlerine (tek yönlü 21 ms, çift yönlü 62 ms) sahip olduğu görülmektedir. G723 standardı analog ses işaretini 6.3 Kbps hızında örnekleme yaparak sayısal veri paketine dönüştürdüğünden, sıkıştırma ve kodlama oranı en fazla olan bu standartta gecikme değerinin de en fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte tek yönlü gecikmelerin çift yönlü gecikmelerden daha az olduğu görülmektedir. Dolayısı ile algoritmik ve işlem gecikmelerinin ağın yayın (propagasyon) gecikmesinden daha az olduğu görülmektedir. Yani ağdaki gecikmelerin büyük bir kısmı ağın fiziksel yapısından (kullanılan ağ cihazları ve kablo kalitesi) kaynaklanmaktadır.

## 7.2 .Veri Paketi Kayıp Yüzdeleri

Şekiller 22-29 da görüldüğü gibi multicast görüntü aktarımı uygulaması çalışan ‘pair7’ ve ‘pair8’, iptv (ip televizyon) uygulaması çalışan ‘pair11-pair16’ arası ve ip telefonu uygulaması çalışan ‘pair41-pair46’ arası uçlarda paket kayıpları meydana gelmiştir. Diğer uygulamalarda herhangi bir paket kaybı söz konusu değildir. Genel olarak bütün ses kodlama standartlarında birbirine yakın değerlerde paket kaybı oluşmasına rağmen kayıp yüzdesi ihmal edilebilir seviyededir. IP telefonu uygulamalarında en fazla ortalama paket kaybı g729 (%0.551) ve g726 (%0.537) ses kodlama standartlarında oluşmuştur (Şekil-28, Şekil-26). En az ortalama paket kaybına sahip ses kodlama standartlarının ise g729-Suppress (%0.347) ve g723-Suppress (%0.371) oldukları görülmüştür (Şekil-29, Şekil-25). Kayıp ses paketlerinin ağ üzerinde uğradığı kayıpların tolöre edilebilir oranda olduğu (toplam paketin maksimum %10’u) da görülmektedir. Ancak video içerikli paketlerde (ip-tv) oluşan paket kayıpları bazı durumlarda %20’ye (Şekil-28) ulaşarak görüntü aktarımının kesintilere uğramasına sebep olmuştur. Bu sonuçlar, yoğun ağ trafiğinde band genişliği yüksek olan uygulamaların (iptv:1.423 Mbps, multicast:128Kbps) ağ üzerinde daha fazla paket kaybına uğradıklarını göstermektedir. Bununla birlikte IP telefonu ses kodlama standartları paket kayıp yüzdesi bakımından kampus ağında sorunsuz çalışabilmektedirler.

## 7.3 .Gecikme Değerlerindeki Değişkenlik (Jitter)

Şekiller 22-29 da görüldüğü gibi ses paketleri uçtan uca değişken gecikme değerleri (jitter) ile ulaşmaktadırlar. Bununla birlikte farklı ses sıkıştırma standartlarındaki jitter değerlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Genel olarak bakıldığında IP telefonu jitter değerleri açısından mevcut kampüs ağı kararlılık (9 ms) göstermektedir.

#### 7.4 .Ortalama Görüşme Kalitesi (Mean Opinion Score-MOS)

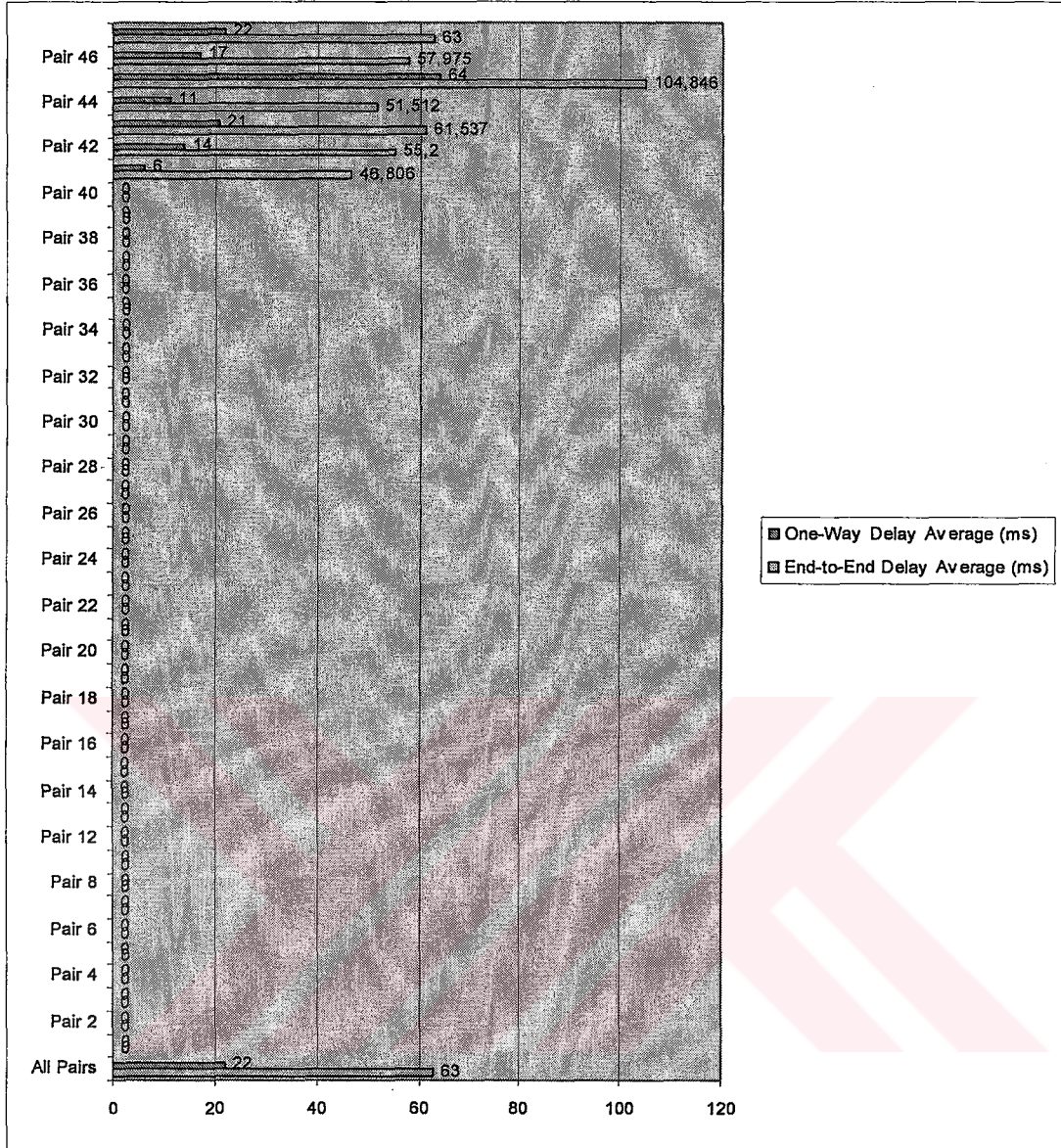
Şekiller 30-37 de ses kodlama standartlarının MOS değerleri görülmektedir. Maksimum değerler açısından en iyi kodlama algoritması 'g711-Suppressed' 4.38 MOS değeri ile ilk sırada yer almıştır (Şekil-31). Maksimum MOS değeri bakımından en düşük (3.65) kodlama 'g723' olmuştur (Şekil-32). Ancak ortalama MOS değeri bakımından en iyi (3.32) kodlama 'g729-Suppressed' olarak görülmektedir (Şekil-37). Bu kategoride en düşük MOS değeri (2.02) 'g711' kodlama algoritmasında görülmektedir (Şekil-30). Bu sonuçlara göre kampüs ağında en kararlı davranan ses kodlama standardı 'g729-Suppressed' olmuştur.



Pair	IP Address	Protocol	Service	Quality
Pair 25	10.9.2.64	TCP		n/a
Pair 26	10.9.2.64	TCP		n/a
Pair 27	10.9.2.96	TCP		n/a
Pair 28	10.9.2.96	TCP		n/a
Pair 29	10.9.2.63	TCP		n/a
Pair 30	10.9.2.63	TCP		n/a
Pair 31	10.9.2.64	TCP	TCP HTTPtext.scr	n/a
Pair 32	10.9.2.64	TCP	Yazın ağırlıklı web sayfası	n/a
Pair 33	10.9.2.96	TCP		n/a
Pair 34	10.9.2.96	TCP		n/a
Pair 35	10.9.2.63	TCP		n/a
Pair 36	10.9.2.63	TCP	TCP	n/a
Pair 37	10.9.2.64	TCP	High_Performance_Throughput. scr 1	n/a
Pair 38	10.9.2.64	TCP	Yüksek yoğunluklu performans trafığı	n/a
Pair 39	10.9.2.96	TCP	(Ağda oluşabilecek en yüksek trafik)	n/a
Pair 40	10.9.2.96	TCP		n/a
Pair 41	10.9.2.63	TCP		n/a
Pair 42	10.9.2.63	TCP	VoIP	n/a
Pair 43	10.9.2.64	TCP	G.711, G.711/supressed G.723, G.723/supressed	n/a
Pair 44	10.9.2.64	TCP	G.726, G.726/supressed G.729, G.729/supressed	n/a
Pair 45	10.9.2.96	TCP		n/a
Pair 46	10.9.2.96	TCP		n/a

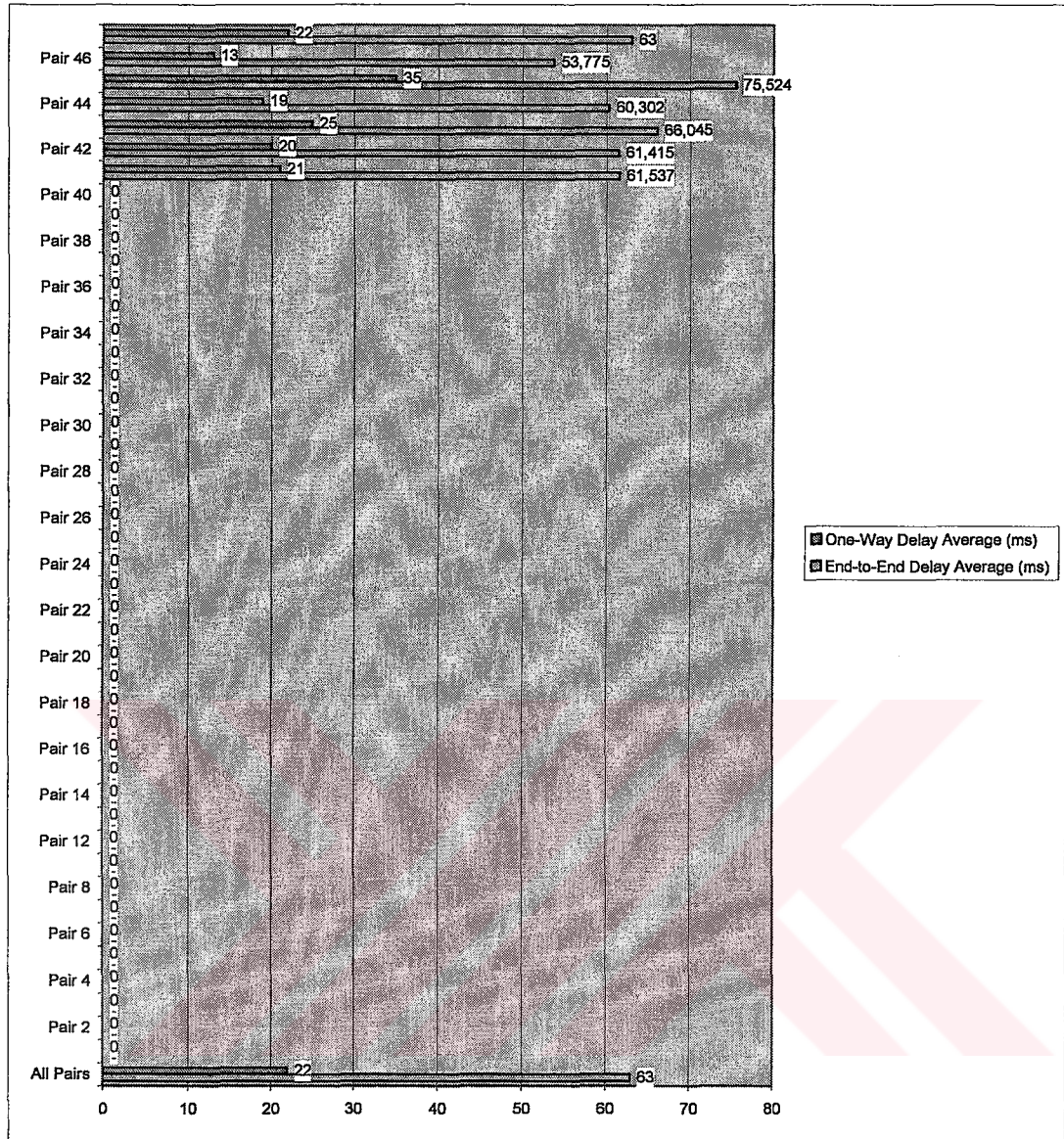
Tablo 4. Test Başlangıç Ayarları

Group/ Pair	Knows Endpoint 1	Console Protocol	Service Quality	Pair Comment
All Pairs				
Pair 1	10.9.2.63	TCP	N/a	
Pair 2	10.9.2.63	TCP	n/a	
Pair 3	10.9.2.64	TCP	n/a	UDP SMTP.scr 1
Pair 4	10.9.2.64	TCP	n/a	Elektronik Mektup Gönderme
Pair 5	10.9.2.96	TCP	n/a	
Pair 6	10.9.2.96	TCP	n/a	
Pair 7	10.9.2.20	TCP	n/a	224.0.0.0:10000
Pair 8	10.9.2.20	TCP	n/a	Multicast (Bir noktadan çok Noktaya ses ve görüntü yayını)
Pair 11	10.9.2.63	TCP	n/a	
Pair 12	10.9.2.63	TCP	n/a	
Pair 13	10.9.2.64	TCP	n/a	UDP IPTVv.scr 1
Pair 14	10.9.2.64	TCP	n/a	IP üzerinden video gönderme ve alma
Pair 15	10.9.2.96	TCP	n/a	
Pair 16	10.9.2.96	TCP	n/a	
Pair 17	10.9.2.63	TCP	n/a	
Pair 18	10.9.2.63	TCP	n/a	
Pair 19	10.9.2.64	TCP	n/a	TCP HTTPgif.scr 1
Pair 20	10.9.2.64	TCP	n/a	Resim ağırlıklı yoğun web sayfası
Pair 21	10.9.2.96	TCP	n/a	
Pair 22	10.9.2.96	TCP	n/a	
Pair 23	10.9.2.63	TCP	n/a	TCP POP3.scr 1

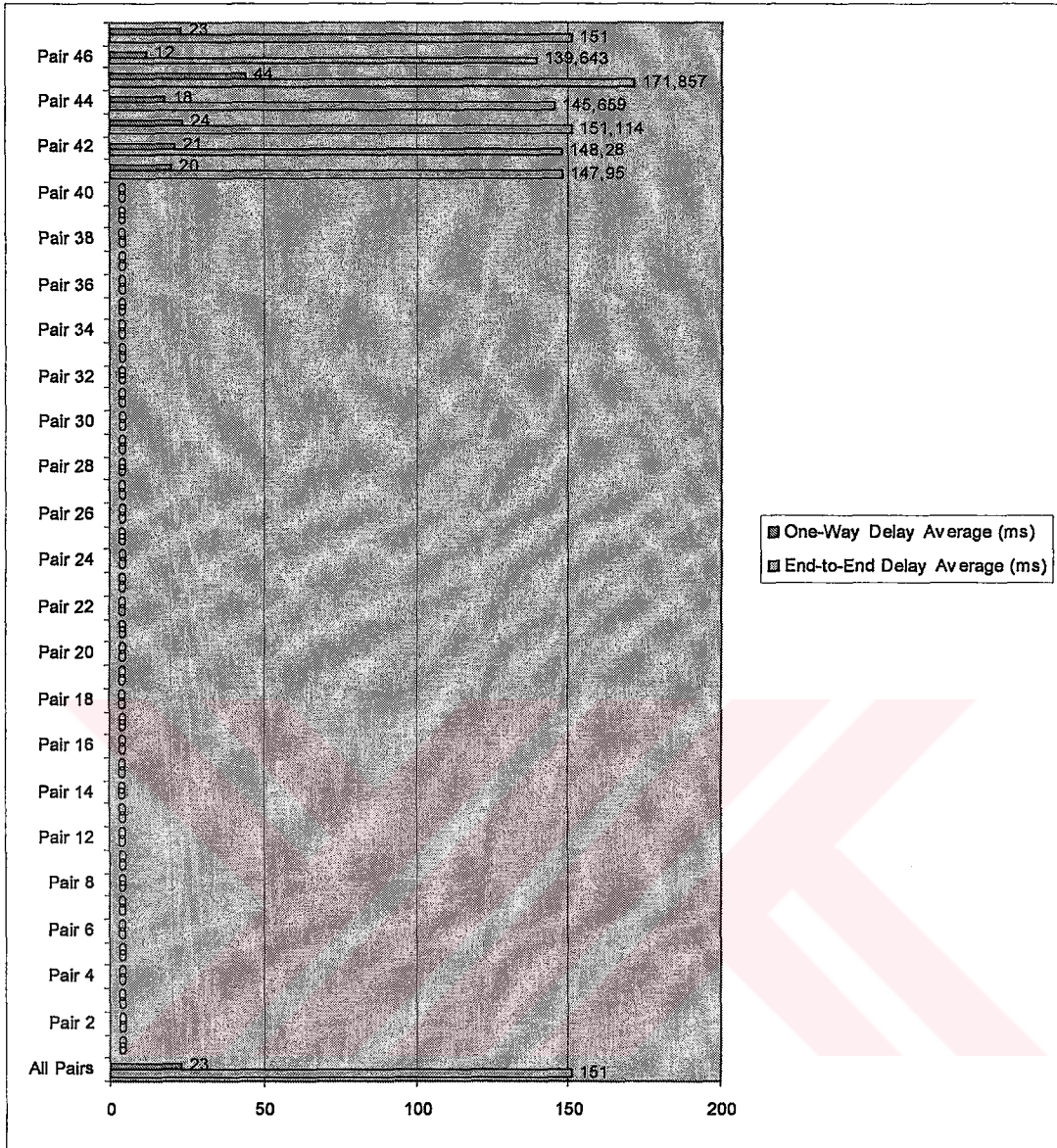


Şekil 14. G.711 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri



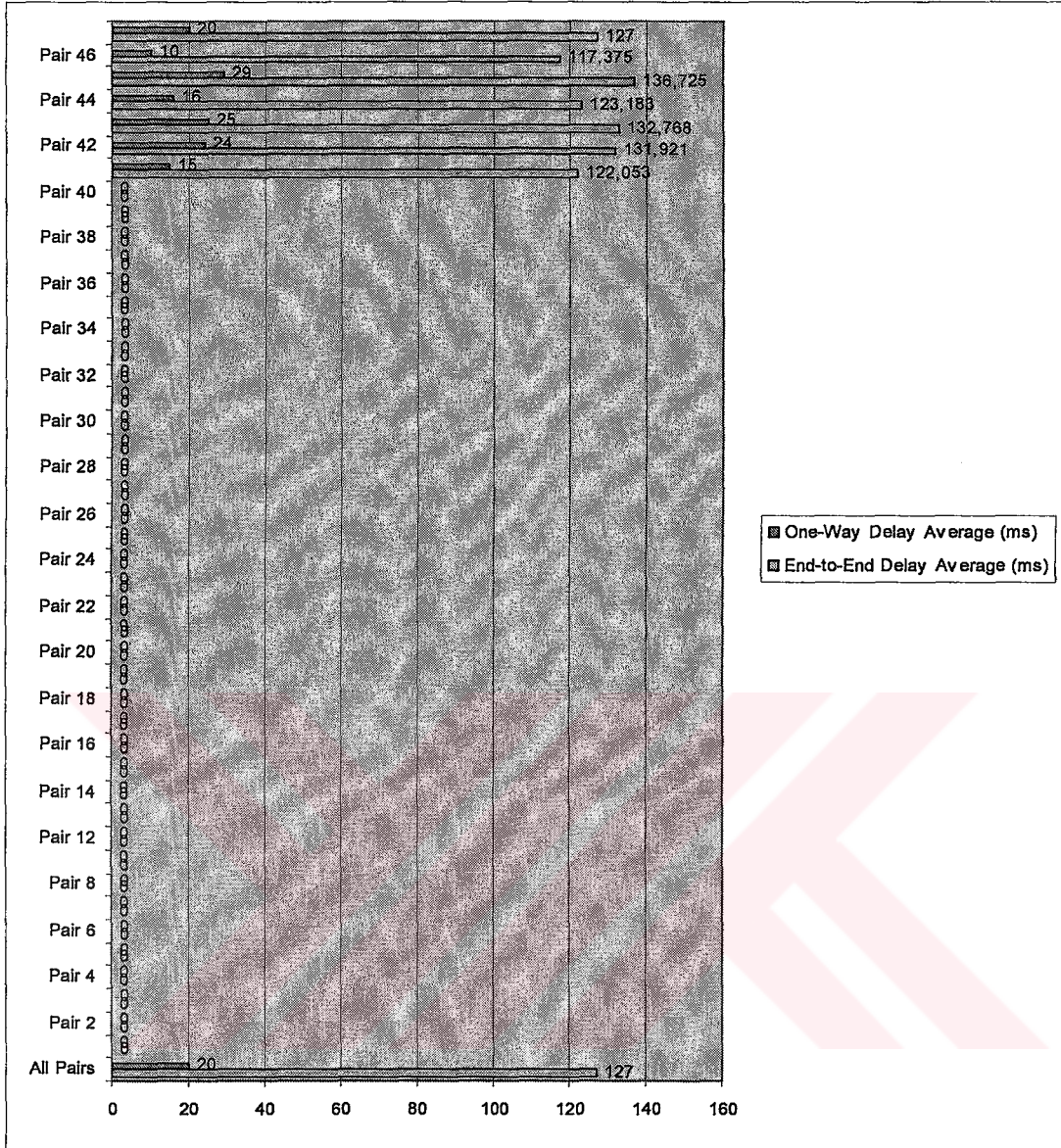


Şekil 15. G.711-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri



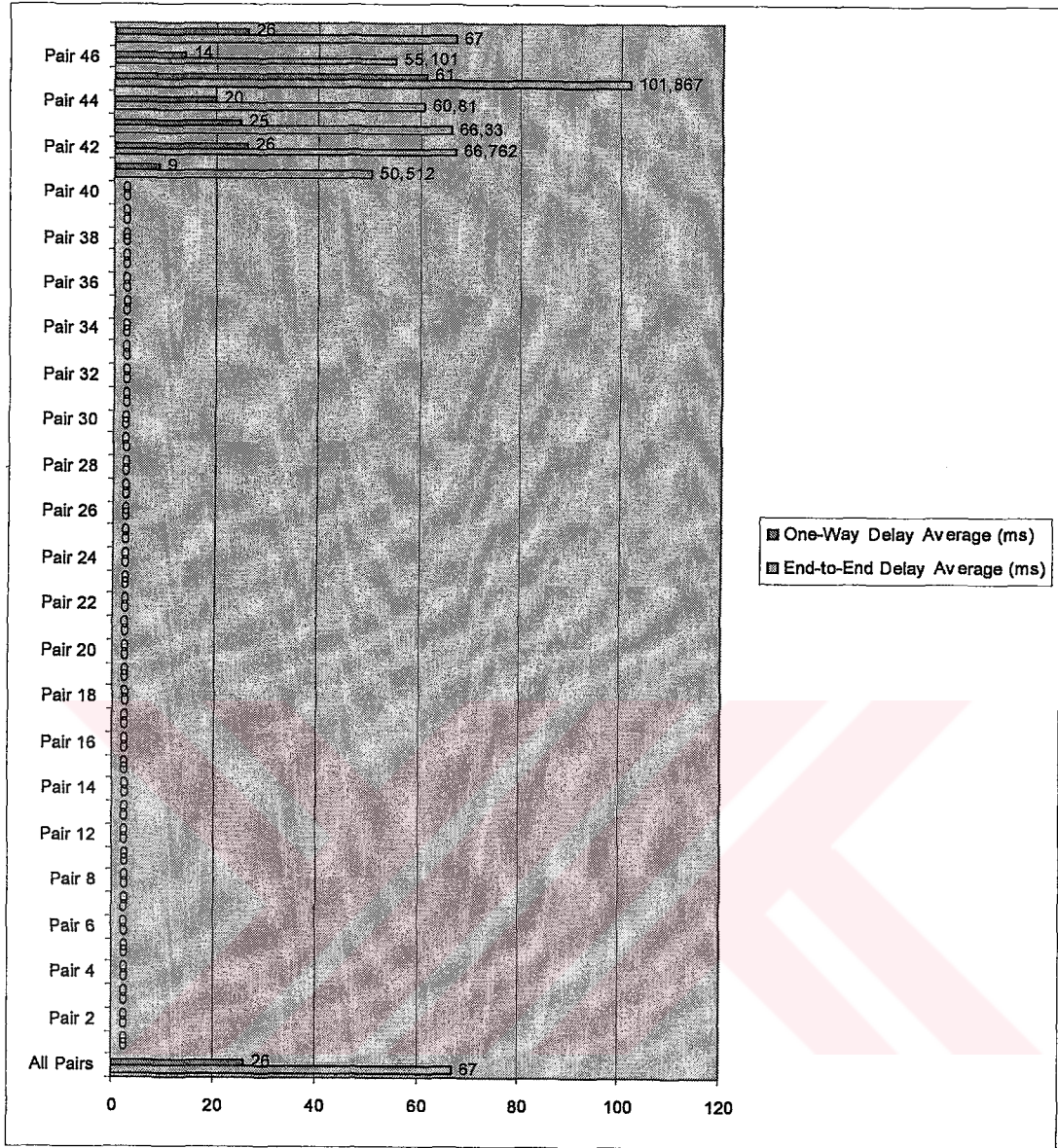
Şekil 16. G.723 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri



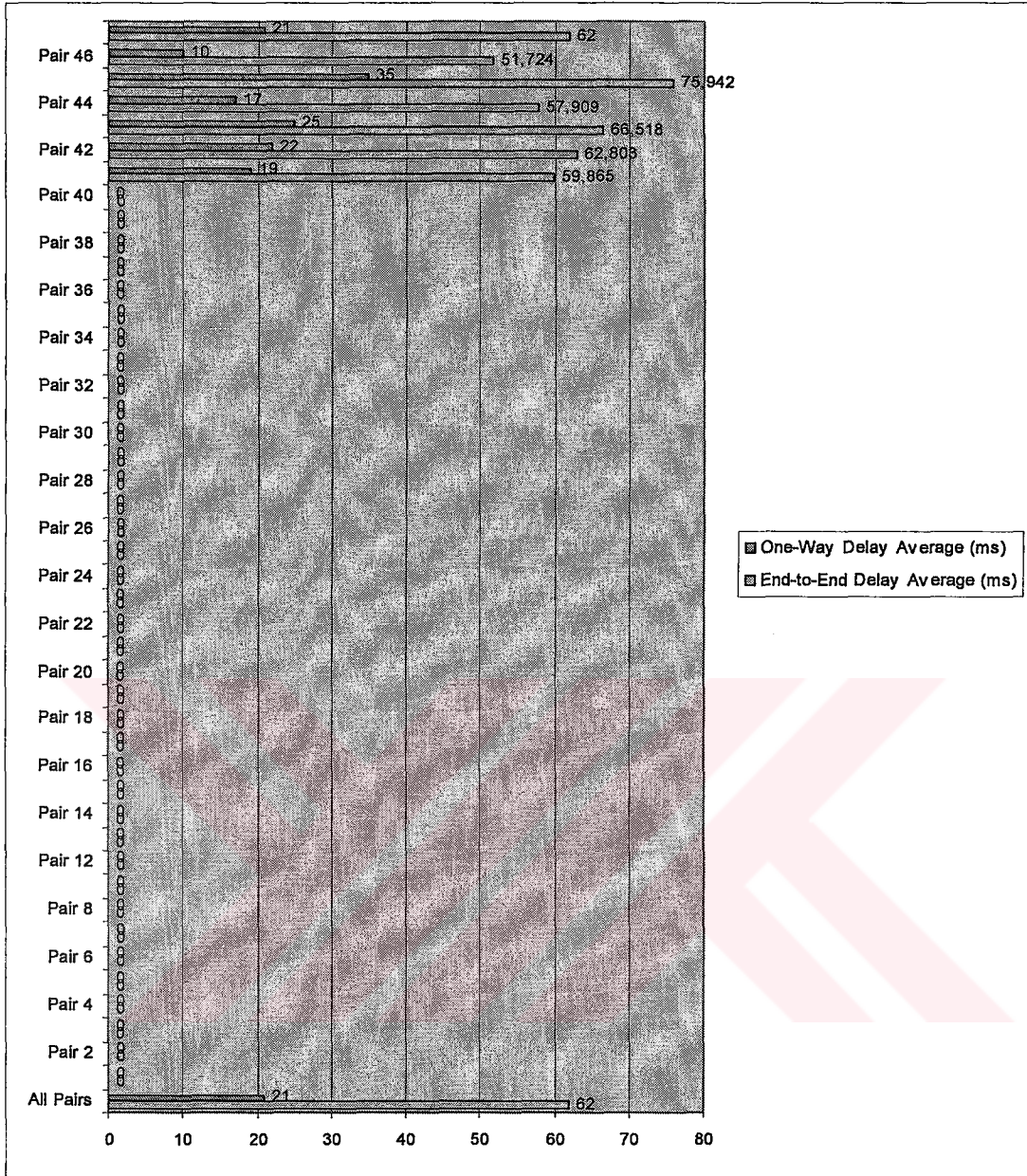


Şekil 17. G.723-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri



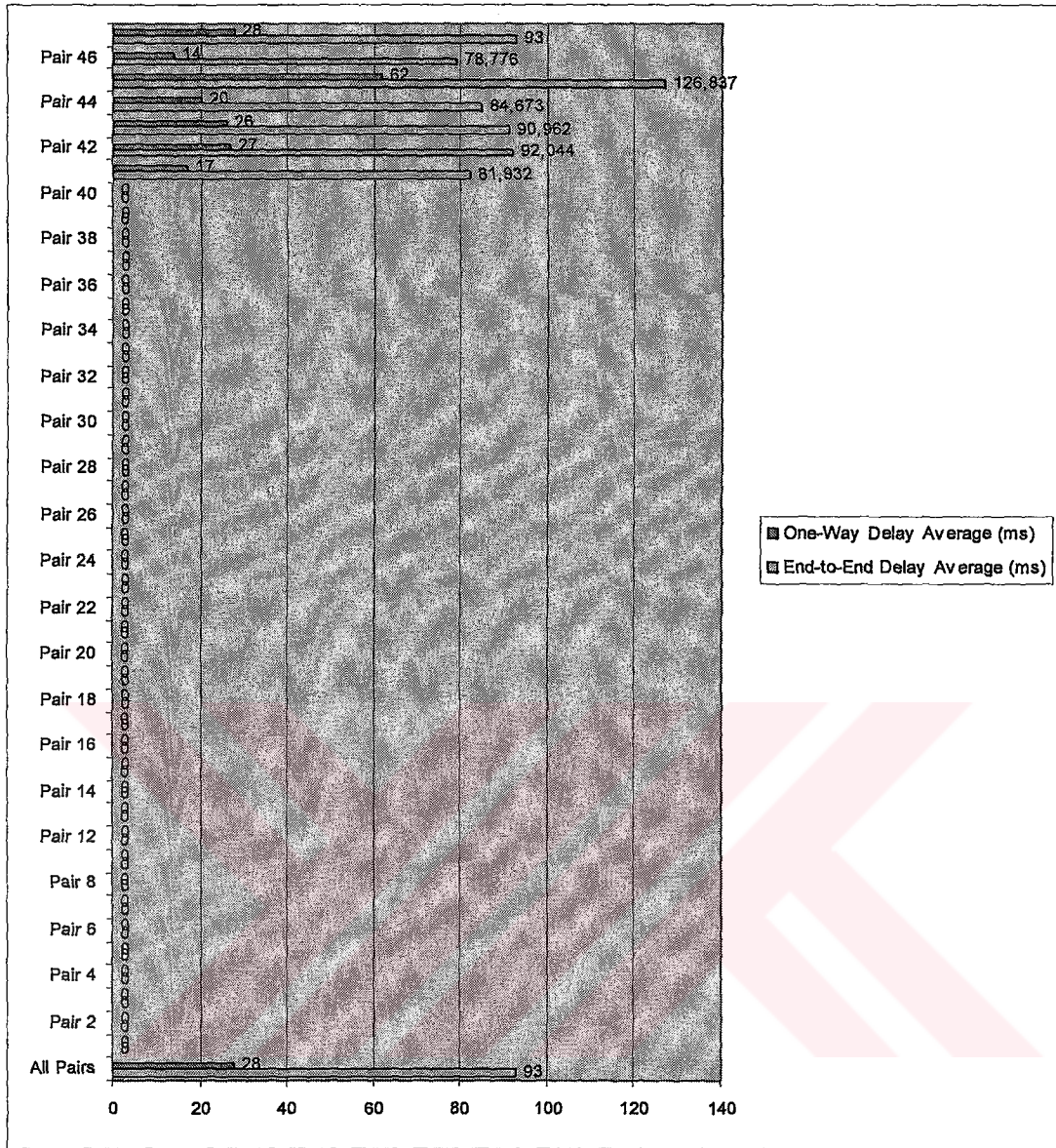


Şekil 18. G.726 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri

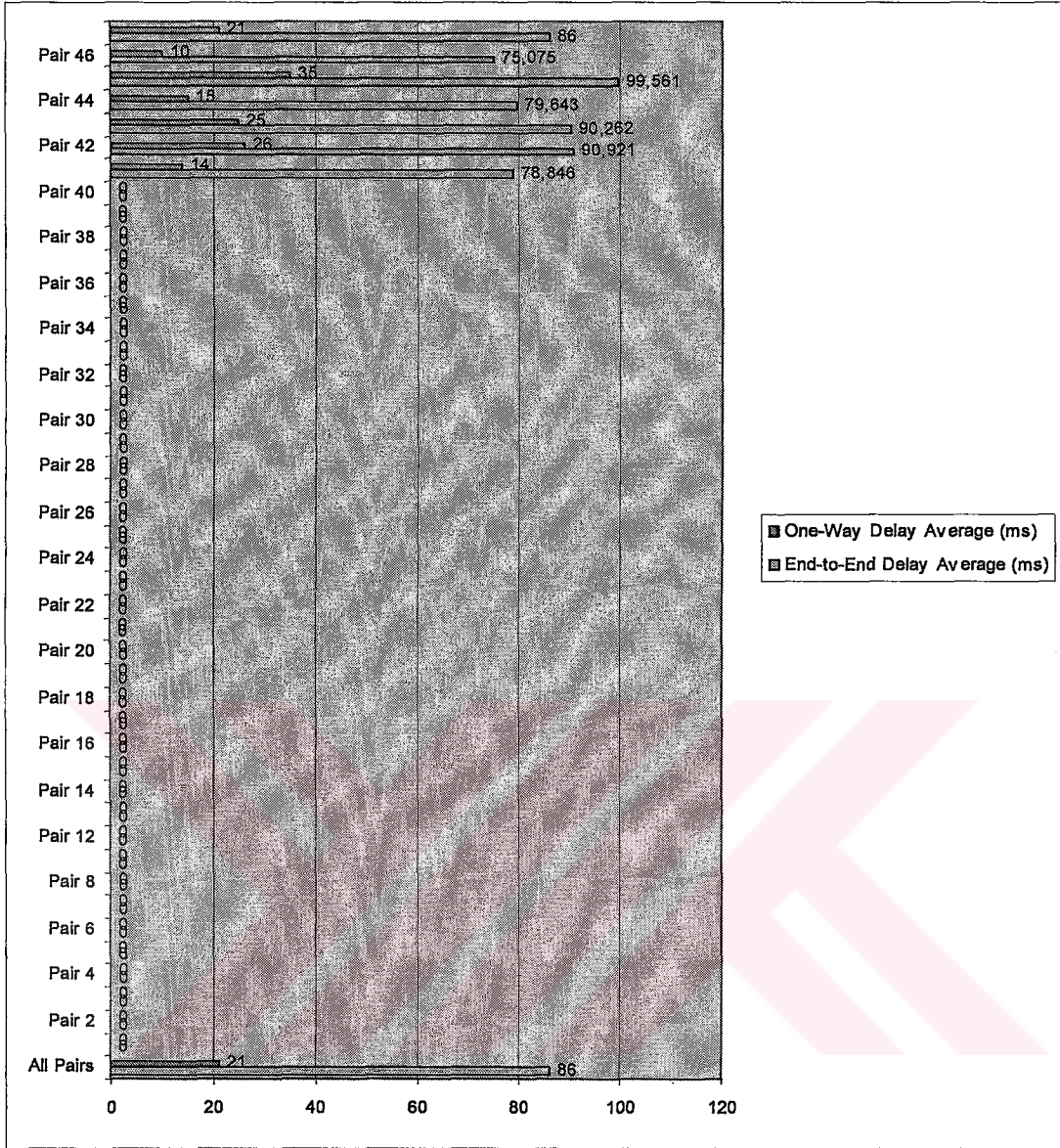


Şekil 19. G.726-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri



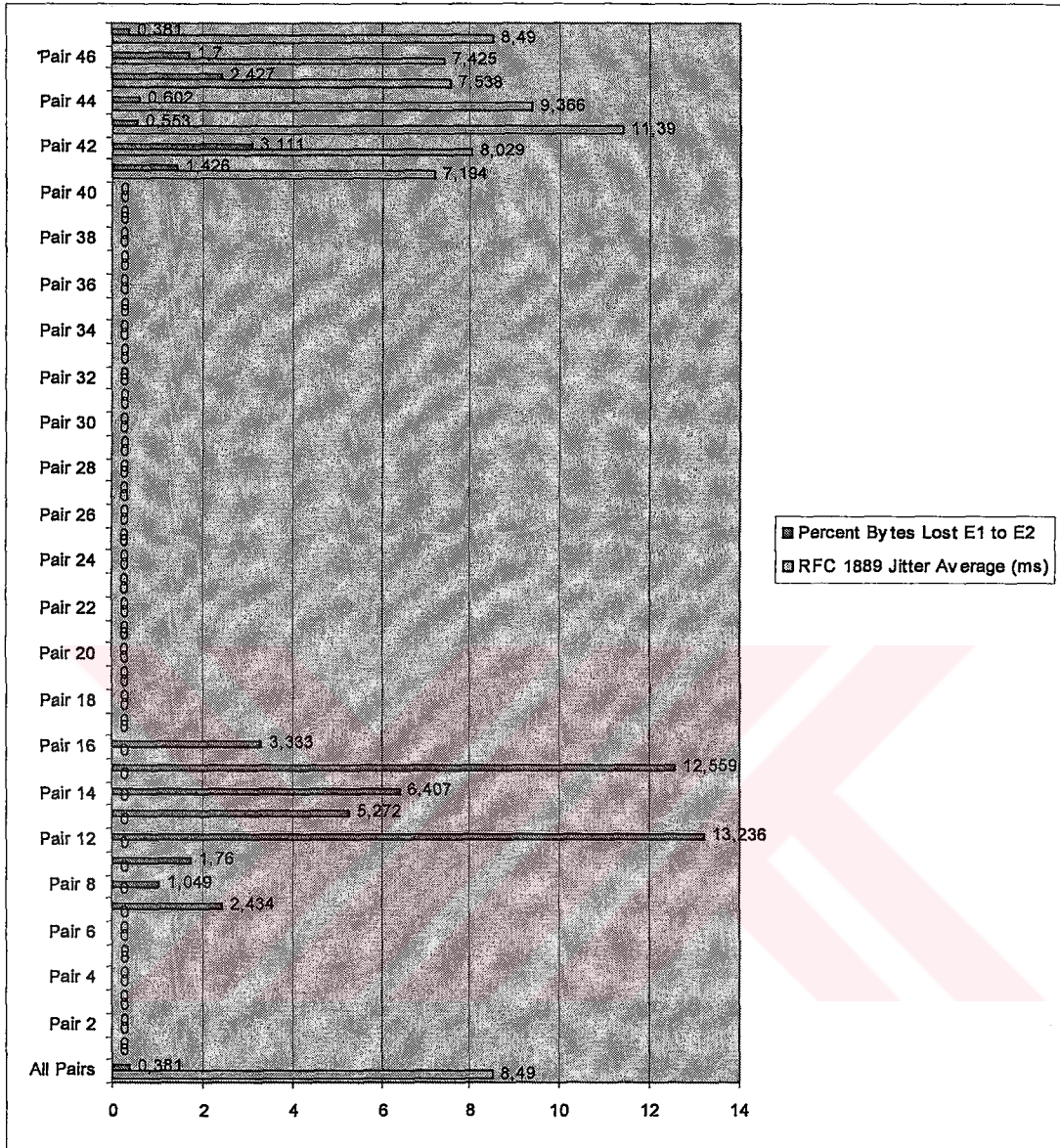


Şekil 20. G.729 Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri

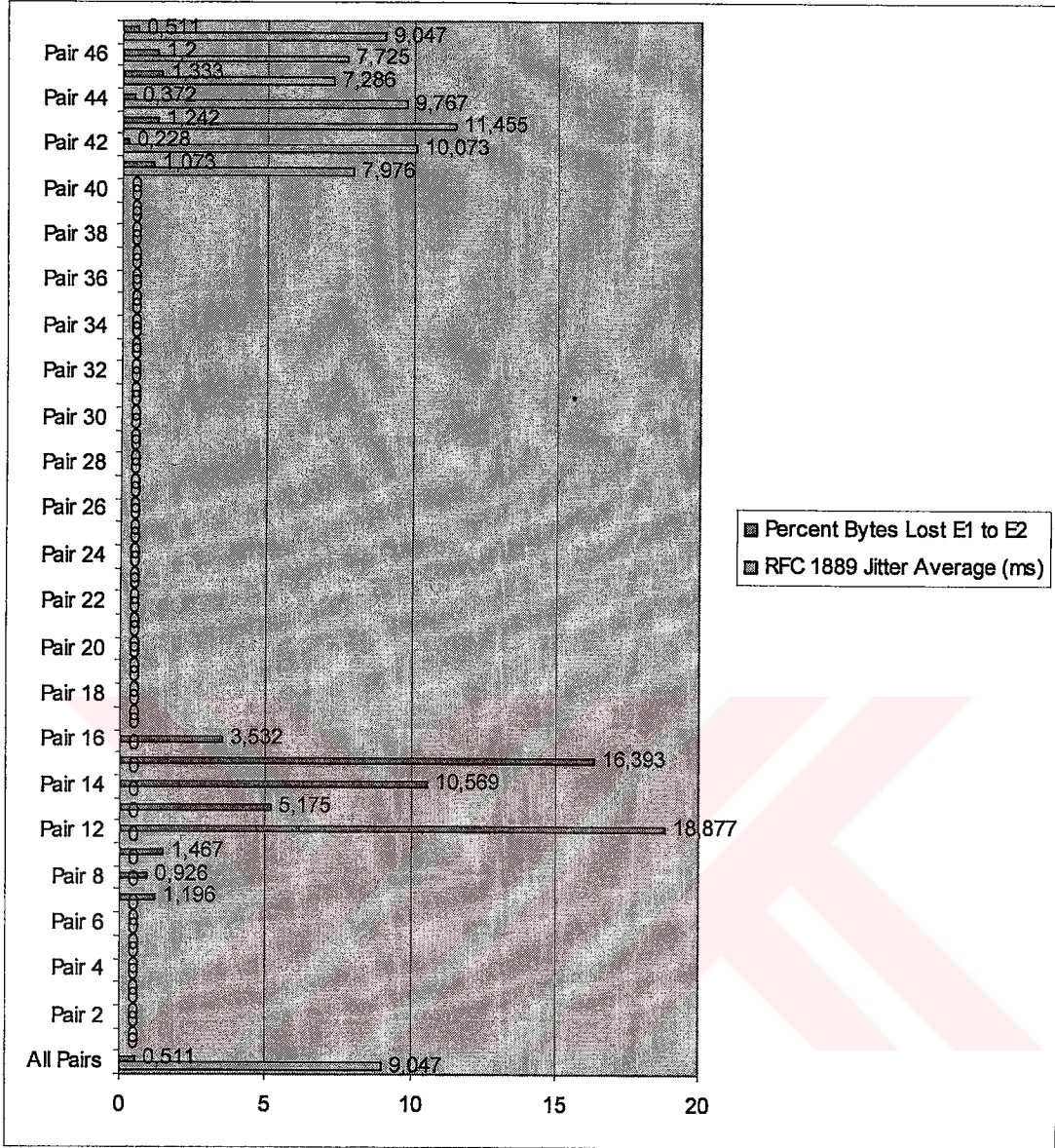


Şekil 21. G.729-Suppress Ses Kodlama Standardı Gecikme Değerleri



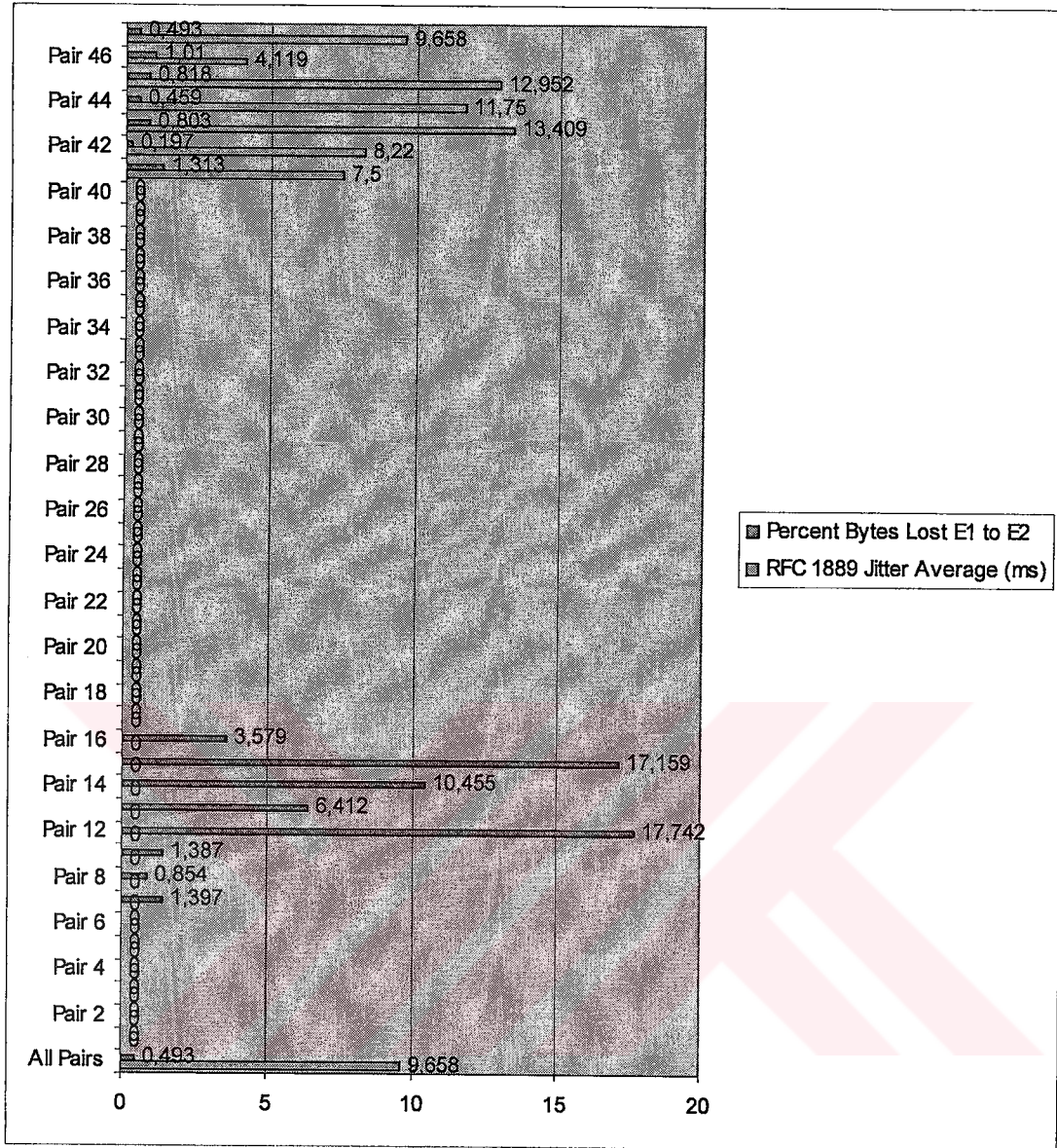


Şekil 22. G.711 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri

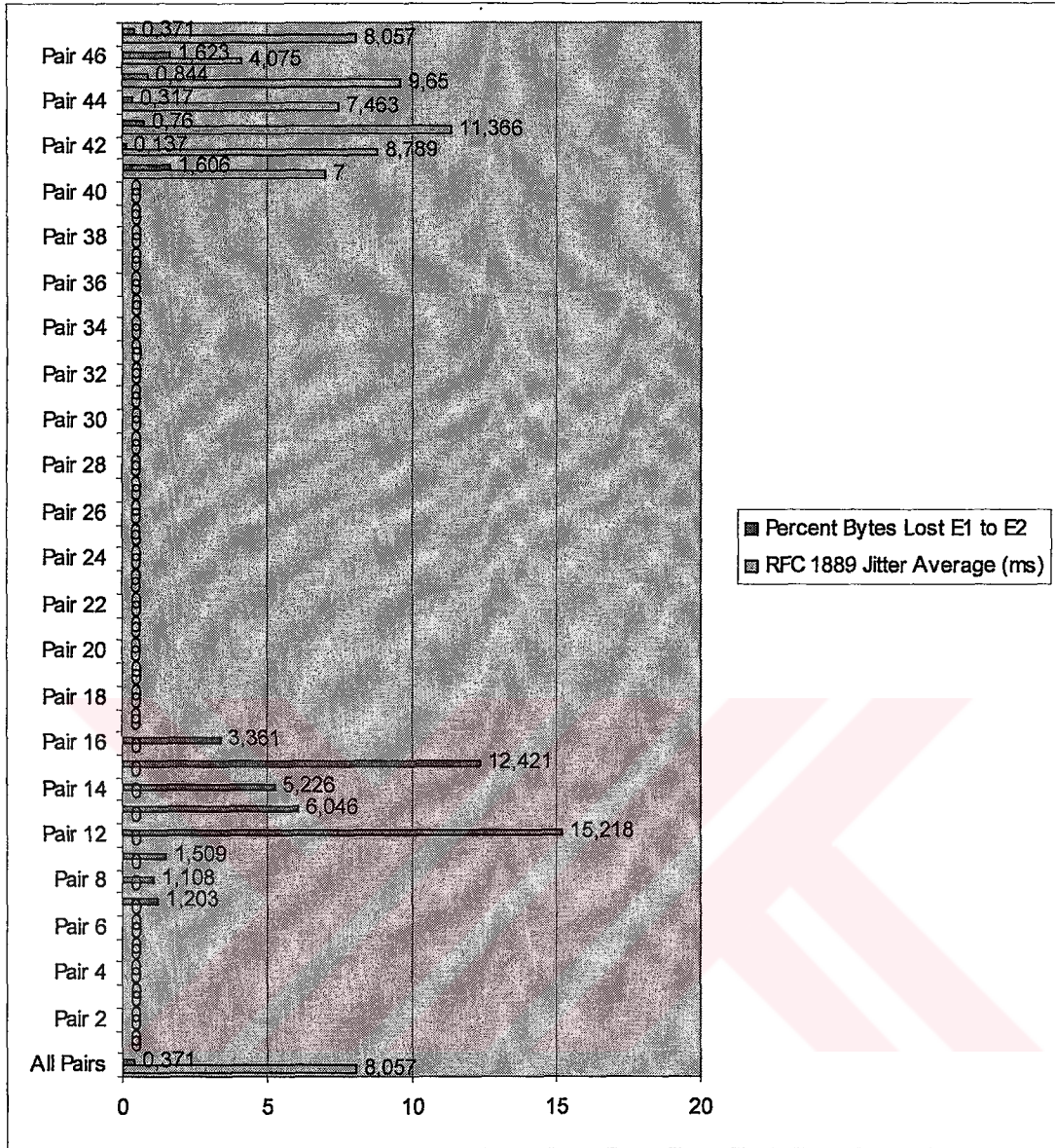


Şekil 23. G.711-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri



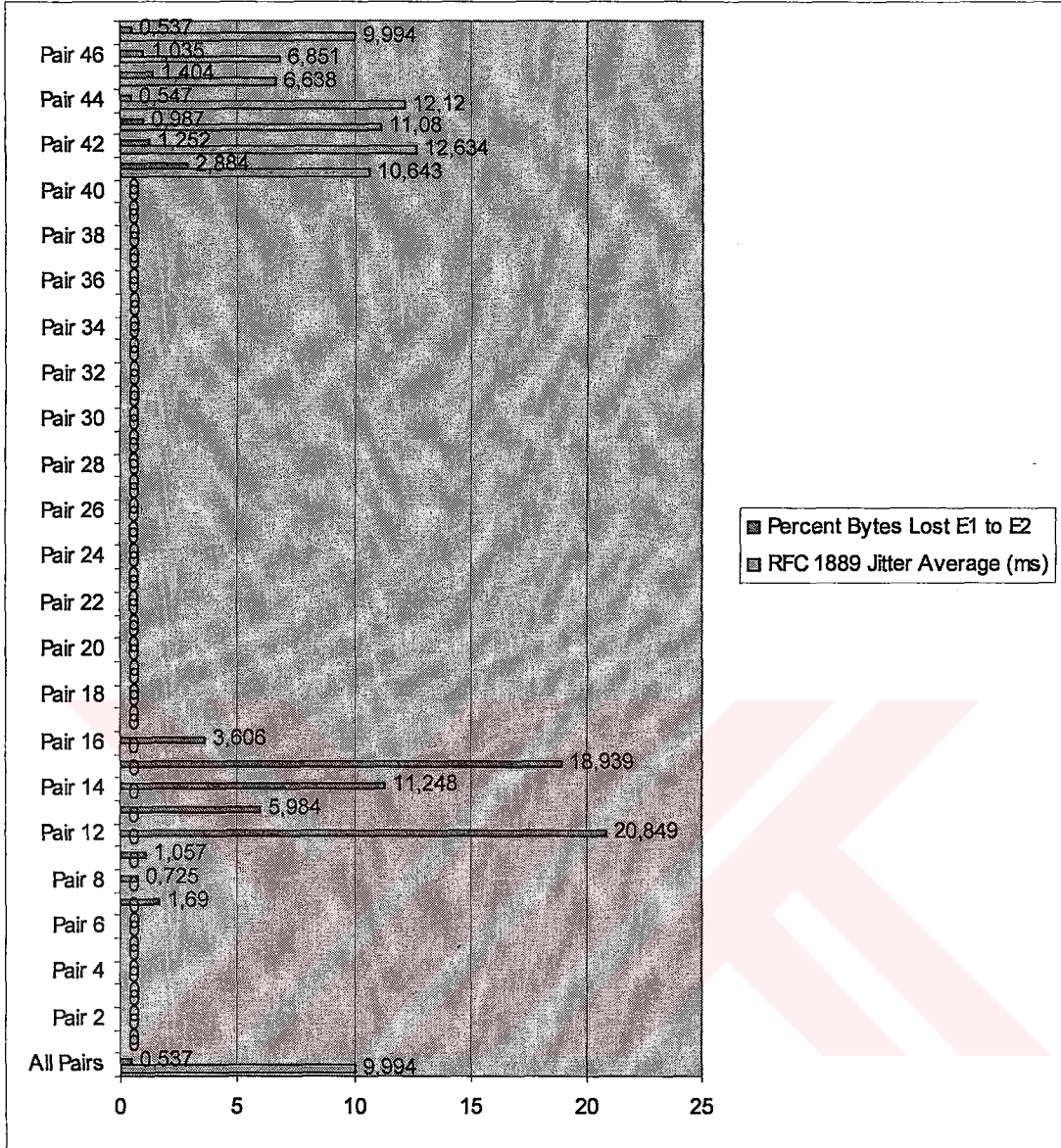


Şekil 24. G.723 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri

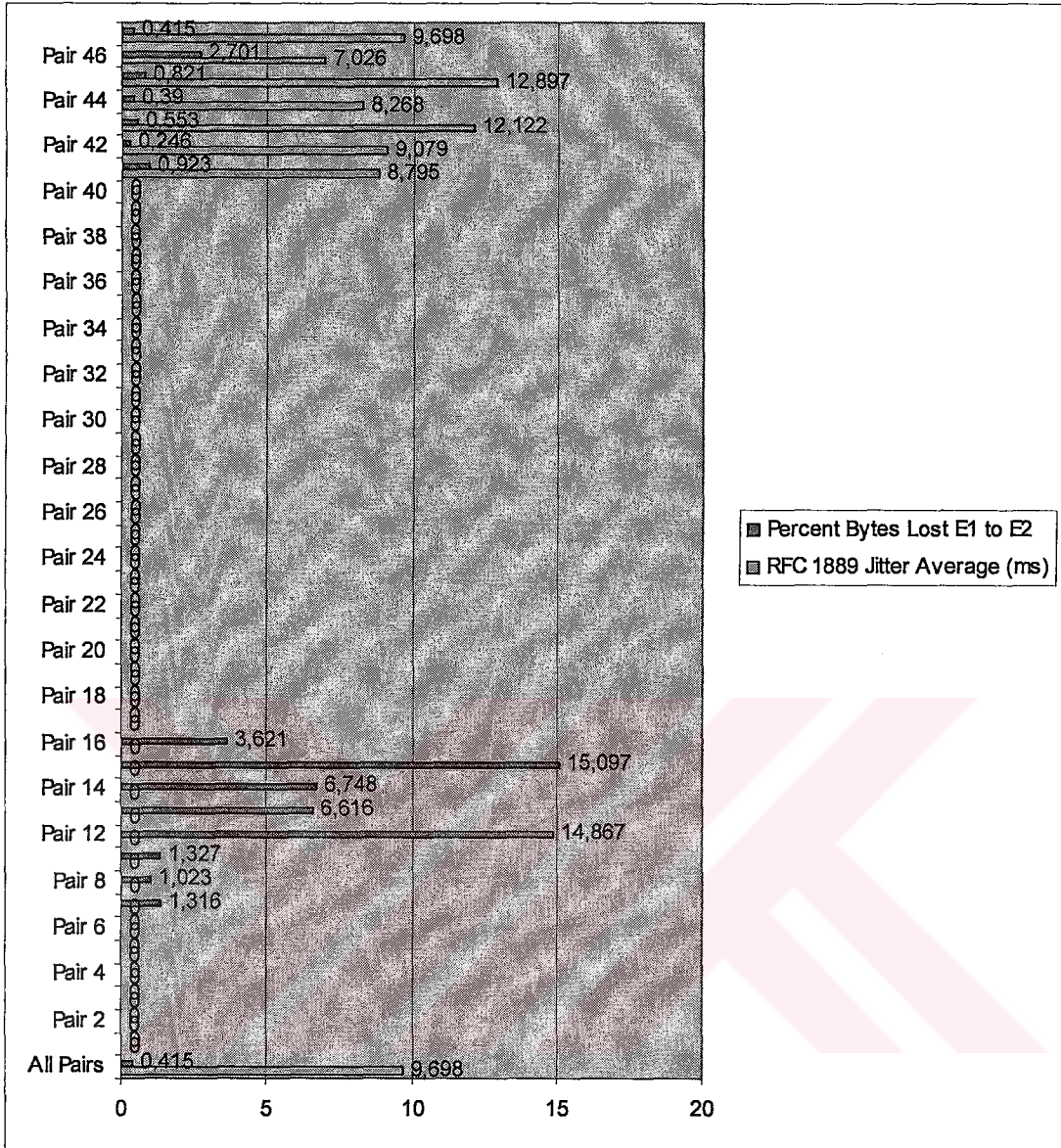


Şekil 25. G.723-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri



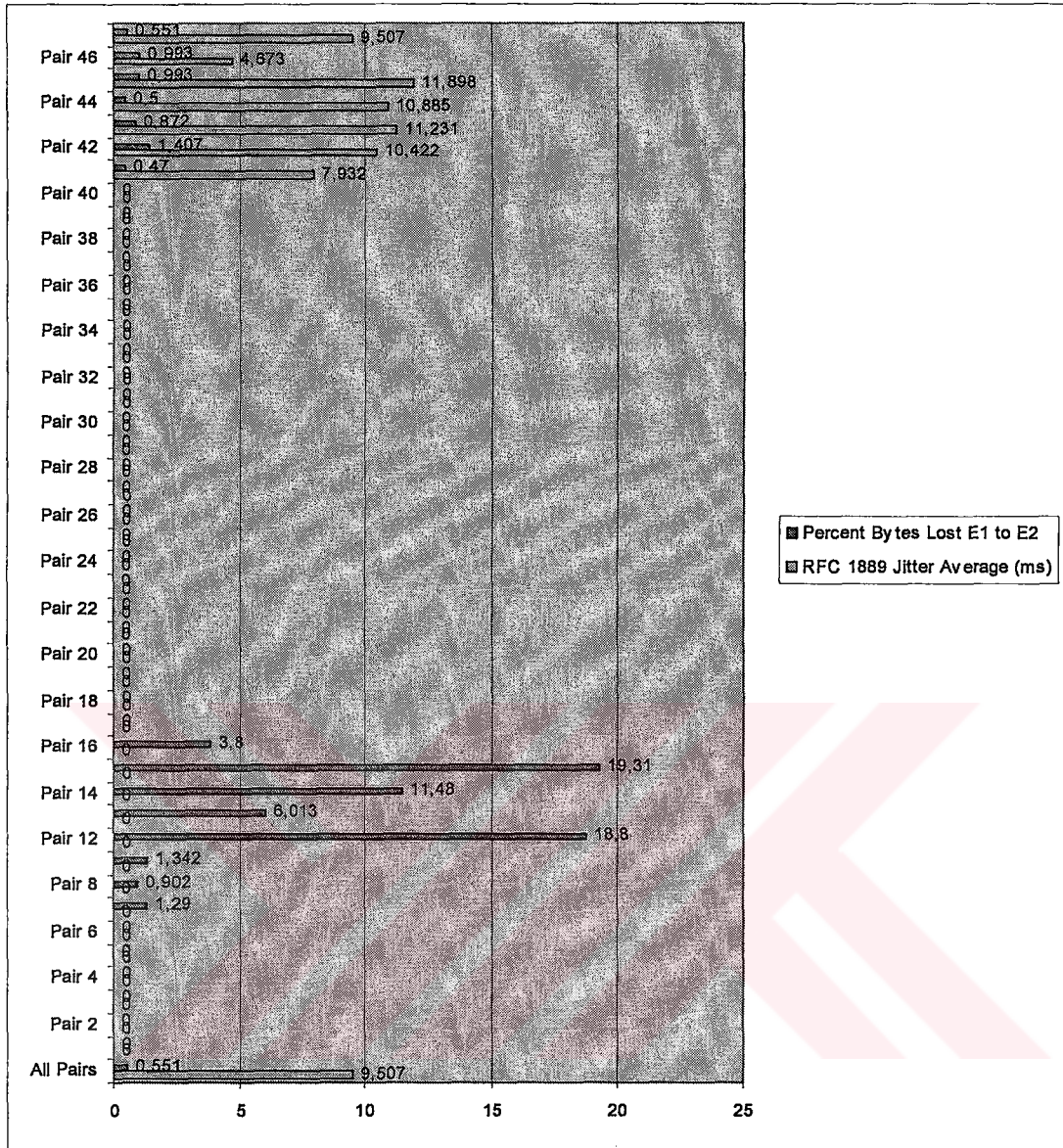


Şekil 26. G.726 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri

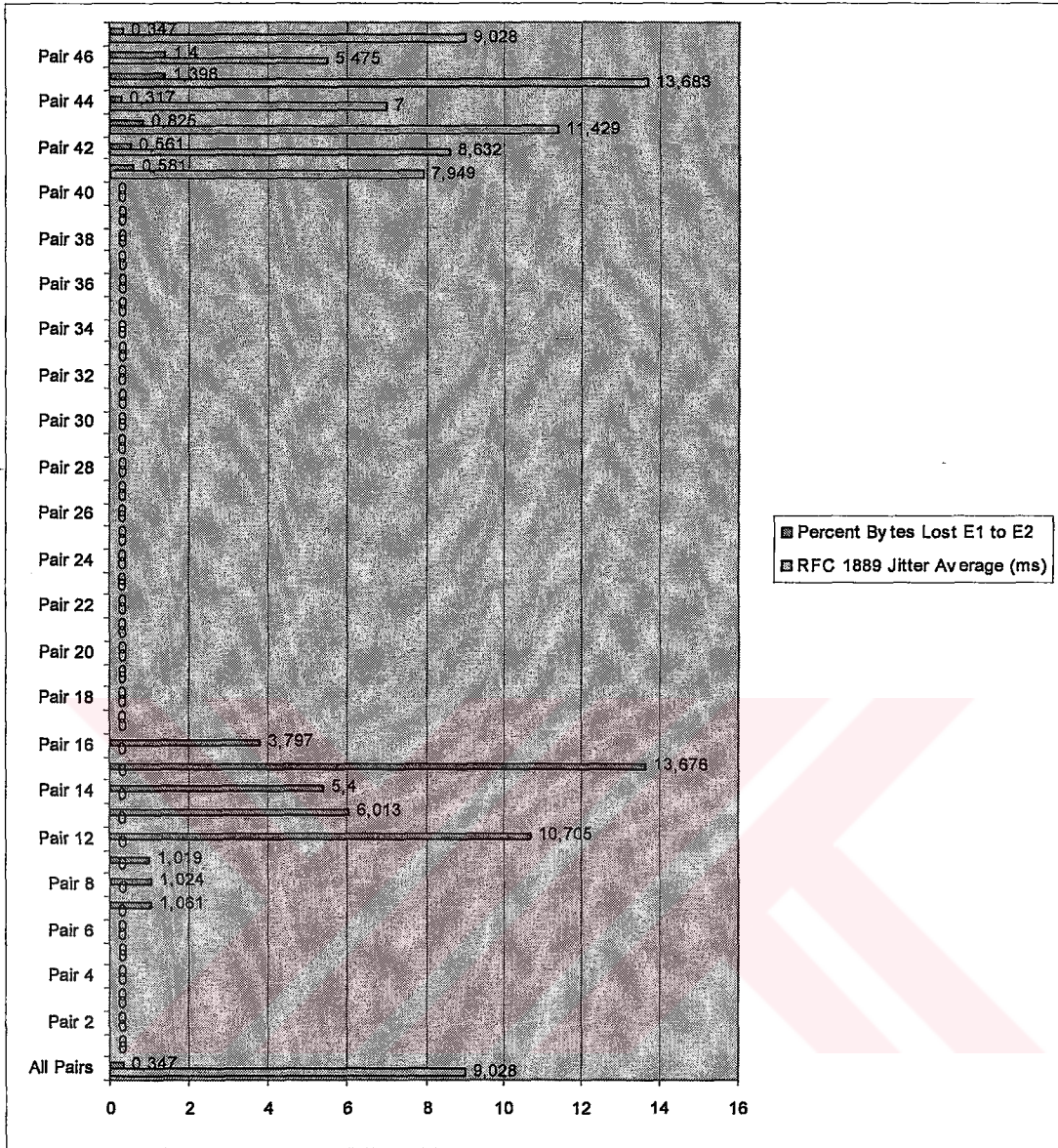


Şekil 27. G.726-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri



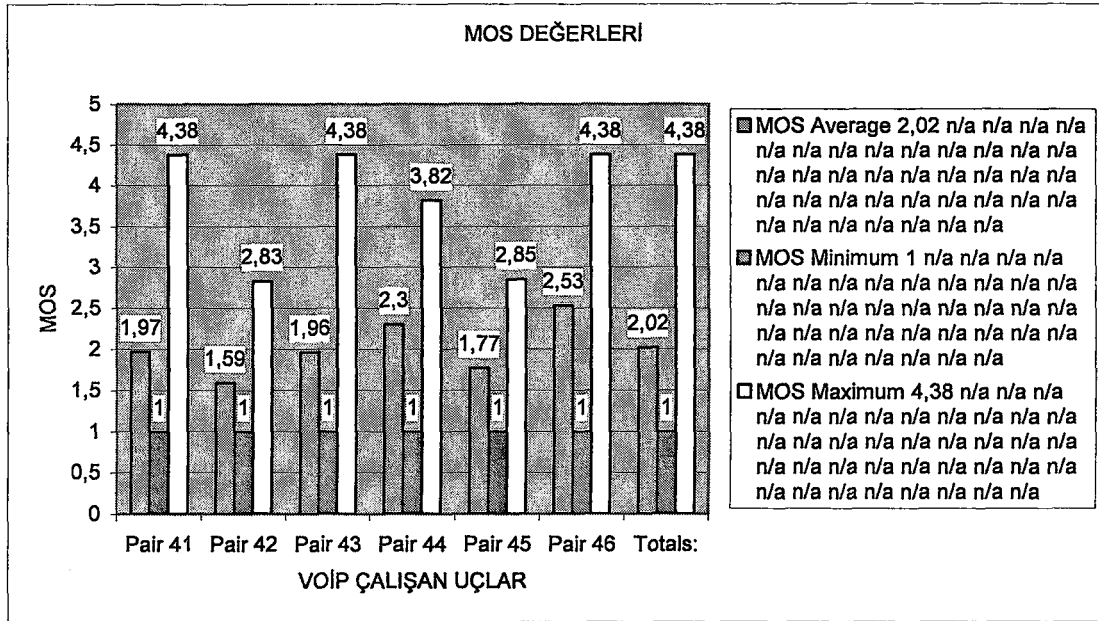


Şekil 28. G.729 Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri

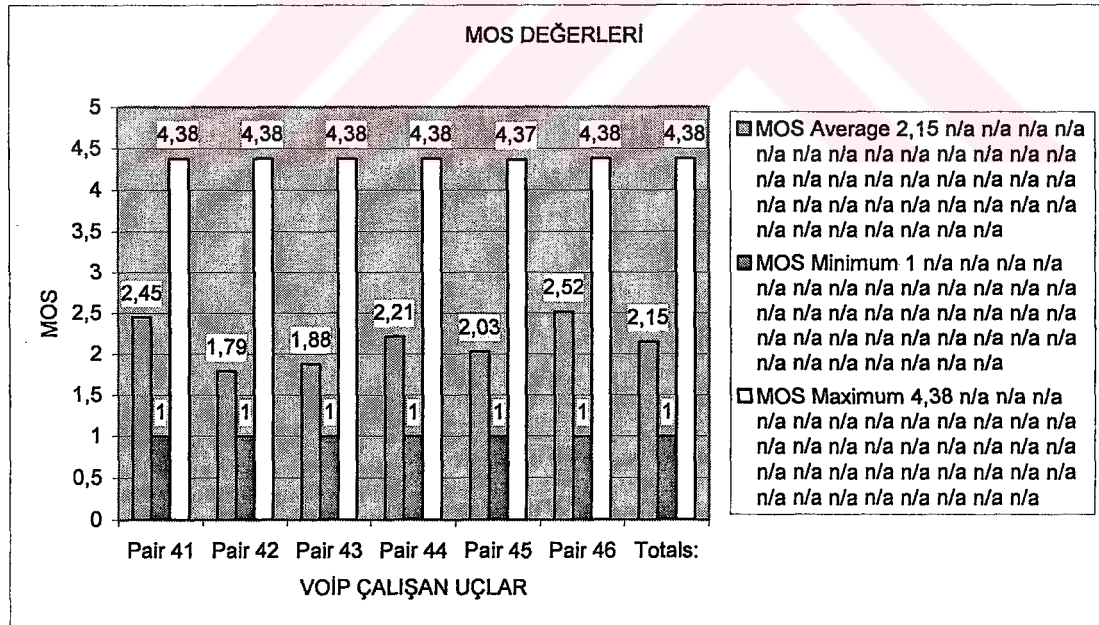


Şekil 29. G.729-Suppress Ses Kodlama Standardı Paket Kayıp Yüzdeleri ve RFC 1889 Jitter Değerleri

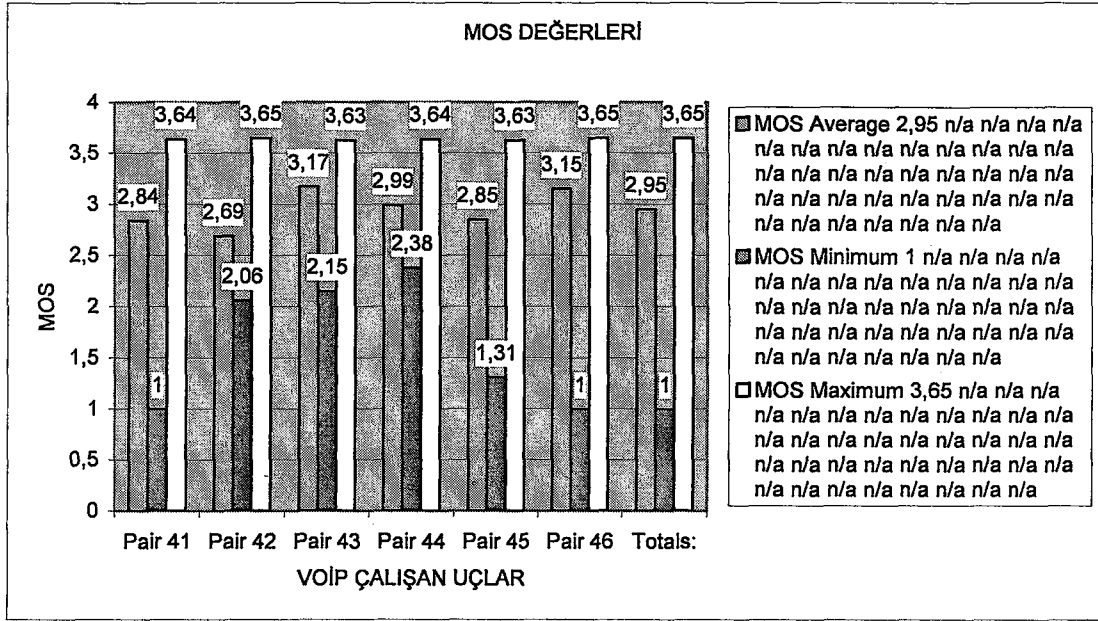




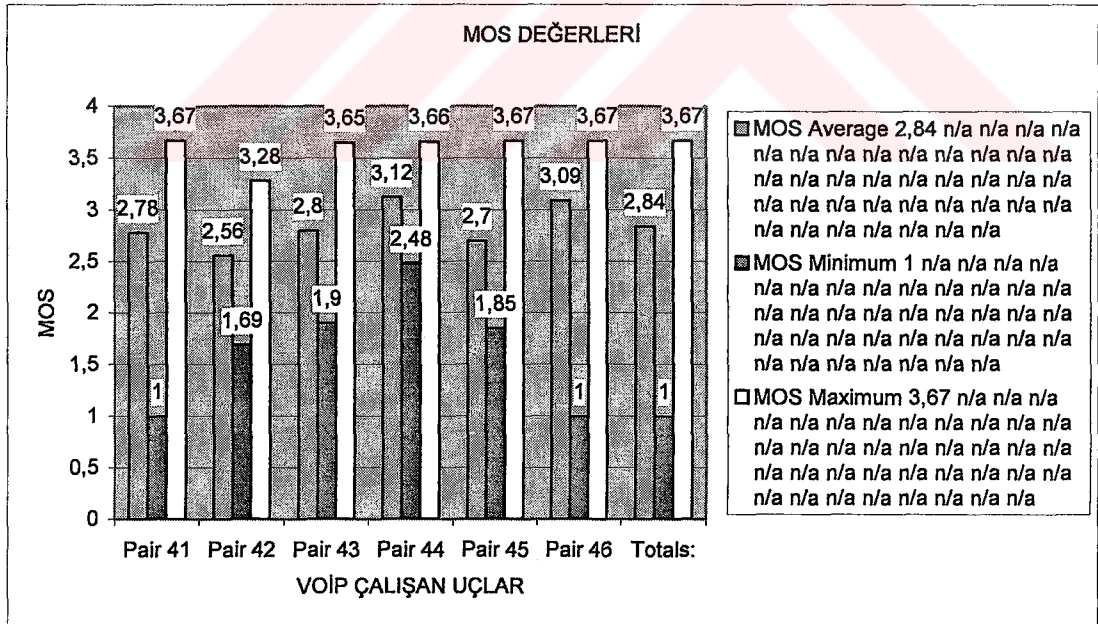
Şekil 30. G.711 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri



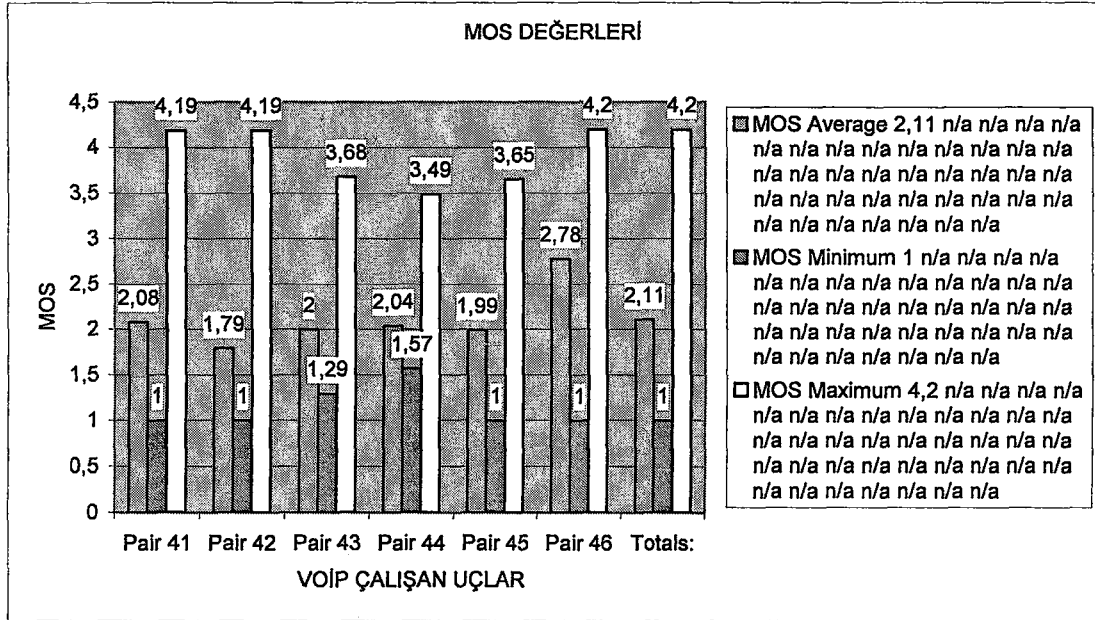
Şekil 31. G.711-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri



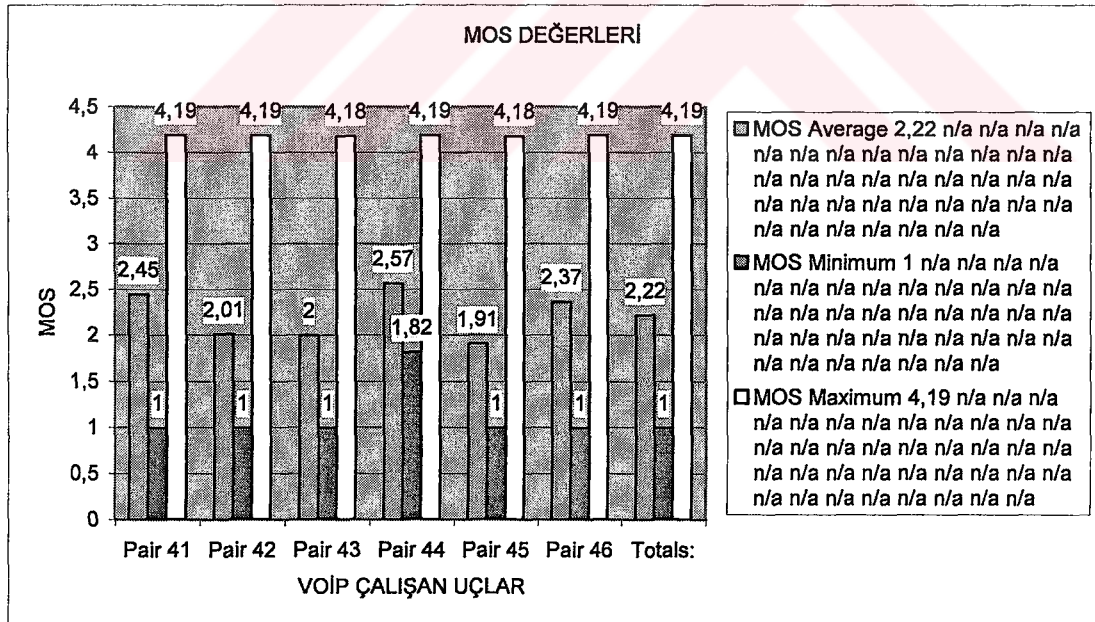
Şekil 32. G.723 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri



Şekil 33. G.723-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri

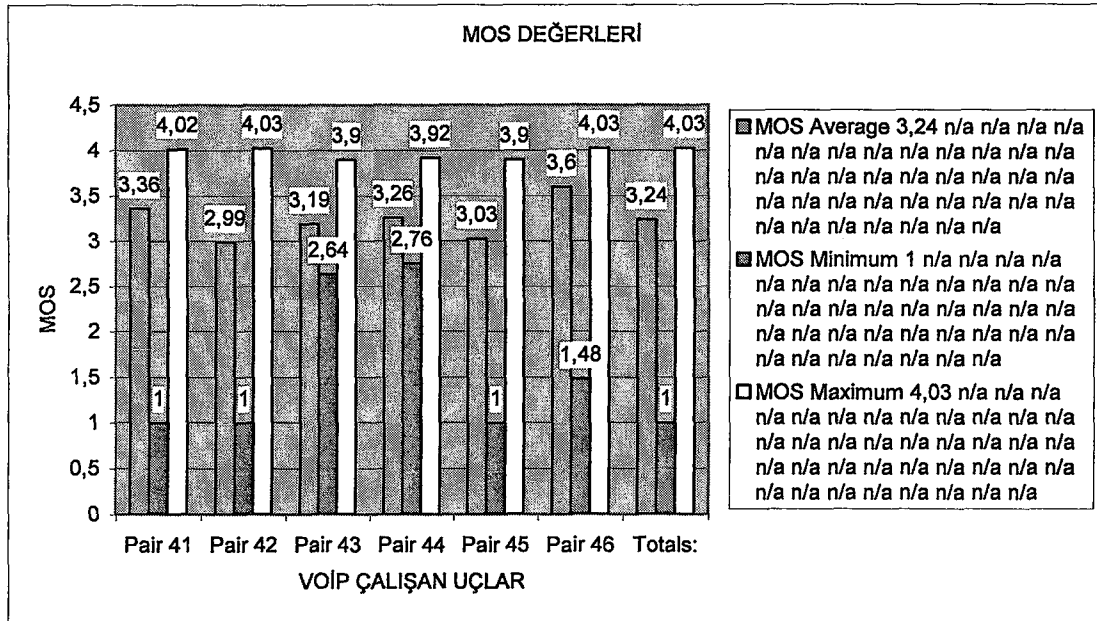


Şekil 34. G.726 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri

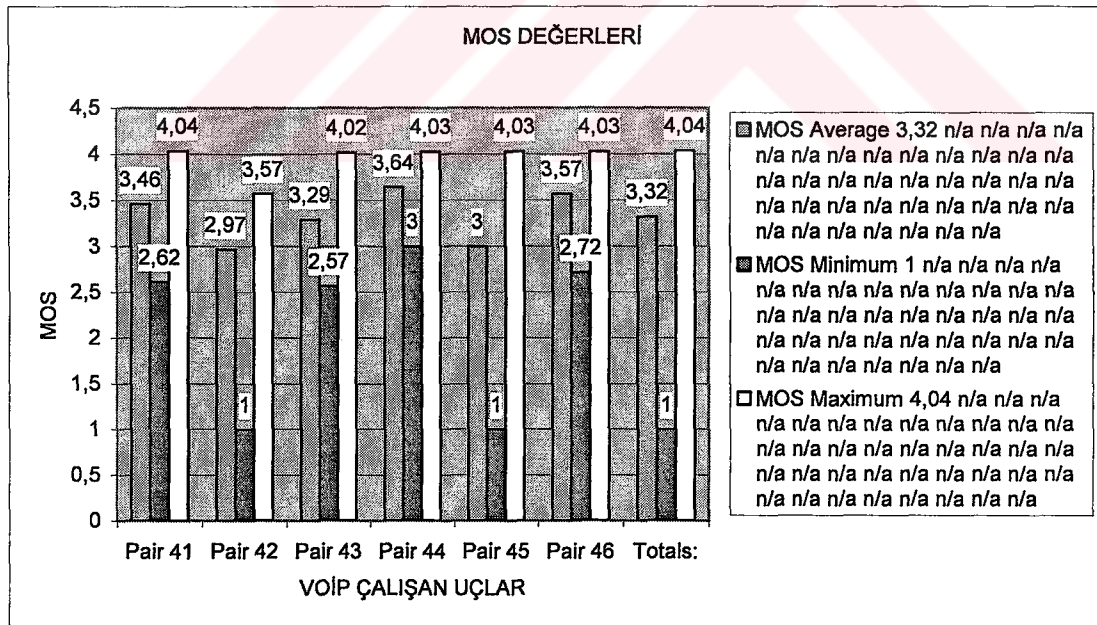


Şekil 35. G.726-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri





Şekil 36. G.729 Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri



Şekil 37. G.729-Suppress Ses Kodlama Standardı MOS Değerleri



## BÖLÜM 8. SONUÇLAR

Sakarya Üniversitesi kampüs veri ağında yapılan bu analiz ile hem ağın yoğun veri trafiğinde uçtan uca performansı hem de IP telefonu uygulamasında kullanılan ses kodlama ve sıkıştırma standartlarının hangisinin bu ağ üzerinde en iyi performansı gösterdiği anlaşılmıştır.

Mevcut ağ omurgası genel ağ uygulamalarında (http, ftp, e-mail) sorunsuz ve kararlı iletim sağlamıştır. Ancak çoklu-ortam türünde, özellikle yüksek band genişliği gerektiren video içerikli uygulamalarda gecikme oluşturmamasına karşılık %3 ila %20 seviyelerinde paket kaybı oluşturmuştur. Bununla birlikte iletilen ses paketlerinde hem gecikme hem de düşük oranlarda kayıp meydana gelmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, veri paketlerinde oluşan gecikme değerlerinin sadece ses kodlama algoritmalarından kaynaklanmadığı; ağın fiziksel yapısının da kayda değer gecikmelere neden olduğu görülmüştür. Ses paketleri ortalama 22ms'de iletme hazır olmalarına karşılık bu paketlerin uçtan uca erişim süreleri en az 40ms olmuştur. Yani ses paketlerinin bir uçtan diğer uca iletilmesini sağlayan ağın fiziksel özellikleri (kablo kalitesi, ağ cihazlarının teknik özellikleri, paket önceliği ayarları, vb.) toplam paket gecikmesinin büyük bir kısmını teşkil etmiştir.

IP telefonu uygulaması bakımından elde edilen sonuçlara göre mevcut kampus ağı, yoğun veri trafiğinde gecikme, paket kaybı, 'jitter' ve ortalama görüşme kalitesi (MOS) bakımından 'g729-Suppress' ses kodlama ve sıkıştırma standardında daha kararlı ve kaliteli görüşme sağlamıştır.

Yapılan emülasyonda kullanılan parametreler ağdaki mevcut ayarları kullanmış olduklarından, ağ cihazlarına servis kalitesi (paket önceliği) uygulanması durumunda ağın ve ses kodlama/sıkıştırma standartlarının performanslarında ne gibi değişiklikler meydana gelebileceği konusu bu çalışmanın bir devamı olabilir.



## KAYNAKLAR

- [1] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, "Internet telephony: Architecture and protocols, an IETF perspective," <http://www.cs.columbia.edu/~jdrosen/papers/cnis.ps>.
- [2] MICOM Communications Corp., "Voice/Fax over IP: Internet, intranet, and extranet," <http://www.alliancedatacom.com/voice-fax-over-ip.htm>.
- [3] J. Ryan, Ed., Voice over IP (VoIP), The Applied Technologies Group, Inc.: Natick, MA, 1998.
- [4] U. Black, Voice over IP, Prentice Hall PTR: Upper Saddle River, NJ, 2000.
- [5] Cisco Technologies, "Voice over IP for the Cisco 3600 series software configuration guide," [http://www.combinet.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios113ed/113t/113t\\_1/voip/voipover.pdf](http://www.combinet.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios113ed/113t/113t_1/voip/voipover.pdf).
- [6] A. S. Tanenbaum, Computer Networks, 3rd ed., Prentice Hall PTR: Upper Saddle River, NJ, 1996.
- [7] Symbol Technologies, Inc., "Converging technologies for voice and data networks," <ftp://sysmstore.longisland.com/Symstore/pdf/converge.pdf>.
- [8] DataBeam Corp., "A primer on H.323 series standard," [http://www.lotus.com/products/sametime.nsf/Menu/PDF/\\$FILE/h323\\_primer-v2.pdf](http://www.lotus.com/products/sametime.nsf/Menu/PDF/$FILE/h323_primer-v2.pdf).
- [9] W. J. Goralski and M. C. Kolon, IP Telephony, McGraw-Hill: New York, NY, 2000.
- [10] MICOM Communications Corp., "RSVP: Resource ReserVation Protocol," <http://www.micom.com/WhitePapers/rsvp/wprsvpte.htm>.
- [11] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, and W. Weiss, "An architecture for differentiated services," RFC 2475, Dec. 1998.
- [12] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP), Version 1: Functional specification," RFC 2205, Sep. 1997.

- [13] R. Braden, D. Estrin, S. Berson, S. Herzog, and D. Zappala, "The design of the RSVP protocol," <ftp://ftp.isi.edu/pub/hpcc-papers/rsvp.final.report.ps>.
- [14] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, and D. Black, "Definition of the differentiated services field (DS field) in the IPv4 and IPv6 headers," RFC 2474, Dec. 1998.
- [15] Network Research Group, Lawrence Berkeley National Laboratory, "Diff-serv mailing list archive," <http://www-nrg.ee.lbl.gov/diff-serv-arch/>.
- [16] B. Davie, "IP QoS for voice," <http://www.comsoc.org/confs/isit/99/Davie.pdf>.
- [17] H. Schulzrinne and J. Rosenberg, "The IETF Internet telephony architecture and protocols," <http://www.computer.org/internet/telephony/w3schrosen.htm>.
- [18] Hughes Software Systems, "MGCP/MEGACO VoIP gateway solution," [http://www.hssworld.com/products/next\\_generation\\_networks/signallingvoipgateway/mgcpvoip/architecture.htm](http://www.hssworld.com/products/next_generation_networks/signallingvoipgateway/mgcpvoip/architecture.htm).
- [19] A. Karim, "H.323 and associated protocols," [www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/h323/index.html](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/h323/index.html).
- [20] H. Schulzrinne, "RTP profile for audio and video conferences with minimal control," RFC 1890, Jan. 1996.
- [21] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobsen, "RTP: A transport protocol for real-time applications," RFC 1889, Jan. 1996.
- [22] J. Rosenberg and H. Schulzrinne, "Timer reconsideration for enhanced RTP scalability," in Proc. IEEE Infocom, San Francisco, CA, Mar. 29–Apr. 2, 1999.
- [23] W. Almesberger, J.-Y. L. Boudec, and T. Ferrari, "Scalable resource reservation for the Internet," in Proc. IEEE Conf. Protocols for Multimedia Systems—Multimedia Networking, Santiago, Chile, Nov. 1997.
- [24] H. Schulzrinne, Ed., "RTSP: FAQ," <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/rtsp/faq.html>.
- [25] RealNetworks, Inc., "RTSP frequently asked questions," <http://www.realnetworks.com/devzone/library/rtsp/faq.html>.
- [26] H. Schulzrinne, "Internet-media-on-demand: The Real-Time Streaming Protocol," <http://www.cs.columbia.edu/~hgs/teaching/ais/slides/RTSP1.pdf>.
- [27] H. Schulzrinne, A. Rao, and R. Lanphier, "Real Time Streaming Protocol (RTSP)," RFC 2326, Apr. 1998.
- [28] H. Schulzrinne, E. Schooler, and J. Rosenberg, "SIP: Session Initiation Protocol," RFC 2543, Mar. 1999.



- [29] The Internet Engineering Task Force, "IETF Home Page," <http://www.ietf.org/>
- [30] Hughes Software Systems, "SIP stack," [http://www.hssworld.com/products/protocolstacks/sip/sip\\_home.htm](http://www.hssworld.com/products/protocolstacks/sip/sip_home.htm).
- [31] R. Arora, "Voice over IP: Protocols and standards," [http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/voip\\_protocols/index.html](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/voip_protocols/index.html).
- [32] M. Handley and V. Jacobsen, "SDP: Session Description Protocol," RFC 2327, Apr. 1998.
- [33] M. Handley, C. Perkins, and E. Whelan, "Session Announcement Protocol," Internet-Draft draft-ietf-mmusic-sap-v2-06.txt, Mar. 2000.
- [34] I. Dalgic and H. Fang, "Comparison of H.323 and SIP for IP telephony signaling," in Proc. Photonics East, Boston, MA, Sep. 20-22, 1999.
- [35] C. A. Polyzois, K. H. Purdy, P.-F. Yang, D. Shrader, H. Sinnreich, F. Ménard, and H. Schulzrinne, "From POTS to PANS: A commentary on the evolution to Internet telephony," IEEE Internet Computing, vol. 3, no. 3, May/June 1999.
- [36] Protocols.com, "H.323," <http://www.protocols.com/pbook/h323.htm>.
- [37] <http://www.netiq.com/products/chr/default.asp>

**EKLER**



Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecuti ve Lost Datagram s	Jitter Buffer Lost Datagram s
All Pairs	2,02	1	4,38	34,93	63	22	8,49	0,381	99	1.269
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	2,434	99	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,049	3	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,76	11	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	13,236	90	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	5,272	92	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6,407	20	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	12,559	40	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,333	19	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	1,97	1	4,38	34,07	46,806	6	7,194	1,426	31	219
Pair 42	1,59	1	2,83	22,95	55,2	14	8,029	3,111	33	259
Pair 43	1,96	1	4,38	34,32	61,537	21	11,39	0,553	2	256
Pair 44	2,3	1	3,82	43,79	51,512	11	9,366	0,602	2	187
Pair 45	1,77	1	2,85	26,42	104,846	64	7,538	2,427	28	253
Pair 46	2,53	1	4,38	48,03	57,975	17	7,425	1,7	7	95
Totals:	2,02	1	4,38	34,93	63	22	8,49	0,381	99	1.269

Ek-1 G711 Ses Kodlama/Sıkıştırma Standardı ve Diğer Ağ Trafikleri Test Sonuçları

Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecuti ve Lost Datagram s	Jitter Buffer Lost Datagram s
All Pairs	2,15	1	4,38	37,33	63	22	9,047	0,511	86	738
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,196	10	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,926	2	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,467	11	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	18,877	86	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	5,175	16	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10,569	21	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	16,393	67	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,532	24	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	2,45	1	4,38	45,89	61,537	21	7,976	1,073	15	91
Pair 42	1,79	1	4,38	28,14	61,415	20	10,073	0,228	3	170
Pair 43	1,88	1	4,38	29,27	66,045	25	11,455	1,242	2	137
Pair 44	2,21	1	4,38	40,75	60,302	19	9,767	0,372	1	118
Pair 45	2,03	1	4,37	34,18	75,524	35	7,286	1,333	14	138
Pair 46	2,52	1	4,38	45,72	53,775	13	7,725	1,2	6	84
Totals:	2,15	1	4,38	37,33	63	22	9,047	0,511	86	738

Ek-2 G711-Suppress Ses Kodlama/Sıkıştırma Standardı ve Diğer Ağ Trafikleri Test Sonuçları



Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecuti ve Lost Datagram s	Jitter Buffer Lost Datagram s
All Pairs	2,95	1	3,65	56,87	151	23	9,658	0,493	84	665
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,397	24	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,854	2	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,387	17	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	17,742	84	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6,412	30	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10,455	25	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	17,159	60	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,579	19	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	2,84	1	3,64	53,62	147,95	20	7,5	1,313	11	104
Pair 42	2,69	2,06	3,65	52,25	148,28	21	8,22	0,197	2	200
Pair 43	3,17	2,15	3,63	61,56	151,114	24	13,409	0,803	2	62
Pair 44	2,99	2,38	3,64	58,07	145,659	18	11,75	0,459	1	119
Pair 45	2,85	1,31	3,63	55,05	171,857	44	12,952	0,818	3	121
Pair 46	3,15	1	3,65	60,65	139,643	12	4,119	1,01	10	59
Totals:	2,95	1	3,65	56,87	151	23	9,658	0,493	84	665

Ek-3 G723 Ses Kodlama/Sıkıştırma Standardı ve Diğer Ağ Trafikleri Test Sonuçları

Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecuti ve Lost Datagram s	Jitter Buffer Lost Datagram s
All Pairs	2,84	1	3,67	54,69	127	20	8,057	0,371	108	678
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,203	32	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,108	2	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,509	13	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15,218	89	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6,046	108	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	5,226	15	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	12,421	38	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,361	13	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	2,78	1	3,67	52,32	122,053	15	7	1,606	18	108
Pair 42	2,56	1,69	3,28	49,57	131,921	24	8,789	0,137	2	184
Pair 43	2,8	1,9	3,65	54,4	132,768	25	11,366	0,76	1	122
Pair 44	3,12	2,48	3,66	60,58	123,183	16	7,463	0,317	1	72
Pair 45	2,7	1,85	3,67	52,27	136,725	29	9,65	0,844	5	146
Pair 46	3,09	1	3,67	58,99	117,375	10	4,075	1,623	15	46
Totals:	2,84	1	3,67	54,69	127	20	8,057	0,371	108	678

Ek-4 G723-Suppress Ses Kodlama/Sıkıştırma Standardı ve Diğer Ağ Trafikleri Test Sonuçları

Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecutive Lost Datagrams	Jitter Buffer Lost Datagrams
All Pairs	2,11	1	4,2	39,1	67	26	9,994	0,537	92	1.695
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,69	31	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,725	2	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,057	9	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	20,849	92	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	5,984	48	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	11,248	22	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	18,939	47	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,606	19	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	2,08	1	4,19	37,07	50,512	9	10,643	2,884	54	242
Pair 42	1,79	1	4,19	30,87	66,762	26	12,634	1,252	14	380
Pair 43	2	1,29	3,68	38,47	66,33	25	11,08	0,987	2	326
Pair 44	2,04	1,57	3,49	39,27	60,81	20	12,12	0,547	2	338
Pair 45	1,99	1	3,65	35,27	101,867	61	6,638	1,404	15	271
Pair 46	2,78	1	4,2	53,63	55,101	14	6,851	1,035	14	138
Totals:	2,11	1	4,2	39,1	67	26	9,994	0,537	92	1.695

Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecuti ve Lost Datagram s	Jitter Buffer Lost Datagram s
All Pairs	2,22	1	4,19	41,82	62	21	9,698	0,415	82	762
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,316	27	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,023	2	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,327	12	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	14,867	82	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6,616	58	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6,748	17	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	15,097	47	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,621	18	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	2,45	1	4,19	46,66	59,865	19	8,795	0,923	11	114
Pair 42	2,01	1	4,19	37,26	62,803	22	9,079	0,246	4	168
Pair 43	2	1	4,18	38,14	66,518	25	12,122	0,553	1	160
Pair 44	2,57	1,82	4,19	50,04	57,909	17	8,268	0,39	1	82
Pair 45	1,91	1	4,18	34,17	75,942	35	12,897	0,821	3	181
Pair 46	2,37	1	4,19	44,63	51,724	10	7,026	2,701	12	57
Totals:	2,22	1	4,19	41,82	62	21	9,698	0,415	82	762

Ek-6 G726-Suppress Ses Kodlama/Sıkıştırma Standardı ve Diğer Ağ Trafikleri Test Sonuçları



Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecutive Lost Datagrams	Jitter Buffer Lost Datagrams
All Pairs	3,24	1	4,03	62,51	93	28	9,507	0,551	96	1.691
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,29	26	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,902	2	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,342	12	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	18,8	96	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6,013	37	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	11,48	47	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	19,31	60	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,8	17	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	3,36	1	4,02	64,87	81,932	17	7,932	0,47	10	233
Pair 42	2,99	1	4,03	56,57	92,044	27	10,422	1,407	49	356
Pair 43	3,19	2,64	3,9	61,84	90,962	26	11,231	0,872	2	341
Pair 44	3,26	2,76	3,92	63,32	84,673	20	10,885	0,5	2	331
Pair 45	3,03	1	3,9	57,99	126,837	62	11,898	0,993	12	339
Pair 46	3,6	1,48	4,03	70,49	78,776	14	4,673	0,993	10	91
Totals:	3,24	1	4,03	62,51	93	28	9,507	0,551	96	1.691

Group/ Pair	MOS Average	MOS Minimum	MOS Maximum	R-value Average	End-to- End Delay Average (ms)	One-Way Delay Average (ms)	RFC 1889 Jitter Average (ms)	Percent Bytes Lost E1 to E2	Maximum Consecutive Datagrams Lost	Jitter Buffer Lost Datagrams
All Pairs	3,32	1	4,04	64,59	86	21	9,028	0,347	58	677
Pair 1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,061	10	n/a
Pair 8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,024	2	n/a
Pair 11	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	1,019	5	n/a
Pair 12	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10,705	58	n/a
Pair 13	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	6,013	38	n/a
Pair 14	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	5,4	22	n/a
Pair 15	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	13,676	53	n/a
Pair 16	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	3,797	24	n/a
Pair 17	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 18	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 21	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 22	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 23	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 24	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 26	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 27	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 28	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 29	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 31	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 32	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 33	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 34	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 35	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 36	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 37	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 38	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 39	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pair 41	3,46	2,62	4,04	67,72	78,846	14	7,949	0,581	5	89
Pair 42	2,97	1	3,57	57,05	90,921	26	8,632	0,561	11	182
Pair 43	3,29	2,57	4,02	64,09	90,262	25	11,429	0,825	1	121
Pair 44	3,64	3	4,03	71,19	79,643	15	7	0,317	1	64
Pair 45	3	1	4,03	57,78	99,561	35	13,683	1,398	9	176
Pair 46	3,57	2,72	4,03	69,68	75,075	10	5,475	1,4	5	45
Totals:	3,32	1	4,04	64,59	86	21	9,028	0,347	58	677

## ÖZGEÇMİŞ

20.10.1972 tarihinde Düzce’de doğdu. İlkokulu (1983), ortaokulu (1986) ve liseyi (1989) Kaynaşlı’da bitirdi. Yüksek öğrenimini Doğu Akdeniz Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı (1993) ve Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü’nde (1997) tamamladı. 1998-1999 yılları arasında Gebze Darıca Aslan Çimento Anadolu Teknik Lisesi’nde Elektronik Öğretmeni olarak görev yaptı. 1999-2001 yılları arasında Abant İzzet Baysal Üniversitesi’nde Uzman olarak görev yaptı. 2001’den beri Sakarya Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı’nda Uzman olarak görev yapmaktadır.