

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KABLOSUZ AĞLARDA IP ÜZERİNDEN ÇOKLU ORTAM
İLETİMİNDE KULLANICI DENEYİMİ KALİTESİ**

SEDAT KANATLI

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KABLOSUZ AĞLARDA IP ÜZERİNDEN ÇOKLU ORTAM
İLETİMİNDE KULLANICI DENEYİMİ KALİTESİ

Sedat KANATLI

Doç. Dr. Halil YİĞİT
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Ali ÇALHAN
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 13.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İnternet kullanımının artmasıyla beraber hemen her yerde kablosuz erişim ağları bulunmakta ve insanlar kesintisiz iletişim kurabilmektedirler. Günümüzde sabit telefonların yerini, internet üzerinden sesli ve görüntülü iletişime olanak sağlayan gerçek zamanlı uygulamalar almaktadır. Bu uygulamalar sayesinde insanlar düşük maliyet ile iletişimde hareket özgürlüğüne ve yüksek seviyede erişilebilirliğe sahip olabilmektedir. Sağladıkları kolaylıklar ile bu uygulamalar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Durum böyle olunca kablosuz ağlarda gerçek zamanlı ses ve video hizmeti sunan uygulamaların kullanıcı deneyimi kalitesi de önem kazanmaktadır.

Tez sürecinde hiçbir desteğini esirgemeyen değerli hocam Sn. Doç. Dr. Halil YİĞİT'e teşekkür ederim.

Ocak 2020

Sedat KANATLI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	4
1.1. Kablosuz Ağlar	4
1.1.1. Kişisel alan ağı	5
1.1.2. Yerel alan ağı	5
1.1.3. Metropol alan ağı	5
1.1.4. Geniş alan ağı	6
1.2. İnternet Protokolü (IP)	6
1.2.1. TCP / IP referans modeli katmanları	7
1.3. Gerçek Zamanlı Taşıma Protokolü (RTP)	10
1.3.1. RTP başlığının öğeleri	11
1.4. İnternet Protokolü Üzerinden Ses (VoIP)	12
1.4.1. VoIP'in çeşitleri	13
1.4.2. Telefonda telefonla VoIP	13
1.4.3. Telefonda bilgisayara VoIP	13
1.4.4. Mobil VoIP	14
1.4.5. Kablosuz VoIP	14
1.4.6. VoIP kullanmanın avantajları	14
1.4.7. VoIP kullanmanın dezavantajları	15
1.4.8. VoIP'in kullanım alanları	15
1.4.9. Arama sinyalleşmeleri	15
1.4.10. Oturum başlatma protokolü (SIP)	16
1.4.11. SDP protokolü	17
1.4.12. H.323 protokolü	18
1.5. Ses ve Video Kalitesini Etkileyen Faktörler	19
1.5.1. Bağlantı özellikleri	20
1.5.2. Gecikme	20
1.5.3. Jitter	20
1.5.4. Paket kayıpları	21
1.5.5. Kodek türü	21
1.5.6. Çıkış bit hızı (Kbps)	22
1.5.7. Eko ve gürültü	22
1.5.8. Ağ trafik yoğunluğu	23
2. TEST ORTAMI VE SENARYOLAR	24
2.1. Test Ortamı	24
2.1.1. Test elemanları ve özellikleri	25
2.1.2. Kablosuz ağ özellikleri	25

2.1.3. Kablolu ağ özellikleri	25
2.2. MOS Hesaplamaları.....	26
2.3. Test Senaryoları.....	27
2.3.1. Kablolu ve kablosuz ağlarda kodek ve çıkış bit hızı testleri.....	27
2.3.2. Kablosuz ağlarda ağ yoğunluğu testleri.....	28
2.3.3. Kablosuz ağlarda eko ve gürültü testleri.....	29
2.4. Test Sonuçları.....	30
3. TARTIŞMA.....	43
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	46
EKLER.....	50
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	54
ÖZGEÇMİŞ	55



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Kablosuz ağ elemanları	4
Şekil 1.2.	Kişisel alan ağı elemanları.....	5
Şekil 1.3.	Yerel alan ağı elemanları.....	6
Şekil 1.4.	Metropol alan ağı elemanları	6
Şekil 1.5.	RTP ve RTCP mimarisi	11
Şekil 1.6.	VoIP sistem mimarisi.....	14
Şekil 1.7.	VoIP'te ses iletim mimarisi.....	16
Şekil 1.8.	VoIP aramasının sinyalleşmeleri	18
Şekil 1.9.	İletim hattı boyunca oluşan gecikmeler	20
Şekil 1.10.	Paket iletiminde Jitter oluşumu	21
Şekil 2.1.	Test ortamı bileşenleri şeması	24
Şekil 2.2.	Kablosuz ağda H.263 kodek- çıkış bit hızları	31
Şekil 2.3.	Kablosuz ağda H263 kodek testi RTP akışı analizi.....	31
Şekil 2.4.	Kablosuz ağda MPEG4 kodek- çıkış bit hızları	32
Şekil 2.5.	Kablosuz ağda MPEG4 kodek testi RTP akışı analizi.....	33
Şekil 2.6.	Kablosuz ağda H264 kodek- çıkış bit hızları	34
Şekil 2.7.	Kablosuz ağda H264 kodek testi RTP akışı analizi.....	34
Şekil 2.8.	Kablolu ağda H263 kodek- çıkış bit hızları.....	36
Şekil 2.9.	Kablolu ağda H263 kodek testi RTP akışı analizi.....	36
Şekil 2.10.	Kablolu ağda MPEG4 kodek- testi.....	37
Şekil 2.11.	Kablolu ağda MPEG4 kodek testi RTP akışı analizi.....	37
Şekil 2.12.	Kablolu ağda H264 kodek testi	38
Şekil 2.13.	Kablolu ağda H264 kodek testi RTP akışı analizi.....	39
Şekil 2.14.	Ağ yoğunluğu ~%10 iken görüntü ve RTP akışı analizi.....	40
Şekil 2.15.	Ağ yoğunluğu ~%50 iken görüntü ve RTP akışı analizi.....	40
Şekil 2.16.	Ağ yoğunluğu ~%80 iken görüntü ve RTP akışı analizi.....	41
Şekil 2.17.	Mekanizmalar kapalı iken alınan RTP akışı analizi	42
Şekil 2.18.	Mekanizmalar açık iken alınan RTP akışı analizi.....	42

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. IP paket yapısı	9
Tablo 1.2. RTP paket yapısı.....	12
Tablo 1.3. H.323 Protokolü ile SIP Protokolü arasındaki farklar	19
Tablo 1.4. Ses kodlayıcı çeşitleri ve özellikleri.....	22
Tablo 2.1. Wi-Fi bağlantı özellikleri	25
Tablo 2.2. Ethernet bağlantı özellikleri	26
Tablo 2.3. Ortalama görüş puanı	27
Tablo 3.1. Kodek ve çıkış bit hızı testlerinin MOS ve jitter değerleri	44
Tablo A.1. Kodek- çıkış bit hızı testlerinin görüş puanları	51



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

2G	: Second Generation (2. Nesil)
3G	: Third Generation (3. Nesil)
ASCII	: American Standard Code for Information Interchange (Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodu)
CDMA	: Code Division Multiple Access (Kod Bölmeli Çoklu Erişim)
DNS	: Domain Name Service (Alan Adı Servisi)
FCFS	: First Come First Served (Önce Gelen Hizmeti Önce Görür)
FTP	: File Transfer Protocol (Dosya Transfer Protokolü)
GSM	: Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)
IETF	: Internet Engineering Task Force (İnternet Mühendisliği Görev Gücü)
IP	: Internet Protocol (İnternet Protokolü)
IPv4	: IP version 4 (Versiyon 4 IP)
ITU-T	: International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standartlaştırma Birimi)
LAN	: Local Area Network (Yerel Ağ Bağlantısı)
MOS	: Mean Opinion Score (Ortalama Görüş Puanı)
OSI	: Open Systems Interconnection (Açık Sistem Arabağlantısı)
PSTN	: Public Switched Telephone Network (Genel Aktarmalı Telefon Şebekesi)
QoE	: Quality of Experience (Deneyim Kalitesi)
QoS	: Quality of Service (Hizmet Kalitesi)
RTCP	: Real-Time Transport Control Protocol (Gerçek Zamanlı Taşıma Kontrol Protokolü)
RTP	: Real-Time Transport Protocol (Gerçek Zamanlı Taşıma protokolü)
SDP	: Session Description Protocol (Oturma Tanımlama Protokolü)
SIP	: Session Initiation Protocol (Oturma Başlatma Protokolü)
SMTP	: Simple Mail Transfer Protocol (Basit Posta Aktarım Protokolü)
TCP	: Transmission Control Protocol (Aktarım Kontrol Protokolü)
TOS	: Type of Service (Hizmet Tipi)
UDP	: User Datagram Protocol (Kullanıcı Veri Bloğu İletişim Kuralları)
VoIP	: Voice Over IP (IP Üzerinden Ses)
Wi-Fi	: Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı Alanı)

KABLOSUZ AĞLARDA IP ÜZERİNDEN ÇOKLU ORTAM İLETİMİNDE KULLANICI DENEYİMİ KALİTESİ

ÖZET

İnternet (IP) kullanımının artmasıyla birlikte, kullanıcı deneyimi ve dolayısıyla servis kalitesi, ses ve görüntü hizmetleri sunan gerçek zamanlı uygulamalarda önemli bir rol oynamaya başlamıştır. İnternetin hizmet kalitesi açısından bir garanti verememesi ve çabaya dayalı olarak en iyi hizmeti sunması nedeniyle, IP telefonlar ve İnternet radyo istasyonları gibi uygulamaların kullanıcılarına daha iyi hizmet verebilmek için hizmet kalitesini kontrol etmeleri ve iyileştirmeleri gerekir. Bu çalışmada, kablosuz ağlarda IP üzerinden video ve ses paketlerinin iletilmesi sürecinde, kullanıcı deneyimini etkileyen faktörler (kodek tipleri, bant genişliği gibi), ses ve video hizmetleri sunan gerçek zamanlı bir uygulamada test edilmektedir. Ayrıca kablosuz ağlarla beraber internetin geniş bir alanda ve hareket kısıtlaması olmadan erişilebilir olmasıyla beraber insanlar IP üzerinden sesli ve görüntülü görüşmeleri hemen her yerde gerçekleştirebilmektedir. Bu durumda, kablosuz ağların da ses ve görüntü hizmetleri sunan gerçek zamanlı uygulamalar üzerindeki etkisi önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla yapılacak olan bu testler kablosuz ve kablolu bağlantılarda ayrı ayrı gerçekleştirilip bağlantı türleri arasında kıyaslama yapılacaktır. Testlerdeki bulgular, video iletiminde çıkış bit hızı, ağda oluşan jitter, kodek tipi ve ağdaki yoğunluğun kaliteyi doğrudan etkilediğini göstermiştir. Ses iletiminde oluşan yankı ve gürültünün de kullanıcı deneyimini doğrudan etkilediği saptanmıştır. Ayrıca, gerçek zamanlı uygulamaların geliştirmiş olduğu noise reducer ve echo cancellation tekniklerinin kullanıcı kalitesini olumlu yönde geliştirdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çoklu Ortam, IP, Kablosuz Ağlar, Kullanıcı Deneyimi Kalitesi, VoIP.

QUALITY OF EXPERIENCE IN MULTIMEDIA TRANSMISSION OVER IP IN WIRELESS NETWORKS

ABSTRACT

With the increasing use of the Internet (IP), the user experience, and therefore the quality of service, has started to play an important role in real-time applications that provide audio and video services. Due to the fact that the Internet cannot give a guarantee in terms of service quality and provide the best service based on effort, applications such as IP telephones and Internet radio stations need to check and improve their service quality in order to better serve their users. In this study, in the process of transmitting video and audio packets over IP in wireless networks, the factors (codec types, bandwidth etc.) affecting the user experience are tested in a real-time application that provides audio and video services. In addition, with the help of wireless networks, the internet is accessible in a wide area and without any movement restrictions, people can make voice and video calls over IP almost everywhere. In this case, the impact of wireless networks on real-time applications that offer audio and video services also plays an important role. Therefore, these tests will be carried out separately in wireless and wired connections and comparisons will be made between connection types. The findings of the tests showed that the bit rate, jitter, codec type and network traffic directly affect the quality of experience in video transmission. It has been found that echo and noise in the voice transmission directly affect the user experience. Furthermore, it has been observed that noise reducer and echo cancellation techniques developed by real-time applications improve user quality positively.

Keywords: Multimedia, IP, Wireless Network, Quality of Experience, VoIP.

GİRİŞ

Kablosuz ağ, iki veya daha fazla cihaz arasında kablo veya tel bağlantısı gibi herhangi bir elektriksel iletken ortam olmadan, kablosuz iletişim teknolojileri ve cihazları aracılığıyla verilerin uzaktan iletilmesini sağlayan bir ağ çeşidir [1, 2]. Kablosuz ağlar, başlangıçta ofis / oturma ortamları için kablosuz erişim sağlamak üzere tasarlanmış bir yerel alan ağı (LAN) teknolojisidir. Ancak, zaman geçtikçe kurumsal kablosuz ağlar, e-posta veya veri aktarımından çok daha fazlası için kullanılmaya başlandı. Kablosuz ağlar üzerinden İnternet Protokolü üzerinden ses (voice over Internet Protocol- VoIP), video konferansı vb. servis kalitesi özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde, ses verilerini iletmek için kullanılan IP teknolojisi, görüntülü görüşme/konferans hizmetleri verebilen kablosuz IP tabanlı araçların üretilmesiyle yaygın olarak kullanılan kablosuz ağlara bütünleşmiş bir Şekilde çalışmaya başlamıştır. Özellikle Telekom sektöründe, birçok IP tabanlı yazılım ürünü hem dizüstü bilgisayarlarda hem de mobil telefonlarda, kullanıcılarına Wi-Fi aracılığıyla ses ve görüntü hizmeti sağlamaktadır. Ancak, IP teknolojisi bu hizmeti sunarken hizmet kalitesini garanti edemediğinden dolayı birçok problemle (ses ve görüntüde bozulma ve donma gibi) karşılaşılmaktadır. Ayrıca kablosuz ağlarda evre Őartlarına ve kaynağa (modem) uzaklığa bağlı olarak bağlantı gücünün azalması da gerçek zamanlı hizmetler sunan uygulamaların hizmet kalitesini etkileyen durumlardandır.

Bu konuda yapılan benzer çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Fiedler Marcus ve diğerleri, video akışı alanında QoE ile uyumlu, video akışı üzümlerini QoE ve enerji verimliliği açısından karşılaştırmanın bir yolu olarak hizmet eden, sürdürülebilir verimlilik kavramını detaylı bir Şekilde incelemiştir [3]. Bu çalışmada, özellikle mobil sistemlerde kesinti olmayan bağlantılardan kaynaklanan teslimat sorunlarına odaklanılmıştır. Videoya bağlı veri akışlarının ve akış bozukluklarının doğasına iyi uyum sağlamış, sürdürülebilir verimlilik değerlerinin basit bir Şekilde hesaplanmasını sağlayan stokastik bir akış modeli kullanılmıştır. Zhang Yueying ve diğerleri, kullanıcılar tarafından algılanan tecrübe kalitesini, erişim stratejilerini dinamik olarak güncellemek için maliyet ve enerji tüketimi gereksinimlerini birleştiren evrimsel oyun teorisi ile yeni bir ağ seçme yöntemi sunmuştur.

Önerilen yöntem, farklı kalite gereksinimlerini modellemek için kullanılan QoE haritalama işlevlerini içermekte ve ayrıca çeşitli uygulamalar için farklı enerji tüketimi ölçümlerini benimsemektedir. Heterojen ağlardaki terminallerin önemli enerji tüketimiyle başa çıkmak için, ağ seçimi için enerji verimli bir kazanç modeli sunulmuştur [4].

Chen Yanjiao ve diğerleri, video kalitesi değerlendirme yöntemlerinin evrimini, özelliklerini, avantajlarını ve sakıncalarını analiz ederek kapsamlı bir anket sunmuştur. Ayrıca, yapılan bu çalışmada QoE tabanlı video uygulamaları tanıtılmış ve QoE'nin gelecekteki araştırma yönleri belirlenmiştir [5].

Battisti Federica ve diğerlerinin yaptığı çalışmada, yaygın olarak kullanılan hizmet kalitesi ile deneyim kalitesi haritalama modellerinin performans karşılaştırması sunulmuş ve jitter, gecikme, paket kaybı oranı ve verim sınırlaması gibi temel hizmet parametrelerinin kalitesi için en uygun çözüm önerilmiştir [6].

Aguiar Elisangela ve diğerleri, kablosuz ağların bozulmalarını, videoların özelliklerini ve kullanıcıların algılarını öngörülen Ortalama Görüş Puanı ile ilişkilendiren ve müdahaleci olmayan bir parametrik gerçek zamanlı video kalitesi tahmincisi olan MultiQoE kullanarak kablosuz mesh ağlarında gerçek zamanlı video kalitesini irdelenmiştir [7].

Rengaraju Perumalraja ve diğerlerinin yaptığı çalışma, WiMAX ve LTE ağlarında Uçtan Uca QoS ve servis güvence desteğinin bütünleşmiş bir görünümünü sunmuştur. Bütünleşmiş görünüm aynı zamanda gerekli uçtan uca QoS'ye ulaşmak için mevcut katmanlar arası uygulamaları ve QoS ve QoE'nin ağ üzerinde uçtan uca tarzında nasıl izlenmesi gerektiği ve nasıl izlenebileceğini de dikkate almıştır [8].

Laghari Khalil ur Rehman ve diğerlerinin yaptığı çalışmada, bir iletişim ekosisteminin her yönü için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bununla birlikte, insan davranış ihtiyaçlarını ayrıntılı ve yapılandırılmış bir şekilde anlamak için bir iletişim ekosisteminin tüm yönlerini entegre etmek için birkaç model tasarlanmıştır. Mevcut modeller QoE modellemesinin temel taslağını oluştururken, iletişim ekosistemlerinde QoE'nin net bir resmini elde etmek için daha fazla kavram ve alan içi haritalama dahil edilmiştir [9].

Fiedler Markus ve diğerlerinin yaptığı çalışma, QoE ve QoS parametrelerinin IQX hipotezi adı verilen üssel bir ilişki yoluyla birbirine bağlandığı genel bir formül

önermektedir. Formül, QoS ile ilgili olarak QoE'nin şu anki QoE düzeyindeki değişiklikleriyle ilgilidir, eşleşmesi basittir ve limit davranışlarının yorumlanması kolaydır [10].

Ke Chih-Heng ve diğerleri, bir ağ ortamının simülasyonlarında MPEG video iletimlerinin teslim kalitesini değerlendirmek için yeni ve eksiksiz bir araç seti sunmaktadır. Bu araç seti EvalVid çerçevesine dayanmaktadır. Basit hata simülasyon modelini NS2 gibi daha genel bir ağ simülatörü ile değiştirmek için EvalVid'in bağlantı ara yüzlerini genişletmiştir [11].

Engelke Ulrich ve diğerlerinin yaptığı çalışmada, çağdaş görüntü ve video kalitesi ölçümlerinin bir anketi ve sınıflandırılması, uygun kalite değerlendirme metodolojileri ile sunulmuştur. Son kullanıcı tarafından algılanan kalite ile ilgili olabilecek metriklere önem verilmiştir [12].

Engelke Ulrich ve diğerlerinin yaptığı diğer çalışma ise, özellik tabanlı objektif ölçümler kullanarak kablosuz sistemler bağlamında görüntü kalitesinin değerlendirilmesine yöneliktir. Söz konusu metrikler, ilgili eserlerin işlenmiş bir görüntüde mevcut olduğu kapsamı ölçmek için kullanılan özellik değerlerinin ağırlıklı bir kombinasyonundan oluşur. Mobil radyo ve kablosuz iletişim sistemlerinde görüntüleme uygulamaları ışığında, kullanıcı tarafından algılanan kaliteyi ölçmek için azaltılmış referans objektif kalite ölçümleri incelenmiştir [13].

Eriksén Sara ve diğerleri, harita tabanlı hizmet kullanıcılarının çevrimiçi olarak trafik yükü yüksek olduğunda bu hizmetlerin kalitesini nasıl yaşadıklarını ve kullanıcıların kabul edilebilir ya da kabul edilemez kalitede deneyimlerini ölçülebilir bir şekilde nasıl ilişkilendirebileceklerini incelemeye odaklanan ve ağ trafiğini yönetmek ve teknik çözümleri geliştirmek için kullanılacak parametrelerin belirlenmeye çalışıldığı devam eden bir araştırma projesi sunulmuştur [14].

Bu tez çalışmasında, kablosuz ağlarda IP üzerinden ses ve video iletimi yapısı, bu hizmeti sunarken karşılaşılan sorunlar ve bu sorunları etkileyen parametreler incelenmektedir. Literatürde var olan çalışmalara ek olarak, IP tabanlı ve gerçek zamanlı ses ve video hizmeti sunan bir yazılım aracı ile kullanıcı deneyimini ve servis kalitesini etkileyen faktörler (jitter, çıkış bit hızı, ağ yoğunluğu, kullanılan kodek tipleri vb.) kablosuz ve kablolu ağlarda ayrı ayrı test edilerek, sonuçlar nitel ve nicel verilere göre değerlendirilmektedir. Ayrıca, bütün bu testlerin gerçek kurumsal bir uygulama ile gerçekleştirilmesi bu çalışmayı literatürdeki çalışmalardan ayırmaktadır.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Kablosuz Ağlar

Kablosuz ağ teknolojilerinin gelişmesiyle beraber mobil cihazların (telefon, laptop, tablet gibi) kullanımı artmış ve insan hayatında önemli bir yer edinmiştir [15]. Kablosuz ağlar Telekomünikasyon, televizyon ve radyo alanları gibi birçok alanda insanlara hizmet sunabilmektedir.



Şekil 1.1. Kablosuz ağ elemanları [16]

Kablosuz ağlar, iki veya daha fazla cihaz arasında kablo veya tel bağlantısı gibi herhangi bir iletken ortam olmadan, kablosuz iletişim teknolojileri ve cihazları aracılığıyla verilerin uzaktan iletilmesini sağlayan bir ağ çeşididir [17]. Şekil 1.1'de gösterildiği gibi, kablosuz ağlar alıcı ve verici cihazlar arasında herhangi bir fiziksel bağlantı gerektirmediğinden dolayı belirli bir alanda hareket özgürlüğü, Kurulum hızı ve esnekliği ve düşük maliyet sağlar. Kablosuz iletişim teknolojileri, bilgileri hava ortamında elektromanyetik dalgalar aracılığıyla bir cihazdan başka bir cihaza iletir [17].

Kablosuz ağlar etki alanlarına göre, Kişisel Alan Ağı, Yerel Alan Ağı, Metropol Alan Ağı ve Geniş Alan Ağı olmak üzere dörde ayrılır.

1.1.1. Kişisel alan ağı

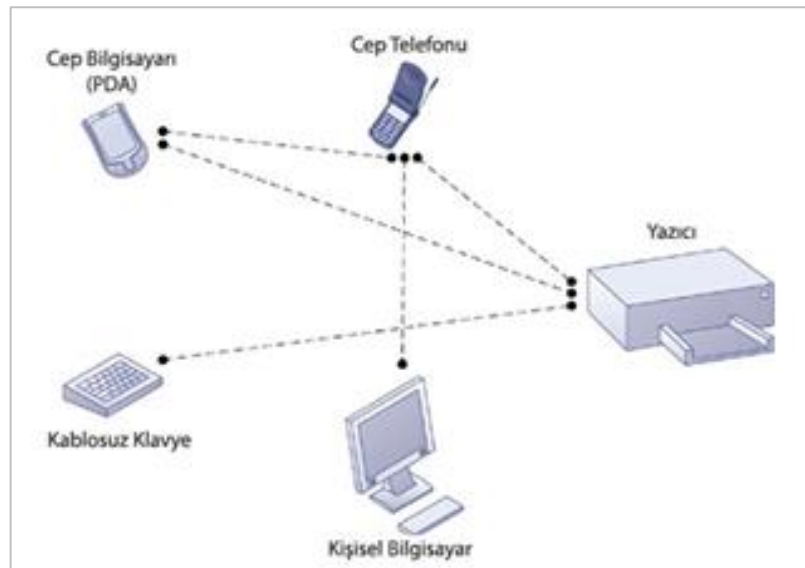
Birçoğumuzun günlük hayatında sıklıkla kullandığı fare, klavye, dizüstü bilgisayar gibi elektronik cihazların yakın mesafede kablosuz bağlanmasını sağlayan ağlar Kişisel Alan Ağları olarak nitelendirilir [18]. Kişisel Alan Ağları saniyede 1 Mega bit hıza ve 1 metre etki alanına sahiptir. Şekil 1.2 kişisel alan ağı elemanlarını göstermektedir.

1.1.2. Yerel alan ağı

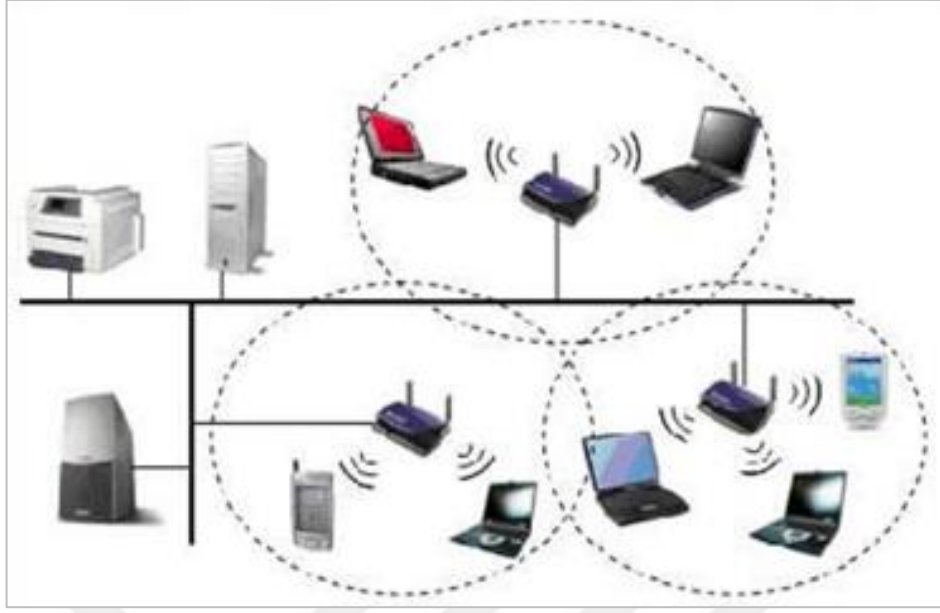
Kullanıcılara işletmeler, okullar ve kampüs gibi alanlarda geniş bantta internet erişimi, sunucu üzerindeki uygulamalara erişim, elektronik posta hizmeti ve dosya paylaşımı gibi çeşitli imkanlar sağlayan ağ çeşididir [17]. Şekil 1.3, kablolu ve kablosuz iletişim sağlayan Yerel Alan Ağ yapısını göstermektedir. Kablosuz Yerel Alan Ağı, iki yönlü geniş bant veri iletişimini sağlayan, iletim ortamı olarak kablo yerine radyo frekansı veya kızılötesi ışınları kullanan iletişim ağlarıdır. Bu ağlar 25 ile 100 metre arasında etki alanına sahiptir [17].

1.1.3. Metropol alan ağı

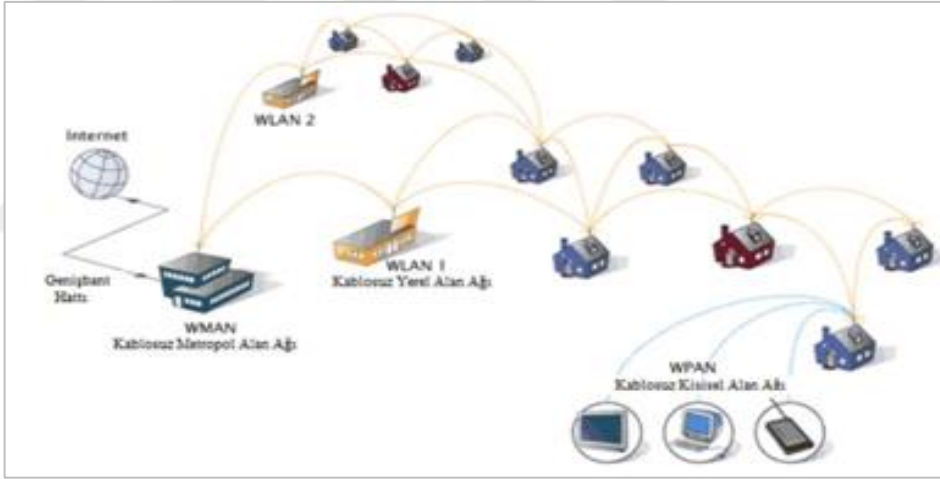
Şekil 1.4'te gösterilen Metropol Alan Ağları, kapsam seviyesi olarak bütün bir şehri kapsayabilen kablosuz ağlardır. Genellikle birbirlerinden uzak bilgisayar ağlarının birbirine bağlanmasıyla oluşturulur. Metropol alan ağlarının kullanım alanları ise, dağınık yerleşim yerleşime sahip üniversiteler birden fazla şubesi olan kurum ve kuruluşlar gibi geniş alana dağılmış yapılardır. Kablolu ağdan farklı olarak kablo yerine uydu veya radyo frekansı teknolojileri kullanılır [17].



Şekil 1.2. Kişisel alan ağı elemanları [19]



Şekil 1.3. Yerel alan ağı elemanları [20]



Şekil 1.4. Metropol alan ağı elemanları [20]

1.1.4. Geniş alan ağı

Geniş alan ağı kapsam seviyesi olarak binlerce kilometre mesafeyi kapsayabilen dünya çapında kablosuz iletişimi sağlayan ağlardır. En iyi örneği cep telefonu şebekeleridir. Bu ağlar, Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) veya Mobil İletişim için Küresel Sistem (GSM) gibi teknolojileri kullanır ve genellikle kamu kurumları tarafından düzenlenir [17].

1.2. İnternet Protokolü (IP)

İletişimde, cihazlar arasında veri aktarımı gerçekleştirmek için belirli protokoller kullanılır. Günümüzde, TCP/IP en yaygın olarak kullanılan protokoldür [1, 21]. TCP /

IP, İnternet üzerinden veri aktarımı için kullanılan Erişim Kontrol Protokolü (TCP) ve İnternet Protokolü (IP) olmak üzere iki protokolü temsil eder.

TCP/IP'de, veriler katmanlara göre paketlenerek gönderilir ve alıcı tarafta bu paketler açılarak veriye ulaşılır. OSI referans modelinden farklı olarak, TCP/IP; uygulama, taşıma, internet ve ağ ara yüz katmanlarından oluşur. Bu katmanların her birinde verilerin türüne göre belirli protokoller kullanılır [2]. Katman farklılıklarına ek olarak OSI ile TCP / IP arasında aşağıdaki gibi büyük farklılıklar da mevcuttur [22].

- OSI, ağ ile son kullanıcı arasında bir iletişim ağ geçidi görevi gören genel, protokolden bağımsız bir standartken TCP / IP modeli, İnternet'in geliştirdiği standart protokollere dayanan ve bir ağ üzerinden ana bilgisayarların bağlanmasına izin veren bir iletişim protokolüdür.
- OSI modelinde taşıma katmanı, paketlerin teslimini garanti ederken TCP / IP modelinde taşıma katmanı, paketlerin teslimini garanti etmez.
- OSI modeli ayrı bir Sunum katmanına ve Oturum katmanına sahipken TCP / IP'nin ayrı bir Sunum katmanı veya Oturum katmanı yoktur.
- OSI modelinde Taşıma Katmanı Bağlantı Odaklıdır. TCP / IP'de Taşıma Katmanı ise hem Bağlantı Yönelimli hem de Bağlantısız protokolleri içerir.
- OSI modelinin ağ katmanı hem bağlantı yönelimli hem de bağlantısız hizmet sağlar. TCP / IP modelindeki Ağ katmanı ise sadece bağlantısız servis sağlar.

1.2.1. TCP / IP referans modeli katmanları

1.2.1.1. Uygulama katmanı

TCP/IP'nin en üst katmanı olan Uygulama katmanı bilgisayar programlarının taşıma katmanı hizmetleri arasındaki arabirimini tanımlar [23]. Uygulama Katmanı Taşıma katmanı ile haberleşmesini numaralandırılmış standart uygulamalar olan portlar üzerinden sağlar [24]. Bu katmanda veri türüne göre farklı protokoller kullanılır ve programlarla Taşıma protokolleri haberleştirilmesi sağlanır.

Bu protokollerin bazıları şu şekildedir;

- TELNET: Uzak bir makineye bağlanmaya ve üzerinde uygulama çalıştırmaya izin veren bir iletişim protokolüdür.
- FTP: Dosya Aktarım protokolü olan FTP, bir ağ üzerinden bağlı bilgisayar kullanıcıları arasında Dosya aktarımı sağlayan güvenilir basit ve verimli bir protokoldür.

- SMTP: Basit Posta Aktarım Protokolü olan SMTP, bir elektronik posta yoluyla bir rota üzerinden yönlendirilen bir kaynak ve hedef arasında taşıma için kullanılan bir protokoldür.

- DNS: Etki Alanı Adı Sunucusu olan DNS, bir IP adresini ağ üzerinden bağlı ana bilgisayarlar için yazılı bir adres haline getiren bir protokoldür.

1.2.1.2. Taşıma katmanı

Taşıma katmanı, farklı ana bilgisayarlarda çalışan uygulamalar arasındaki bağlantıyı kurarak verilerin uçtan uca hatasız bir şekilde taşınmasından sorumlu olan katmandır [22]. Veri üzerinde çoklama, parçalama veya bölme gibi fonksiyonlar yine bu katmanda gerçekleştirilir. Taşıma Kontrol Protokolü (TCP) ve Kullanıcı Datagram Protokolü (UDP) nu katmanda çalıştırılır. Bu katmanda gönderilecek veriye ek hem TCP hem de UDP'de kontrol bilgilerinin bulunduğu bir başlık eklenir [24].

TCP; kaynaktan hedefe bayt akışını hatasız bir şekilde akış kontrolü yaparak sağlayan bağlantı yönelimli bir protokoldür. TCP'de gönderilen veriler için özel bir TCP kabul paketi, gönderilen paketlerin ulaştığına dair, gönderilir ve böylelikle paketlerin doğruluğu kontrol edilmiş olur. Gönderici taraf, kabul gelmediği sürece paketi tekrar gönderir ve böylece paket kaybının önüne geçilmiş olur.

UDP ise sıralama ve akış kontrolü bulunmayan dolayısıyla güvenilir olmayan bağlantısız bir protokoldür.

1.2.1.3. İnternet katmanı

Bütün mimariyi bir arada tutan İnternet Katmanı, hedef veya kaynak IP adresleri veriye ekleyerek verinin hangi bilgisayara gönderileceğini belirler ve gönderilen paket Veri Bloğu halini almasını sağlar [24]. Paketin hedefe bağımsız olarak seyahat etmesine yardımcı olur.

1.2.1.4. Ağ ara yüzü katmanı

Verilerin fiziksel ağ üzerinden iletildiği ve alındığı TCP / IP modelindeki katmandır. Bir ağ arabirim aygıtı, fiziksel kabloları bilgisayara bağlamak için genellikle adaptör veya bağlantı noktası kullanılır ve bu şekilde diğer bilgisayarlarla iletişim kurabilmiş olur. Bu ağ ara yüzüne İnternet Katmanı'ndan bir adres atanır, böylece diğer ağlardaki aygıtlarla iletişim kurabilmesi sağlanmış olur. Bu katmanda, verinin ortam boyunca alacağı yapıyı tanımlayarak bir ve sıfırların fiziksel olarak görüntülenmesi sağlanır.

1.2.1.5. IP paket yapısı

Tablo 1.1 IP paket yapısını göstermektedir.

Tablo 1.1. IP paket yapısı [25]

1	4	8	16	24	32
Sürüm	Başlık Uzunluğu	Servis Tipi	Toplam Uzunluk		
Tanıtıcı			D F	M F	Parça No
Yaşam Süresi		Protokol	Başlık Sınaması		
Kaynak Adresi					
Varış Adresi					
Seçenekler (0 veya daha fazla satır)					
Veri					

Sürüm (version) (4-bit): Kullanılan Internet protokolünün sürüm numarasını tanımlar. IPv4 başlığı için bu değer 4'tür.

Başlık boyutu (header length) (4-bit): Tüm IP başlığının uzunluğunu gösterir.

Servis türü (type of service- TOS) (8-bit): Servis türünü gösteren kısımdır.

Toplam uzunluk (total length) (16-bit): Başlık ve yük dahil bütün IP paketinin uzunluğunu gösterir.

Kimlik bilgisi (identification) (16-bit): Parçalanmış verinin alıcı tarafında bütünlüğünü korumak için verinin her bir parçasına verilen kimlik numarasını içerir. Bir veriye ait tüm parçalar aynı kimlik bilgisine sahiptir.

Bayraklar (flags) (3-bit): Ağ kaynaklarının gerektirdiği üzere, IP paketlerinin işlenemeyecek kadar büyük olduğu durumlarda paketin parçalara ayrılıp ayrılmayacağını belirtir. İlk biti ayrılmıştır ve 0 olmak zorundadır. İkinci bitte ise parçalama bayrağı bulunur. Bu değer birse ve paketin iletilmesi için parçalanması gerekiyorsa paket yok olur [23]. Üçüncü bitte ise paketin son paket olup olmadığını belirten bayrak bulunur. Bu bitin değeri 1 ise paket son paket değildir ve alınacak daha fazla paket vardır.

Parça numarası (fragment offset) (13-bit): Parçanın orijinal IP paketindeki tam konumunu belirtir.

Yaşam süresi (time to live) (8-bit): Ağda, döngü oluşmasını önlemek için, her pakete

ve ağa bu paketin kaç yönlendiricinin (atlama noktası) geçebileceğini bildiren bir TTL değer seti ile gönderilir. Her atlamada, değer bir azaltılır ve değer sıfıra ulaştığında, paket yok olur.

Protokol (protocol) (8-bit): Hedef kattaki Ağ katmanına, bu paketin hangi Protokol'e ait olduğunu, yani bir sonraki seviye Protokolü söyler.

Başlık Kontrolü (Header Checksum) (16-bit): Bu alan, başlığın tamamının sağlama değerini korumak ve daha sonra paketin hatasız alındığını kontrol etmek için kullanılır.

Kaynak IPv4 adresi (source IPv4 address) (32-bit): Kaynağın IPv4 adresini gösterir.

Hedef IPv4 adresi (destination IPv4 address) (32-bit): Alıcının IPv4 adresini gösterir.

Veri: İletilen bilgiyi gösterir.

1.3. Gerçek Zamanlı Taşıma Protokolü (RTP)

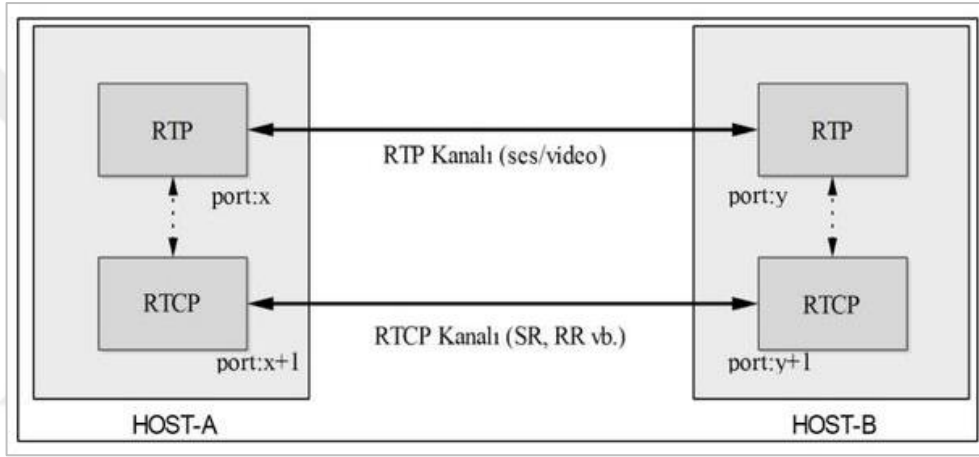
RTP, unicast veya multicast internet servisleri üzerinden gerçek zamanlı ses ve görüntünün iletimini yönetmek için kullanılan Internet Protokolüdür [26]. RTP kaynak rezervasyonu yapmaz ve gerçek zamanlı hizmetler için servis kalitesi garantisi vermez [27]. Veri aktarım hızından çok veri bütünlüğünü ön planda tutan TCP ile karşılaştırıldığında, RTP hızlı veri aktarımına öncelik verir ve küçük veri kayıplarını telafi edecek mekanizmalara sahiptir.

şekil 1.5, RTP ve RTCP mimarisini göstermektedir. RTP, veri aktarımını büyük ölçekli multicast ağlar için veri iletimini izlemeyi mümkün bir kontrol protokolü (RTCP) ile birleştirir [27]. RTP ve RTCP, temel taşıma ve ağ katmanlarından bağımsız olacak şekilde tasarlanmıştır [27]. RTP paketleri uygulama katmanında oluşturulur ve taşıma için taşıma katmanına verilir. RTP yaygın olarak telefon, video telekonferans uygulamaları ve web tabanlı bas- konuş özellikleri gibi medya akışı gerektiren iletişim ve görsel sistemlerde kullanılır. RTP, iki alt protokolden oluşur;

Veri Transfer Protokolü: Gerçek zamanlı çoklu ortam verisinin transferiyle ilgilenir. Bu protokol tarafından sağlanan bilgiler senkronizasyon için tarih bilgisini, kayıp paketlerin denetimi için sıra numarasını ve verinin kodlanmış formatını gösteren yk bilgisi (payload) formatını içerir [28].

Gerçek Zamanlı Kontrol Protokolü: Servis nceliği (QoS) ile ilgili geribildirimler ve ortam akışları arasında senkronizasyonu belirtmek için kullanılır [28]. İnternet paylaşılan bir datagram ağıdır ve internette gönderilen paketlerin öngörülemeyen gecikmeleri (delay) ve jitter değerı vardır [29]. Buna karşın, gerçek zamanlı uygulamalar veri iletiminde ve oynatımında uygun zamanlama gerektirir. Bu nedenle,

RTP'de geliştirilmiş zaman damgası (timestamping) ve paket sıra numaralandırması (sequence numbering) gibi çeşitli mekanizmalar bulunur. RTP paketlerini göndermek için kullanılan UDP protokolü, paketleri zaman damgası sırasına göre göndermediğinden dolayı sıra numaralandırması paketlerin düzgün sıra ile oynatılmasını sağlar. Sıra numaralandırması ayrıca, kaybolan paketleri belirlemekte de kullanılır. Gönderilecek ortam verileri RTP paketlerine dönüştürülürken belirli bir sıkıştırma/şifreleme mekanizması kullanılır ve pakete yük taşıma (payload) adı verilen bir bilgi eklenir [30, 31]. Bu bilgi, alıcının medya paketini nasıl oynatacağını ve nasıl kodunu çözeceğini açıklar. Görüntü sıkıştırma/şifreleme yöntemleri MPEG, H263, H264 vb. olarak sıralanabilir. Ses için kullanılan yöntemler ise G.711, G.729.



Şekil 1.5. RTP ve RTCP mimarisi [32]

1.3.1. RTP başlığının öğeleri

Tablo 1.2 RTP paket yapısını göstermektedir. Her RTP paketi, paketin içeriği ve aktarımıyla ilgili çeşitli bilgiler içeren bir başlığa sahiptir. Örneğin başlık, sürüm ve sıra numaralarını, benzersiz gönderici kimliğini, zaman damgasını ve veri formatıyla ilgili bilgileri içerir. Paketin geri kalanı yüküdür. Tablo 1.2'de yer alan paket yapısı elemanları aşağıdaki gibidir;

Ver.: (2 bit) Bu alan RTP versiyonunu tanımlar. Şu anda tanımlı olan versiyon 2'dir.

P (padding): (1 bit) Sabit blok büyüklüğüne sahip bazı şifreleme algoritmaları veya alt katman protokol veri ünitesinde birkaç RTP paketi taşımak için dolgu yapılması gerekebilir. Bu kısım da RTP paketinin sonunda ekstra dolgu baytların olup olmadığını işaretlemek için kullanılır.

X (extension): (1 bit) Veri taşıma kapasitesi ve standart başlık kısmı arasındaki bir uzantı başlığının varlığını işaret eder.

CC (CSRC count): (4 bit) sabit başlığı takip eden tanımlayıcıların sayısını içerir.

M (marker): (1 bit) İşaretleyicinin yorumlanması bir profil tarafından tanımlanır. Çerçeve akışları gibi önemli olayların paket akışında işaretlenmesini sağlamak amaçlanmıştır.

PT (payload type): (7 bit) Bu alan RTP yükünün formatını ve uygulama tarafından yorumlanmasını belirler.

Sıra numarası: 16 bitlik paket numarasıdır. Sıra numarası gönderilen her RTP veri paketi için birer birer artar ve paket kaybını tespit etmek ve paket sırasını geri yüklemek için alıcı tarafından kullanılabilir.

Zaman damgası: Zaman damgası, RTP veri paketindeki ilk sekizlinin örnekleme anını yansıtır. Örnekleme anı, senkronizasyon ve titreşim hesaplamaları için zaman içinde monoton ve doğrusal olarak artan bir saatten türetilmelidir.

SSRC: Senkronizasyon kaynak kimliği, oturum boyunca değişmeyen 32 bitlik tekil bir sayıdır. Paketin hangi oturuma ait olduğunu belirlemek için kullanılır.

CSRC: Sağlayıcı kaynak kimliği, konferans yapılırken konferansa, hangi oturumcuların ses bilgisi gönderdiğini belirten, her biri 32 bitlik, 16 paketten oluşur. Birden fazla CSRC kullanılarak bu artırılabilir.

Tablo 1.2. RTP paket yapısı [32]

Bit offset	0-1	2	3	4-7	8	9-15	16-31
0	Ver.	P	X	CC	M	PT	Sıra numarası
32	Zaman damgası						
64	Senkronizasyon kaynak kimliği (SSRC)						
96	Sağlayıcı kaynak kimliği (CSRC)						
	...						

1.4. İnternet Protokolü Üzerinden Ses (VoIP)

Son yıllarda, bilgisayar ağ sistemleri aracılığıyla yer kısıtlaması olmadan kesintisiz bir

iletişim ihtiyacı artış göstermektedir. Bu ağ sistemleri ses, video ve metin gibi birçok ortam verisi ile çoklu ortam uygulamalarının kullanılmasını sağlamaktadır. Çoklu ortam teknolojisi, farklı coğrafi bölgelerdeki insanlar arasında sorunsuz ve etkili iletişim sağlamayı taahhüt eder [33]. Ancak sağlanan hizmetler çeşitli ortam olumsuzlukları ve teknik nedenlerden dolayı taahhüt edilen bu hizmetin geliştirilme ihtiyacı doğmaktadır. IP üzerinden ses (VoIP) teknolojileri son yıllarda önemli bir rol kazanmış ve ticari anlamda önemli bir ilerleme kaydetmiştir [33]. VoIP ile insanlar, internet erişiminin olduğu her yerde herhangi bir telefon altyapısı gerektirmeden sesli veya görüntülü görüşmeler yapabilmektedir. Genel Anahtarlamalı Telefon Ağları (PSTN) olarak bilinen geleneksel telefon şebekelerinde, devre anahtarlama kullanılır ve arama süresince tüm kaynaklar iletişim kanalı için ayrılır [34]. VoIP ise paket anahtarlama kullanır ve bilgi, dijital olarak bir veya daha fazla pakete iletilir. Paketler varış yerlerini bilir ve varış noktalarına farklı yollar üzerinden ulaşabilir. VoIP, tipik analog telefon hatları yerine geniş bant internet bağlantısı üzerinden arama yapar. Temel geniş bant servisi için daha düşük ücret eğilimi ve hızlı internet tekliflerinin hızlı bir şekilde benimsenmesi göz önüne alındığında, VoIP kullanımı kısa zamanda popülerlik kazanması olağandır [35].

1.4.1. VoIP'in çeşitleri

VoIP çeşitleri uç birimlere göre farklılık gösterir. VoIP, telefondan telefona, bilgisayardan bilgisayara, telefondan bilgisayara, mobil, kablosuz olmak üzere 5 ayrı grupta incelenebilir [36].

1.4.2. Telefondan telefona VoIP

Geleneksel telefonların bilgisayar ihtiyacı olmadan IP üzerinden haberleşebildikleri bir VoIP çeşididir. Burada telefonların IP üzerinden konuşabilmelerini sağlayan ağ geçitleri bulunur. Bu ağ geçitleri PSTN'den aldığı sinyalleri IP'ye, IP'den aldığı sinyalleri ise PSTN'e dönüştürerek uçtan uca sorunsuz bir şekilde ses aktarımına olanak sağlar.

1.4.3. Telefondan bilgisayara VoIP

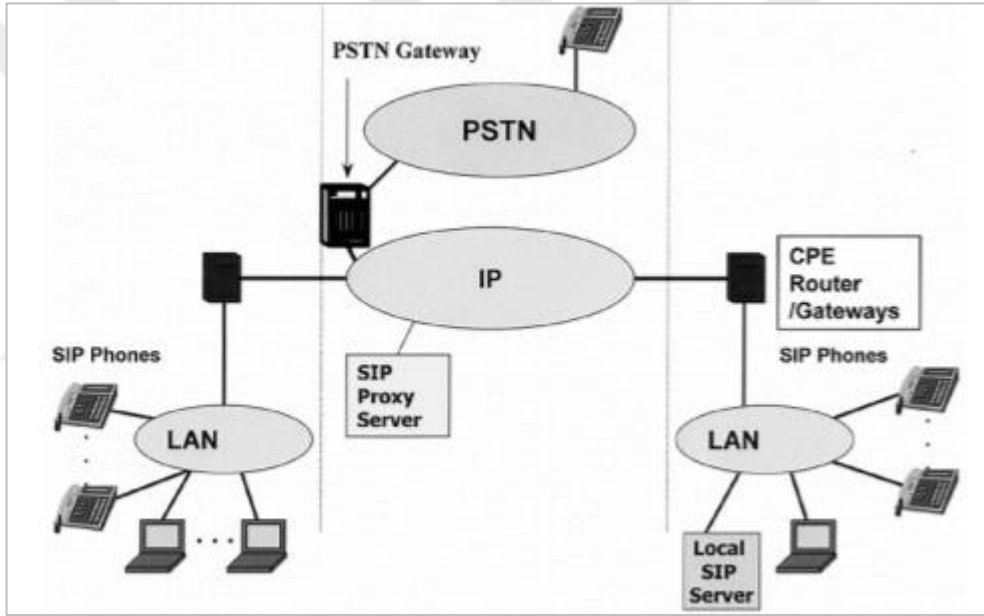
Telefondan telefona VoIP sisteminde olduğu gibi burada da ağ geçitleri telefondan çıkan PSTN sinyallerini IP sinyallerine çevirir ve aynı şekilde bilgisayardan gelen IP sinyallerini PSTN'e çeviri bu şekilde telefon – bilgisayar arasında sorunsuz bir şekilde ses aktarımına olanak sağlar.

1.4.4. Mobil VoIP

Son zamanlarda yaşanan teknolojik gelişmeler ile VoIP çözümleri telefon şebekeleriyle de sorunsuz bir şekilde çalışmaya başladı. 2G mobil sistemleri PSTN yapılarını kullanarak yukarıdaki sistemler gibi VoIP ile çalışabilmektedir. 3G'den sonra geliştirilen mobil IP ile VoIP'i desteklemeye başlamıştır.

1.4.5. Kablosuz VoIP

VoIP desteği olan ve kablosuz LAN'lara bağlanabilen cihazların IP üzerinden haberleşmesini sağlayan sistemlerdir. Şekil 1.6, VoIP sistem mimarisini göstermektedir.



Şekil 1.6. VoIP sistem mimarisini [37]

1.4.6. VoIP kullanmanın avantajları

VoIP'in kullanım avantajları aşağıdaki maddelerde verilmektedir;

- Ses kalitesi uzak mesafelerde bile korunur.
- VoIP sistemlerde, geleneksel kablolu sistemlerdeki fiziksel portlar yerine, her ağ soketinde bir dizi sanal kullanıcı tanımlanabileceği ve kullanılabilirliğinden dolayı daha fazla esneklik sağlar.
- VoIP kullanılan sistemler donanım yerine yazılıma dayandığından bu sistemleri yönetmek ve bakımını yapmak daha kolaydır ve daha ucuzdur.
- VoIP kablosuz ağlarda da çalışabildiğinden kullanıcılara alan özgürlüğü tanır ve

erişilebilirliği daha yüksektir.

- VoIP, kullanıcılara sadece sesli görüşmeler değil ayrıca faks alışverişi ve video konferans görüşmeleri gibi birçok özelliği sağladığından dolayı çok fonksiyonludur.

1.4.7. VoIP kullanmanın dezavantajları

- VoIP desteği olan IP telefonlarının maliyeti yüksektir.

- PSTN telefonlar sadece santral bağımlı olduğundan elektrik kesintisinde çalışabilirler fakat IP telefonları elektrik ve internet bağlantısına bağımlıdır.

- Sesli veya videolu görüşmeler gerçek zamanlı akışa sahip olduğundan internet trafiğinin yoğunluğu iletişim kalitesini etkiler.

- VoIP sistemlerde kullanıcıların coğrafi konumları belli değildir o nedenle acil çağrılarının kaynağını belirlemek imkansızdır.

1.4.8. VoIP'in kullanım alanları

VoIP kullanıldığında haberleşme maliyeti düşük olduğundan, uzak coğrafi bölgelere konumlanmış şirketler iletişimlerini sağlamak amacıyla VoIP'i tercih etmektedirler [14]. Üniversite gibi kurumlar da kendi sınırları içerisinde ücretsiz konuşmak amacıyla bu teknolojiyi kullanabilirler. Skype gibi VoIP tabanlı sesli ve görüntülü iletişimi sağlayan programlar sayesinde ve hem kurulum hem de iletişim maliyetinin düşük olması sebebiyle kişisel VoIP kullanımı da çok yaygındır [21].

1.4.9. Arama sinyalleşmeleri

Şekil 1.7'de gösterildiği gibi, internet üzerinden telefon görüşmeleri yaparken, sinyal protokolü, ağ bileşenlerinin birbirleriyle iletişim kurmasını sağladığı için önemli rol oynar [38]. İnternet Protokolü üzerinde bir sesli görüşme kurulabilmesi için işlevlerine ve kullanılma amaçlarına göre farklı dört protokol kullanılır. Bu protokoller şu şekildedir [39];

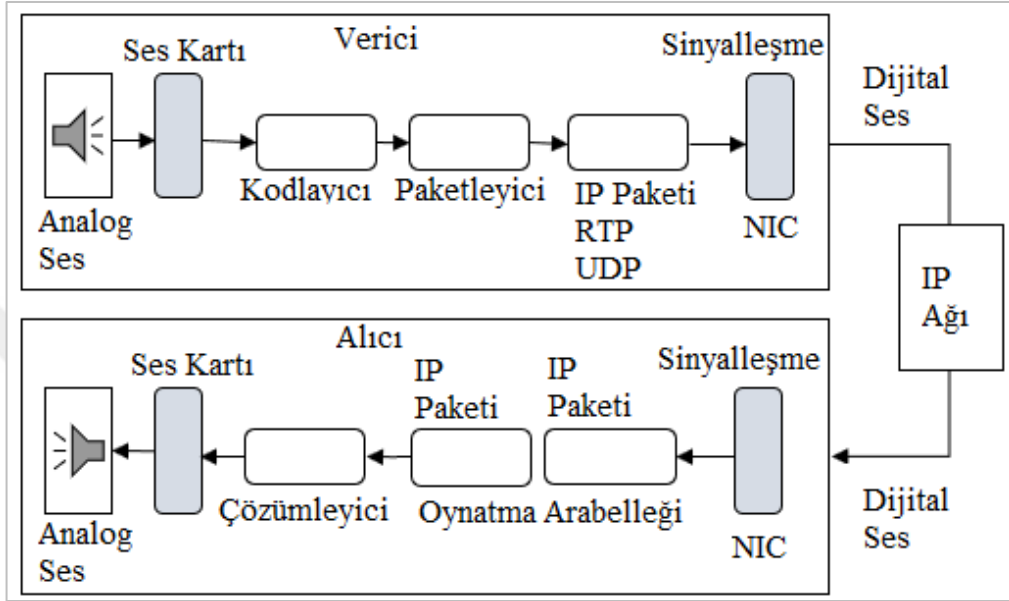
1- Sinyalleşme Protokolleri: Arayan ve aranan taraflar arasında bağlantılar kurmaya, bu bağlantılarda değişiklik yapmaya ve bu bağlantıları sonlandırmaya izin veren sinyal protokolleri. Başlıca protokoller; SIP (Oturum Başlatma Protokolü) ve H323 gibi.

2- Taşıma Protokolleri: Ağ içerisinde uçtan uca gerçek zamanlı ses iletmeyi sağlayan protokollerdir. Bu protokollerin en yaygını RTP'dir. RTP dijital ses akışını sağlamak amacıyla genellikle UDP ile kullanılır.

3- Konuşma kodekleri: Dijitalleştirilmiş sesleri veya görüntüleri sıkıştırmak / açmak / şifrelemek / deşifre etmek ve IP ağlarında iletilebilecek hale getirmek için kullanılan

protokollerdir. Yaygın olarak kullanılan ses kodekleri; G.711, G.729. Yaygın kullanılan video kodekleri ise H.263, H.264.

4- Ek protokoller: Çoklu ortam oturumlarını tanımlamak ve oturum detaylarını müzakere etmek için SIP mesajları ile kullanılan SDP ve VoIP işlevselliğinin tamamlayan RTCP gibi protokollerdir.



Şekil 1.7. VoIP'te ses iletim mimarisi

1.4.10. Oturum başlatma protokolü (SIP)

SIP, internet telefonu aramaları gibi multimedya oturumları (konferanslar) oluşturabilen, değiştirebilen ve sonlandırabilen bir uygulama katmanı kontrol protokolüdür [40]. SIP ayrıca katılımcıları çok noktaya yayın (multicast) konferansları gibi mevcut oturumlara davet edebilir. SIP, istemci tarafından taleplerin iletildiği ve yanıtların sunucular tarafından yönetildiği HTTP ve SMTP internet protokolüne benzeyen bir istemci-sunucu protokolüdür [41]. İstemci ve sunucu arasında gönderilen mesajlar, oturumun kurulması için gereken bilgileri içerir. SIP'in amacı, son uçtaki multimedya cihazları arasında iletişim kurmayı sağlamaktır. Bu iletişim RTP / RTCP ve SDP protokolleri sayesinde mümkün olur. RTP protokolü gerçek zamanlı olarak ses verilerini taşımak için kullanılırken, SDP protokolü katılımcıların müzakere yetenekleri, kodlama türleri vb. için kullanılır. SIP'te istemcinin gönderebileceği belli başlı istek mesajları bulunur (bkz. Şekil 1.8). Belli başlı istek mesajları ve tanımları aşağıdaki gibi verilmektedir.

- INVITE: Bir kullanıcıyı veya hizmeti bir oturuma katılmaya veya önceden var olan bir

oturumdaki parametreleri değiştirmeye davet eder.

- ACK: Bir oturum kurulduğunu onaylar.
- OPTION: Sunucu kapasitesi hakkında bilginin istenmesini sağlar.
- BYE: oturumun sonlandırılmasını sağlar.
- CANCEL: Bekleyen bir talebi iptal etmek için kullanılır.
- REGISTER: Bir SIP sunucusuyla iletişim bilgilerini kaydetmek için kullanılır.

Her bir istek mesajına karşılık cevap mesajları gönderilir. Gönderilen belli başlı cevap mesajları şu şekildedir;

- 1xx: İsteğin sunucuya ulaştığını ve sunucunun isteği işlediğini göstermeye yarayan geçiici cevaplardır.
- 2xx: İstekte belirtilen için anlaşıldığını ve kabul edildiğini gösteren başarı belirten cevaplardır.
- 3xx: Belirtilen için bitirilmesi için ekstra işlemlerin yapılması gerektiğini belirten yönlendirme cevaplarıdır.
- 4xx: İsteğin, formata uygun olmadığını veya sunucu tarafından işlenemeyeceğini belirten istemci hatası cevaplarıdır.
- 5xx: Geçiirli bir isteğin sunucu tarafından işlenemeyeceğini belirten sunucu hatası cevaplarıdır.
- 6xx: İsteğin herhangi bir sunucuda işlenemeyeceğini belirten genel sunucu hatası cevaplarıdır.

1.4.11. SDP protokolü

SDP (oturum tanımlama protokolü) protokolü, ses veya görüntülü aramayı yayınlamak için her bir uçtaki tarafların aralarında hangi kod çözücünün kullanılacağını ve medya akışına ilişkin diğer özellikleri belirlemek için kullanılır. Oturum duyurusu, daveti ve diğer çoklu ortam oturum başlangıç biçimleri gibi çoklu ortam haberleşme oturumlarının açıklanmasını da sağlayan SDP parametreleri SIP mesajlarının içerisinde yer alır.

Belli başlı SDP parametreleri aşağıdaki gibidir;

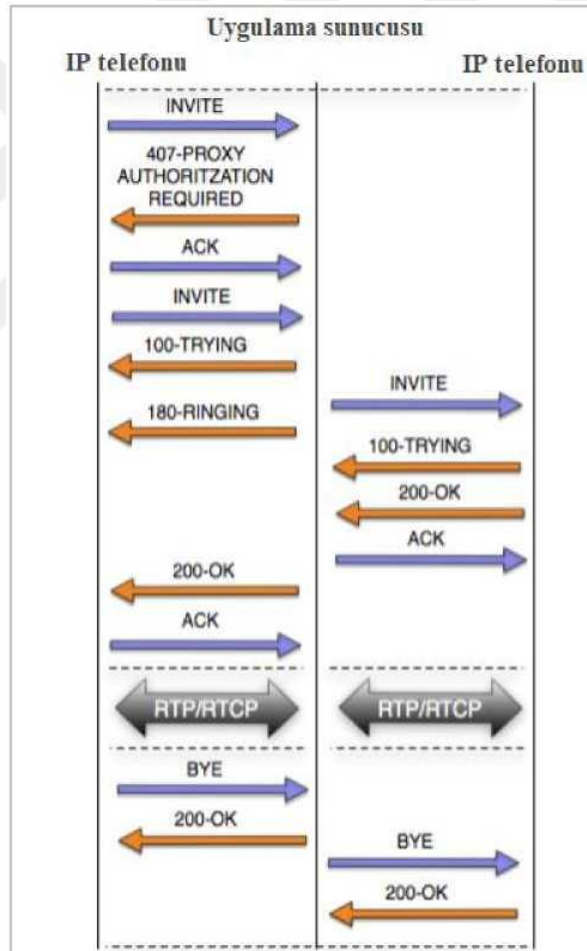
Oturum Açıklama Parametreleri:

- v = protokol versiyon numarası
- o = kaynak ve oturum tanımlayıcısı
- s = oturum ismi

- i = oturum bilgileri
- u = URL tanımı
- e = e-posta adresi
- p = telefon numarası

Medya Açıklama Parametreleri:

- m = medya ismi/ taşıma adresi
- i = medya başlığı
- c = bağlantı bilgisi - oturum açıklamasına eklenmişse gerekli değildir
- b = bant genişliği bilgisi
- k = şifreleme anahtarı



Şekil 1.8. VoIP aramasının sinyalleşmeleri [41]

1.4.12. H.323 protokolü

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nin (ITU), internet protokolü üzerinden gerçek zamanlı çoklu ortam iletişimi için kurduğu ilk iletişim protokolüdür. H.323, Video

konferans, görsel-ışitsel iletişimin yanı sıra metin, tablo ve görüntüler dahil olmak üzere belge paylaşımını da sağlar. H.323, iyi tanımlanmış sistem mimarisi, tüm çağrı kurulumunu kapsayan çağrı yönergeleri, çağrı kontrolü ve çağrıda kullanılan medyayı sağlayan bir şemsiye standardıdır. H.323 ses ve video iletimini telekomünikasyon odaklı gerçekleştirir. SIP ise internet odaklı yaklaşımı benimser [42]. H.323 protokolü ve SIP protokolü arasında birçok fark bulunmaktadır.

1.4.11.1. H.323 protokolü ile SIP protokolü arasındaki farklar

Tablo 1.3, H.323 Protokolü ve SIP protokolü arasındaki farkları göstermektedir.

Tablo 1.3. H.323 Protokolü ile SIP Protokolü arasındaki farklar

H.323 Protokolü	SIP Protokolü
Telekomünikasyon odaklı	İnternet odaklı
Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından tasarlanmıştır.	İnternet Mühendisliği Görev Gücü (IETF) tarafından tasarlanmıştır.
Her bir uçtaki kişileri tanımlamak için takma adı (alias) kullanılır.	Her bir uçtaki kişileri tanımlamak için SIP URL'leri kullanılır.
Mesaj formatları ikili sisteme dayanır.	Mesaj formatları ASCII formatına dayanır.
Kısıtlı ölçeklenebilirlik vardır.	H.323'e kıyasla daha iyi bir ölçeklenebilirlik vardır.
Yeterince esnek değildir.	Yeterince esnektir.
Çok karmaşık bir yapıya sahiptir.	Makul bir karmaşıklık seviyesine sahiptir.

1.5. Ses ve Video Kalitesini Etkileyen Faktörler

VoIP'in en çok zorlandığı noktalardan birisi, iyi bir ses kalitesi seviyesi elde etmek için diğer tüm trafikle rekabet etmesi ve aynı zamanda gerçek zamanlı bir aktarım yapma gerekliliğidir. E-posta veya dosya indirme gibi gerçek zamanlı aktarım gereksinimi olmayan uygulamalarda paket veya paketlerin birkaç saniye gecikmesini kullanıcı hissetmez. Fakat VoIP'te durum böyle değildir, anlaşılabilir bir konuşma yapabilmek için VoIP paketlerinin gerçek zamanlı olarak ulaşması gerekir. Gerçek zamanlı

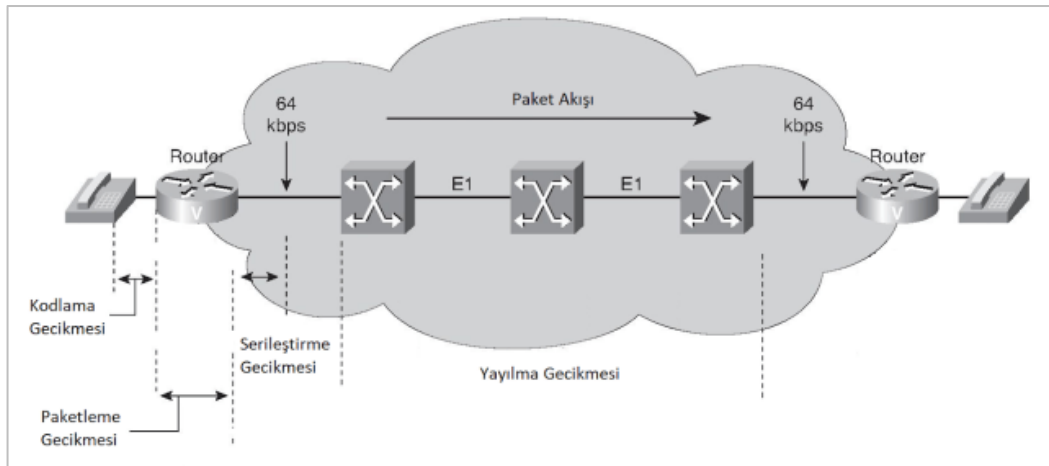
uygulamalarda ses ve video kalitesini etkileyen birçok çevresel ve sistem içi faktör vardır. Bağlantı hızı, bant genişliği, devamlılığı, gürültü, kullanılan kodak ve saniyede gönderilen paket miktarı bunlara örnek olarak verilebilir.

1.5.1. Bağlantı özellikleri

Gerçek zamanlı uygulamalar sürekli bir medya akışı gerektirdiğinden, bağlantının devamlılığı ve hızı önemlidir. Yavaş bağlantılarda, medya paketlerinde bir gecikme olur ve bu nedenle kullanıcı olumsuz yönde etkilenir. Bağlantının sürekliliği, medyanın bütünlüğünün bozulmamasını sağlamak için önemlidir. Ayrıca, gönderilen verilerin boyutuna göre bant genişliği de önem kazanmaktadır. Düşük bant genişliğine sahip bağlantılarda, yüksek kaliteli (büyük boyutlu) veri göndermek imkansızdır.

1.5.2. Gecikme

Kaynaktan hedefe veri paketi (Ses, video medya verisi gibi) gönderildiğinde bir gecikme meydana gelir. Özellikle gerçek zamanlı akış gerektiren uygulamalarda, paketlerin kaynaktan hedefe ulaşmasında oluşan gecikme arttıkça, hizmet kalitesi kötüleşir. ITU-T standartları, iyi bir ses kalitesi için gecikmenin 150 milisaniyeden daha fazla olmamasını tavsiye eder. Şekil 1.9'da gösterildiği gibi, gecikmeler; kodak gecikmesi, paketlemedeki gecikme ve iki uç arasında bulunan ağdaki gecikme (serileştirme + yayılma gecikmesi) olmak üzere gruplanabilir [43].

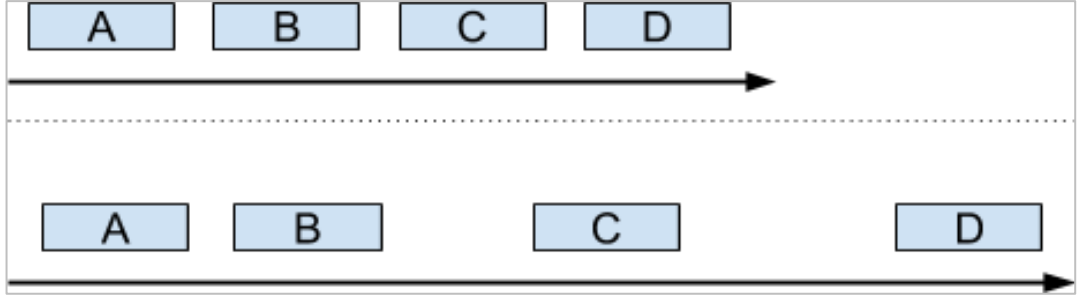


Şekil 1.9. İletim hattı boyunca oluşan gecikmeler [44]

1.5.3. Jitter

Jitter, ardışık gönderilen her bir paketin gecikme değişimi olarak tanımlanır. İdeal koşullar altında tüm paketler aynı gecikme değerine sahip olmalıdır fakat ağdaki anlık

trafiğe bağlı bekletmeden veya rota değişikliklerinden kaynaklı gecikme değişimleri olabilmektedir [45]. Şekil 1.10 paket iletimi sırasında oluşan jitter'ı göstermektedir.



Şekil 1.10. Paket iletiminde Jitter oluşumu [46]

1.5.4. Paket kayıpları

Kaynak ve hedef arasında gönderilen paketler anlık veri girişinin büyüklüğüne, iletim hatasına ve iletim sıklığına bağlı olarak ağ içerisinde kaybolabilir [47]. Gerçek zamanlı akış gerektiren uygulamalarda devamlılık esastır. Bu nedenle kaybolan paketler devamlılığı bozacağından dolayı kullanıcı kalitesini doğrudan etkiler. Ses kalitesinin iyi kabul edilebilmesi için paket kayıp oranının %2 den az olmalıdır [47].

1.5.5. Kodek türü

Tablo 1.4 ses kodek türlerinin karşılaştırmasını göstermektedir. Bit hızı (Kbps), sesli görüşme için saniyede gönderilmesi gereken bit sayısını göstermektedir. Bit hızı düşük olan kodek'ler bant genişliği düşük olan bağlantılar için devamlı bir görüşme imkânı sunarken, bit hızı yüksek olan kodek tiplerine göre daha kaliteli bir ses deneyimi sağlar. Ortalama görüş puanı ise sesli bir görüşmede kullanıcıların kaliteye verdiği ortalama puanı göstermektedir. Tablo 1.4'te verildiği gibi ortalama görüş puanı bit hızına paralel olarak değişim göstermektedir. Video kodek türlerinde ise;

H263 standart bir video konferans kodek türüdür. Düşük veri hızları ve nispeten yavaş hareketli görüntüler için optimize edilmiştir. H261 standardının bir ileri versiyonudur. H263'te bit oranı 64 Kbps'ye kadar çıkabilmektedir [1].

MPEG4, genellikle internet üzerinden video depolama ve sunma hizmetlerinde kullanılan video kodlama standardıdır. Bit hızı 64 Kbps'den 2 Mbps'ye kadar değişim gösterebilmektedir. Nesne tabanlı video kodlamayı desteklediği için, video düzenleme, video işleme gibi uygulamalar için daha uygundur [1].

H264, ileri video kodlama tekniği ile tasarlanmış bir kodek tipidir. Çoklu ortam uygulamalarından DVD depolama hizmetlerine kadar geniş bir kullanım yelpazesine

sahiptir. Ayrıca çerçeve içi kodlamada öngörü sistemine ve hareket sıkıştırma mekanizmasına sahiptir. Bu nedenle, video kodlama standartlarına göre daha fazla sıkıştırma oranına sahiptir [1].

1.5.6. Çıkış bit hızı (Kbps)

Gerçek zamanlı uygulamanın ses veya video paketlerini gönderirken kullandığı çıkış bit hızı (output bit rate) kullanıcı deneyimi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bant genişliğinin uygun olduğu düşünülüğünde, saniyede çıkan bit akışının büyüklüğü gönderilen medyanın kalitesini önemli ölçüde arttırmaktadır [49]. Çıkış bit hızı, kullanılan kodak tipinin desteklediği bit hızından düşük olması durumunda, gönderilen medya alıcı tarafında kaliteli bir biçimde anlık olarak görüntülenemez. Çoğu uygulamada bit hızı 11 Kbps ile 14000 Kbps arasında ayarlanabilir.

Tablo 1.4. Ses kodlayıcı çeşitleri ve özellikleri [48]

Kodak Bilgileri				Bant Genişliği Hesaplamaları			
Kodak & Bit Hızı (kbps)	İşlenebilen Paket Boyutu (Bayt)	İşlenebilen Paket Aralığı (ms)	Ortalama Görüş Puanı (MOS)	Ses Yüğü (payload) Boyutu (Bayt)	Ses Yüğü (payload) Boyutu (ms)	Saniyedeki Paket Sayısı	Bant Genişliği (Kbps)
G.711 (64 Kbps)	80 Bayt	10 ms	4.1	160 Bayt	20 ms	50	87.2 (Kbps)
G.729 (8 Kbps)	10 Bayt	10 ms	3.92	20 Bayt	20 ms	50	31.2 (Kbps)
G.723.1 (6.3 Kbps)	24 Bayt	30 ms	3.9	24 Bayt	30 ms	33.3	21.9 (Kbps)
G.23.1 (5.3 Kbps)	20 Bayt	30 ms	3.8	20 Bayt	30 ms	33.3	20.8 (Kbps)
G.726 (32 Kbps)	20 Bayt	5 ms	0.385	80 Bayt	20 ms	50	55.2 (Kbps)
G.722 (64 Kbps)	80 Bayt	10 ms	4.13	160 Bayt	20 ms	50	87.2 (Kbps)

1.5.7. Eko ve gürültü

Yankı olarak bilinen eko, bir veya iki tarafın daha önce birkaç milisaniyede söylediklerini duydukları bir kullanıcı deneyimi problemidir. Genellikle sesli görüşmelerde ortaya çıkan bir problemdir. Her ne kadar IP üzerinden gerçekleştirilen sesli görüşmelerde eko, daha sık görülen bir problem olarak kabul edilse de bu durum; IP'de gecikmenin daha fazla görülmesinden kaynaklı ekonun daha fazla fark edilmesi ile açıklanabilir [50]. Gürültü ise ortamdaki sesin konuşma sesine binmesiyle oluşan kullanıcı deneyimi problemidir. Telefonun mikrofonu ve hoparlörü arasındaki akustik

bağlantı akustik yankıya neden olur. Yankı gecikmeden etkilenir ve yoğunlukla gidiş dönüş gecikmesi 50 ms'den fazla olduğunda yüksek ve geciktiğinde fark edilir hale gelir [51]. Ekonun iptali için 'echo cancellation' ve gürültünün azaltılmasına yönelik 'noise reducer' denilen çözümlerle birlikte bu sorunlar ortadan kaldırılabilir.

1.5.8. Ağ trafik yoğunluğu

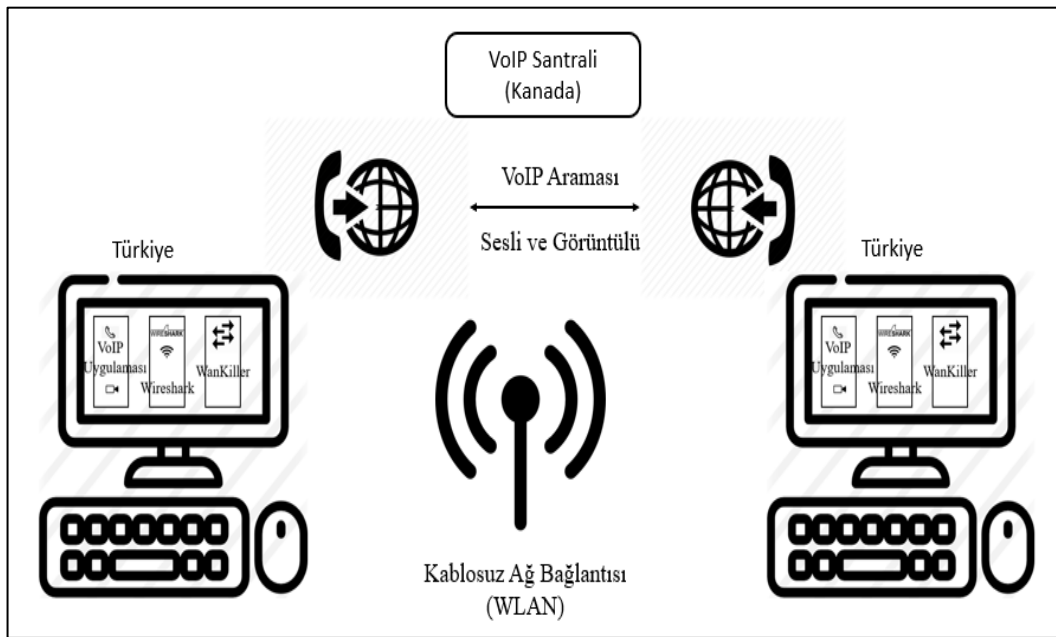
Ağ yönlendiricileri (routers) ilk gelene ilk hizmet (FCFS) verme mantığıyla çalışır. Yüksek trafik altında çalışan ağ yönlendiricileri VoIP için kabul edilebilir seviyeyi aşan gecikmeye maruz kalabilirler. Dolayısıyla kabul edilebilir bir hizmet kalitesi için internet trafik yoğunluğunun makul seviyede olması gerekir. Gerçek zamanlı uygulamalar bu sorunu en aza indirmek için DiffServ (Fark Hizmeti) denilen bir teknoloji ile gecikmeye duyarlı olan gerçek zamanlı paketleri işaretler. İşaretlenen paketler ağ ara yüzünde diğer paketlerden daha öncelikli gönderilir.

2. TEST ORTAMI VE SENARYOLAR

Bu bölümde, video ve ses iletiminde kullanıcı deneyimi kalitesi ölçümleri için kullanılan araç gereçler ve izlenecek olan test adımları açıklanmaktadır.

2.1. Test Ortamı

Analiz ve testlerde kullanılan fiziksel ortam şeması Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Sistemde yer alan iki bilgisayar, aynı ortamda ve Türkiye’de yer almaktadır. Her bir bilgisayarda, testlerde kullanılmak üzere, VoIP üzerinden sesli ve görüntülü iletişim sağlayan kurumsal uygulama kuruludur. Kurumsal uygulamalar birbirleriyle iletişimi Kanada’da yer alan VoIP santrali üzerinden sağlamaktadır. SIP sinyalleşmelerini kullanarak VoIP santralinde oturum açan uygulamalar, RTP kanalı üzerinden ses ve video medyalarının transferini, kablosuz ağ testlerinde, kablosuz yerel alan ağı kullanarak gerçekleştirmektedir. Kablolu ağ testlerinde ise çoklu medyaların transferi kablolu yerel alan ağı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Testler sırasında gönderilen medya paketlerinin toplanması ve analiz edilmesi için kullanılan Wireshark paket toplama aracı da bilgisayarlara kurulmuştur. Ayrıca ağ yoğunluğu testlerini gerçekleştirmek üzere ağ trafiği üreten WanKiller yazılımı da iki bilgisayarda kurulmuştur.



Şekil 2.1. Test ortamı bileşenleri şeması

Test elemanları ve özellikleri ve kablosuz ve kablolu ağların bağlantı özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

2.1.1. Test elemanları ve özellikleri

Test ortamını oluşturan elemanlar ve özellikleri aşağıda verilmektedir.

- HP Elite Notebook, Windows 10 işletim sistemine sahip- (Gönderici)
- HP Elite Notebook, Windows 10 işletim sistemine sahip (Alıcı)
- Yerleşik kamera (2 adet)
- Gerçek zamanlı ses ve görüntü hizmeti sağlayan kurumsal uygulama (Her iki bilgisayara kurulu)
- Wireshark- paket analiz aracı (Her iki bilgisayara kurulu)
- WanKiller- ağ trafiği üretim aracı (Her iki bilgisayara kurulu)
- WLAN (Kablosuz Yerel Alan Ağı. bkz. Tablo 2.1)
- LAN (Kablolu Yerel Alan Ağı. Bkz. Tablo 2.2)

2.1.2. Kablosuz ağ özellikleri

Kablosuz ağın bağlantı özellikleri Tablo 2.1’de verilmiştir. Bağlantı özellikleri kablosuz ağ sağlayıcıdan alınan bilgilerdir.

Tablo 2.1. Wi-Fi bağlantı özellikleri

Ping	45 ms
Jitter	9 ms
İndirme Hızı	51.2 Mbps
Yükleme Hızı	78.3 Mbps
Kaynağa Uzaklık	<15 m
Ağ Bandı	5 Ghz
Ağ Protokolü	802.11n
Ağ Sürücüsü	Intel (R) Dual Band Wireless-AC 8260

2.1.3. Kablolu ağ özellikleri

Kablolu ağın bağlantı özellikleri Tablo 2.2’de verilmiştir. Bağlantı özellikleri kablolu ağ sağlayıcıdan alınan bilgilerdir.

Tablo 2.2. Ethernet bağlantı özellikleri

Ping	48 ms
Jitter	13 ms
İndirme Hızı	84.89 Mbps
Yükleme Hızı	85.82 Mbps
Kaynağa Uzaklık	<200 m
Ağ Sürücüsü	Intel (R) Ethernet Connection I219-LM

Testler bir grup tarafından gerçekleştirilecek ve ortalama görüş puanına (MOS) dayalı bir puanlama sistemi uygulanacaktır. Ortalama görüş puanı, 1 ile 5 arasında tek bir sayı olarak ifade edilir; burada 1 en düşük ve 5 en yüksek deneyim kalitesini belirtir [40].

2.2. MOS Hesaplamaları

Gecikme ve jitter birbirleriyle ilişkilidir ve milisaniye cinsinden ölçülen etkin gecikme adı verilen bir metrik ile birleştirilir ve aşağıdaki Denklem (2.1) ve (2.2)'den yararlanarak Formül (2.3) elde edilir [35]. Denklemi oluşturan parametreler aşağıdaki gibi verilmektedir.

e_g = Etkin gecikme değeri

g = Gecikme değeri

j = Jitter değeri

g_e = Gecikme etkisi

t = Zaman

R = ITU-T tarafından, gecikme, jitter ve paket kaybı gibi metriklerde

türetilmiş bir değer. Bu değer ile ağdaki VoIP aramaları için deneyim kalitesini ölçümlemede yardımcı olan bu faktör 50 (kötü) ile 90 (mükemmel) arasında değerler alır.

k_p = kaybolan paket sayısı

e = kayıp paketlerin etkisi

$$e_g = g + j * g_e + t \quad (2.1)$$

$$R = R - (k_p * e) \quad (2.2)$$

$$MOS = ((R - 60) * (100 - R) * 0.000007R) + 0.035R + 1 \quad (2.3)$$

Tablo 2.3. Ortalama görüş puanı [35]

Ortalama Görüş Puanı	R	Kalite	Kullanıcı Memnuniyeti
5	90 - 100	Mükemmel	Çok memnun edici
4	80 - 90	İyi	Memnun edici
3	70 - 80	Orta	Az rahatsız edici
2	50 - 70	Zayıf	Rahatsız edici
1	<50	Kötü	Çok rahatsız edici

2.3. Test Senaryoları

Bu bölümde, kablolu ve kablosuz ağlarda kodek ve bit çıkış hızı testlerinin, kablosuz ağlarda ağ yoğunluk testlerinin ve ses kalitesi ölçümleri için eko ve gürültü testlerinin adımları yer almaktadır. Her bir testin adımları ayrıntılı bir şekilde aşağıda verilmektedir

2.3.1. Kablolu ve kablosuz ağlarda kodek ve çıkış bit hızı testleri

Kodek ve çıkış bit hızı testleri: Video kodek tipleri H263, H264 ve MPEG kullanılarak, sadece kodek'ler değiştirilerek test yapıp sonuçlar not edilecektir.

Çıkış bit hızı testleri: Sadece çıkış bit hızı değiştirilerek yapılacak olan bu testte 14 Kbps ile 14000 Kbps arasında belirli değerler ayarlanarak her bir çıkış kaydedilecektir. Burada belirlenen değerler kodekleri birbirinden ayırabilecek şekilde seçilmeye dikkat edilmiştir.

Kablosuz ağ: senaryo 1-

- Arayan ve aranan taraflarda kodek tipi H.263'e ayarlanır.
- Her bir arama çıkış bit hızı 140 Kbps, 640 Kbps ve 940 Kbps olacak şekilde ayarlanır.
- Arayan ve aranan taraflarda wireshark aktif hale getirilir.
- Arama yapılır.
- MOS puanı not edilir.
- Arama sonlandırılır.
- Önemli görülen durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paketlerin analizleri not edilir.

Kablosuz ağ: senaryo 2-

- Arayan ve aranan taraflarda kodek tipi MPEG'e ayarlanır.
- Her bir aramada çıkış bit hızı 140 Kbps, 640 Kbps ve 940 Kbps olacak şekilde ayarlanır.
- Arayan ve aranan taraflarda wireshark aktif hale getirilir.
- Arama yapılır.
- MOS puanı not edilir.
- Arama sonlandırılır.
- Önemli görölen durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paketlerin analizleri not edilir.

Kablosuz ağ: senaryo 3-

- Arayan ve aranan taraflarda kodek tipi H.264'e ayarlanır.
- Her bir aramada çıkış bit hızı 140 Kbps, 640 Kbps ve 940 Kbps olacak şekilde ayarlanır.
- Arayan ve aranan taraflarda wireshark aktif hale getirilir.
- Görüntölü arama yapılır.
- MOS puanı not edilir.
- Arama sonlandırılır.
- Önemli görölen durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paketlerin analizleri not edilir.

Kablolu ağ: senaryo 4-

Senaryo 1'deki adımlar kablolu ağda gerçekleştirilir.

Kablolu ağ: senaryo 5-

Senaryo 2'deki adımlar kablolu ağda gerçekleştirilir.

Kablolu ağ: senaryo 6-

Senaryo 3'teki adımlar kablolu ağda gerçekleştirilir.

2.3.2. Kablosuz ağlarda ağ yoğunluğu testleri

Aramanın görüntü kalitesinin ağ trafiğine bağlı değişimini gözlemlemek için yapılacak testleri içermektedir. Ağ trafiğini oluşturmak için WanKiller yazılım aracı kullanılmıştır.

Ağ yoğunluğu: senaryo 7- Ağ yoğunluğu %10 civarında iken;

- Arayan ve aranan taraflarda kodek tipi H.264'e ayarlanır.
- Arayan ve aranan taraflarda wireshark aktif hale getirilir.
- Görüntülü arama yapılır.
- Kalite not edilir.
- Arama sonlandırılır.
- Önemli durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paketlerin analizleri not edilir.

Ağ yoğunluğu: senaryo 8- Ağ yoğunluğu %50 civarında iken;

- Arayan ve aranan taraflarda kodek tipi H.264'e ayarlanır.
- Arayan ve aranan taraflarda wireshark aktif hale getirilir.
- Görüntülü arama yapılır.
- Kalite not edilir.
- Arama sonlandırılır.
- Önemli durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paketlerin analizleri not edilir.

Ağ yoğunluğu: senaryo 9- Ağ yoğunluğu %80 civarında iken;

- Arayan ve aranan taraflarda kodek tipi H.264'e ayarlanır.
- Arayan ve aranan taraflarda wireshark aktif hale getirilir.
- Görüntülü arama yapılır.
- Kalite not edilir.
- Arama sonlandırılır.
- Önemli durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paketlerin analizleri not edilir.

2.3.3.Kablosuz ağlarda eko ve gürültü testleri

Sesli aramada, Echo Cancellation ve noise reducer özelliklerinin ses kalitesi üzerindeki etkisini gözlemek için yapılan testleri içerir.

Ses: senaryo 10- Echo Cancellation ve noise reducer özellikleri aktif iken;

- Arayan ve aranan taraflarda wireshark başlatılır.
- Sesli arama başlatılır.

- Sesli arama sonlandırılır.
- MOS skoru not edilir.
- Önemli durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paket analizleri not edilir.

Ses: senaryo 11- Echo Cancellation ve noise reducer özellikleri kapalı iken;

- Arayan ve aranan taraflarda wireshark başlatılır.
- Sesli arama başlatılır.
- Sesli arama sonlandırılır.
- MOS skoru not edilir.
- Önemli durumlar varsa not edilir.
- Wireshark durdurulur ve paket analizleri not edilir.

2.4. Test Sonuçları

Bölüm 2.3'te yer alan test senaryoları gerçekleştirilip aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Test sonuçlarını değerlendirmek için paket başına düşen Jitter ortalaması ve MOS parametreleri analiz edilmiştir. Jitter ortalamaları her bir senaryoda elde edilen Wireshark RTP akışı analizlerinden yola çıkılarak hesaplanmıştır. Kaydedilen MOS değerleri detayları Ek1'de sunulmuştur. Video kalitesi testlerinde, kullanıcı deneyimini doğru bir şekilde test edebilmek için video akışı esnasında kaynaktan ve alıcıdan hareketli bir görüntü mevcutken ekran görüntüleri alınmıştır. Bu nedenle kaynaktan alınan poz ile alıcı taraftaki pozlar küçük farklılıklar içermektedir.

Kablosuz ağ: senaryo 1-

Kullanılan kodek: H.263

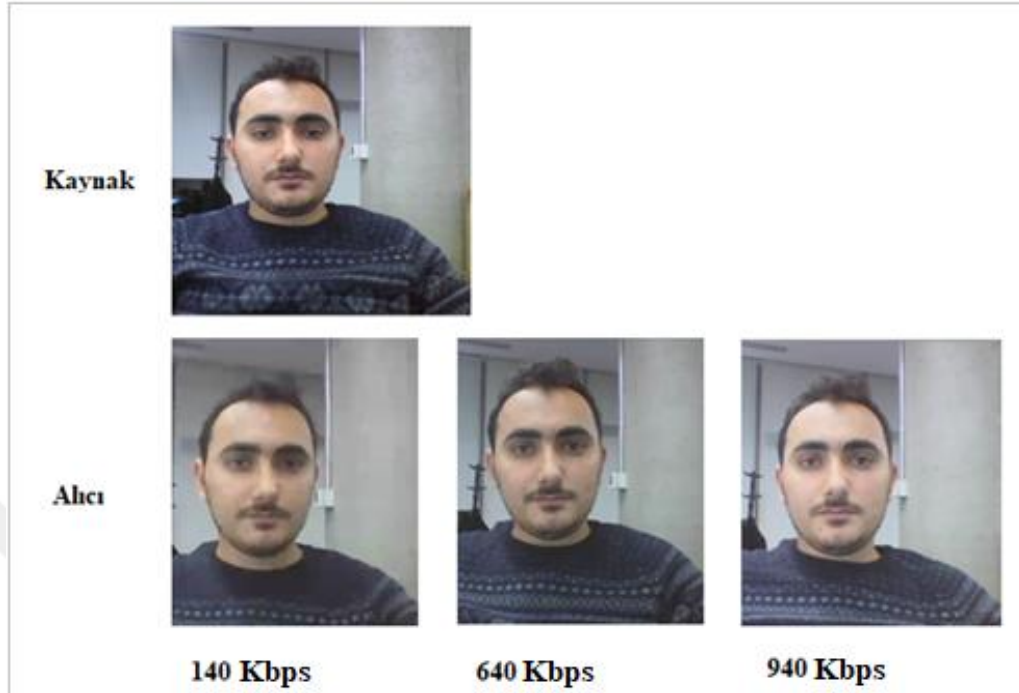
Çıkış bit hızları:140 Kbps, 640 Kbps, 940 Kbps

Şekil 2.2'de gösterildiği gibi H263 kodek kullanılarak, kablosuz ağda belirtilen bit hızlarında ayrı ayrı görüntülü arama gerçekleştirildi, kaynaktan ve alıcı taraftan aynı anda görüntü kaydedildi. Şekil 2.3'te ise her bir test için alınan Wireshark RTP analizi ekran görüntüsü kaydedildi.

10 kişilik grupta, kablosuz ağda H263 Kodek'i ve 140 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 1.3 olmuştur.

- Paket başına düşen jitter ortalaması 88.6 ms olmuştur.



Şekil 2.2. Kablosuz ağda H.263 kodek- çıkış bit hızları

140 Kbps	640 Kbps	940 Kbps
Forward SSRC 0x076bd31a Max Delta 96.85 ms @ 1399 Max Jitter 4651161.92 ms Mean Jitter 84242.05 ms Max Skew 47721778.13 ms RTP Packets 990 Expected 990 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 15.756786 s @ 474 Duration 7.33 s Clock Drift -2617625 ms Freq Drift -32060283 Hz (-35722.54 %)	Forward SSRC 0x0770ee79 Max Delta 297.61 ms @ 14218 Max Jitter 4357455.75 ms Mean Jitter 12281.42 ms Max Skew 47721788.51 ms RTP Packets 6655 Expected 6655 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 14.038913 s @ 779 Duration 33.31 s Clock Drift -602910 ms Freq Drift -1538909 Hz (-1809.90 %)	Forward SSRC 0x0774d63b Max Delta 263.10 ms @ 26205 Max Jitter 4357456.93 ms Mean Jitter 7492.64 ms Max Skew 47721789.86 ms RTP Packets 11417 Expected 11417 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 12.552654 s @ 743 Duration 56.53 s Clock Drift -332057 ms Freq Drift -438706 Hz (-587.45 %)
Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)

Şekil 2.3. Kablosuz ağda H263 kodek testi RTP akışı analizi

10 kişilik grupta, kablosuz ağda H263 Kodek'i ve 640 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3.3 olmuştur.

- Paket başına düşen jitter ortalaması 1.84 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablosuz ağda H263 Kodex'i ve 940 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3.6 olmuştur.

- Paket başına düşen jitter ortalaması 0.65 ms olmuştur.

Kablosuz ağ: senaryo 2-

Kullanılan kodex: MPEG4

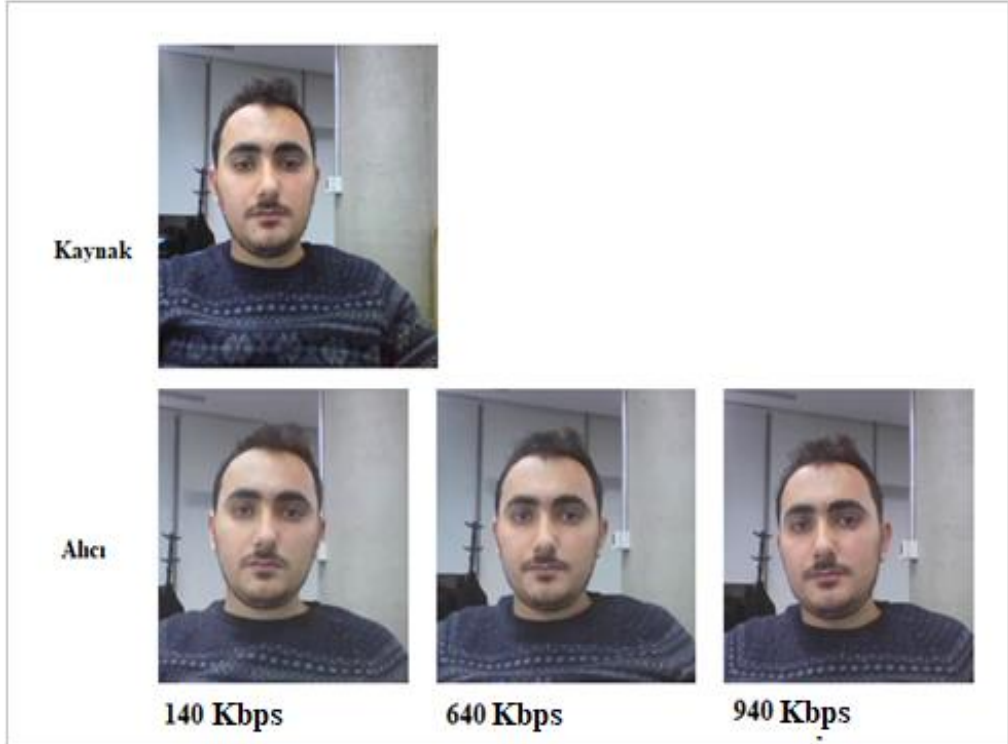
Çıkış bit akışı: 140 Kbps, 640 Kbps, 940 Kbps

Şekil 2.4.'te gösterildiği gibi MPEG4 kodex kullanılarak, kablosuz ağda belirtilen bit hızlarında ayrı ayrı görüntülü arama gerçekleştirildi, kaynaktan ve alıcı taraftan aynı anda görüntü kaydedildi.

10 kişilik grupta, kablosuz ağda MPEG4 Kodex'i ve 140 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 1.9 olmuştur.

- Paket başına düşen jitter ortalaması 1.16 ms olmuştur.



Şekil 2.4. Kablosuz ağda MPEG4 kodex- çıkış bit hızları

140 Kbps	640 Kbps	940 Kbps
Forward SSRC 0x01038987 Max Delta 245.01 ms @ 13797 Max Jitter 4449111.80 ms Mean Jitter 8858.57 ms Max Skew 47721787.14 ms RTP Packets 7597 Expected 7598 Lost 1 (0.01 %) Seq Errs 1 Start at 8.670512 s @ 310 Duration 33.11 s Clock Drift -412561 ms Freq Drift -1031584 Hz (-1246.20 %)	Forward SSRC 0x0783408a Max Delta 205.76 ms @ 10803 Max Jitter 4357454.32 ms Mean Jitter 24454.14 ms Max Skew 47721773.06 ms RTP Packets 3595 Expected 3595 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 9.209510 s @ 801 Duration 20.23 s Clock Drift -1358212 ms Freq Drift -5952159 Hz (-6713.51 %)	Forward SSRC 0x07851a4b Max Delta 318.13 ms @ 11777 Max Jitter 4357455.96 ms Mean Jitter 20344.45 ms Max Skew 47721790.80 ms RTP Packets 4401 Expected 4401 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 9.470268 s @ 739 Duration 24.80 s Clock Drift -1057748 ms Freq Drift -3748728 Hz (-4265.25 %)
Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)

Şekil 2.5. Kablosuz ağda MPEG4 kodek testi RTP akışı analizi

10 kişilik grupta, kablosuz ağda MPEG4 Kodek'i ve 640 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 2.2 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 6.8 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablosuz ağda MPEG4 Kodek'i ve 940 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3.3 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 4.62 ms olmuştur.

Kablosuz ağ: senaryo 3-

Kullanılan kodek: H.264

Çıkış bit akışı: 140 Kbps, 640 Kbps, 940 Kbps

Şekil 2.6'da gösterildiği gibi H264 kodek kullanılarak, kablosuz ağda belirtilen bit hızlarında ayrı ayrı görüntülü arama gerçekleştirildi, kaynaktan ve alıcı taraftan aynı anda görüntü kaydedildi.

10 kişilik grupta, kablosuz ağda H264 Kodek'i ve 140 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3.2 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 0.63 ms olmuştur.



Şekil 2.6. Kablosuz ağda H264 kodek- çıkış bit hızları

Forward	Forward	Forward
SSRC 0x00fb5ca2	SSRC 0x077b95d4	SSRC 0x077e0e01
Max Delta 165.74 ms @ 12857	Max Delta 272.01 ms @ 14009	Max Delta 261.84 ms @ 19416
Max Jitter 4546878.37 ms	Max Jitter 4357456.01 ms	Max Jitter 4357456.09 ms
Mean Jitter 6614.86 ms	Mean Jitter 11179.12 ms	Mean Jitter 9448.47 ms
Max Skew 47721787.70 ms	Max Skew 47721790.64 ms	Max Skew 47721791.30 ms
RTP Packets 10421	RTP Packets 7294	RTP Packets 8772
Expected 10424	Expected 7294	Expected 8772
Lost 3 (0.03 %)	Lost 0 (0.00 %)	Lost 0 (0.00 %)
Seq Errs 1	Seq Errs 0	Seq Errs 0
Start at 18.097654 s @ 334	Start at 12.191513 s @ 807	Start at 9.923466 s @ 781
Duration 45.39 s	Duration 36.45 s	Duration 42.96 s
Clock Drift -273614 ms	Clock Drift -539846 ms	Clock Drift -447929 ms
Freq Drift -452512 Hz (-602.79 %)	Freq Drift -1242902 Hz (-1481.00 %)	Freq Drift -848368 Hz (-1042.63 %)
Reverse	Reverse	Reverse
SSRC 0x07784012	SSRC 0x00000000	SSRC 0x00000000
Max Delta 353.72 ms @ 17153	Max Delta 0.00 ms @ 0	Max Delta 0.00 ms @ 0
Max Jitter 4357456.97 ms	Max Jitter 0.00 ms	Max Jitter 0.00 ms
Mean Jitter 9608.97 ms	Mean Jitter 0.00 ms	Mean Jitter 0.00 ms
Max Skew 47721791.39 ms	Max Skew 0.00 ms	Max Skew 0.00 ms
RTP Packets 8766	RTP Packets 0	RTP Packets 0
Expected 8766	Expected 1	Expected 1
Lost 0 (0.00 %)	Lost 1 (100.00 %)	Lost 1 (100.00 %)
Seq Errs 0	Seq Errs 0	Seq Errs 0
Start at 19.323015 s @ 786	Start at 0.000000 s @ 0	Start at 0.000000 s @ 0
Duration 44.16 s	Duration 0.00 s	Duration 0.00 s
Clock Drift -442012 ms	Clock Drift 0 ms	Clock Drift 0 ms
Freq Drift -810882 Hz (-1000.98 %)	Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Freq Drift 1 Hz (0.00 %)
140 Kbps	640 Kbps	940 Kbps

Şekil 2.7. Kablosuz ağda H264 kodek testi RTP akışı analizi

10 kişilik grupta, kablosuz ağda H264 Kodek'i ve 640 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3.4 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 1.53 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablosuz ağda H264 Kodek'i ve 940 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3.5 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 1.07 ms olmuştur.

Kablolu ağ: senaryo 4-

Kullanılan kodek: H.263

Çıkış bit hızı: 140 Kbps, 640 Kbps, 940 Kbps

Şekil 2.8'de gösterildiği gibi H263 kodek kullanılarak, kablolu ağda belirtilen bit hızlarında ayrı ayrı görüntülü arama gerçekleştirildi, kaynaktan ve alıcı taraftan aynı anda görüntü kaydedildi. Kaydedilen görüntüler, 10 kişilik bir grup tarafından ortalama görüş puanı sistemi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Şekil 2.9'da test esnasında toplanan RTP paketlerinin analizi gösterilmektedir.

10 kişilik grupta, kablolu ağda H263 Kodek'i ve 140 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

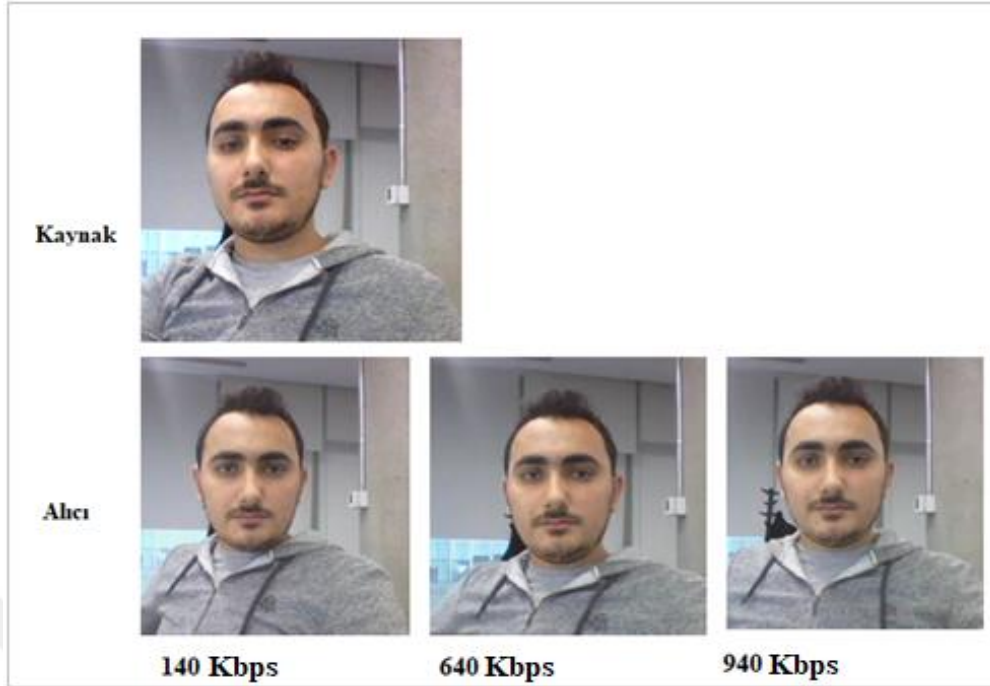
- Ortalama Görüş Değeri 2.8 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 3.38 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablolu ağda H263 Kodek'i ve 640 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 1.9 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablolu ağda H263 Kodek'i ve 940 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 9.35 ms olmuştur.



Şekil 2.8. Kablolu ağda H263 kodek- çıkış bit hızları

140 Kbps	640 Kbps	940 Kbps
Forward SSRC 0x0bad4ed1 Max Delta 2826.40 ms @ 12835 Max Jitter 4271528.43 ms Mean Jitter 17605.79 ms Max Skew 47721788.02 ms RTP Packets 5207 Expected 5207 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 15.590013 s @ 1046 Duration 32.13 s Clock Drift -897405 ms Freq Drift -2423612 Hz (-2792.90 %) Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Forward SSRC 0x0bb15a47 Max Delta 444.26 ms @ 19165 Max Jitter 4271528.29 ms Mean Jitter 13285.46 ms Max Skew 47721788.07 ms RTP Packets 6966 Expected 6966 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 10.244788 s @ 725 Duration 38.06 s Clock Drift -716400 ms Freq Drift -1604230 Hz (-1882.48 %) Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Forward SSRC 0x0bb3654a Max Delta 370.52 ms @ 9857 Max Jitter 4271528.25 ms Mean Jitter 28737.07 ms Max Skew 47721788.26 ms RTP Packets 3073 Expected 3073 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 10.296869 s @ 913 Duration 19.80 s Clock Drift -1798104 ms Freq Drift -8083299 Hz (-9081.44 %) Reverse SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)

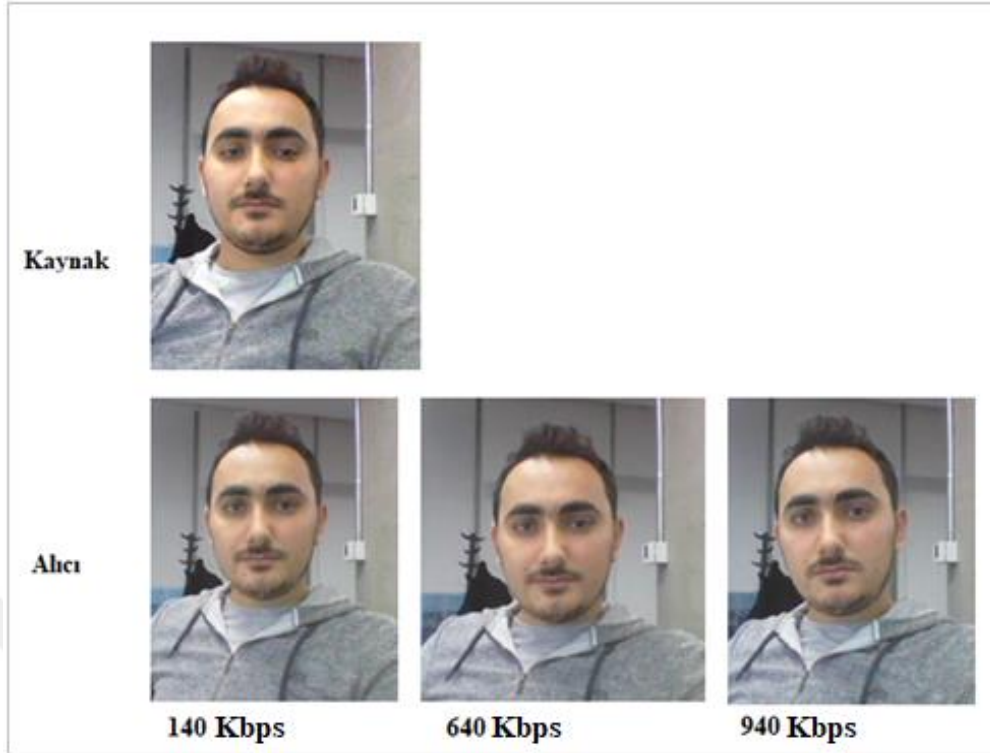
Şekil 2.9. Kablolu ağda H263 kodek testi RTP akışı analizi

Kablolu ağ: senaryo 5-

Kullanılan kodek: MPEG4

Çıkış bit hızı: 140 Kbps, 640 Kbps, 940 Kbps

Şekil 2.10'da gösterildiği gibi MPEG4 kodek kullanılarak, kablolu ağda belirtilen bit hızlarında ayrı ayrı görüntülü arama gerçekleştirildi, kaynaktan ve alıcı taraftan aynı anda görüntü kaydedildi.



Şekil 2.10. Kablolu ağda MPEG4 kodek- testi

140 Kbps	640 Kbps	940 Kbps
<p>Forward</p> <p>SSRC 0x0bbc0f9c Max Delta 193.50 ms @ 11804 Max Jitter 4271528.54 ms Mean Jitter 18645.95 ms Max Skew 47721788.89 ms RTP Packets 4892 Expected 4892 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 11.201527 s @ 780 Duration 27.54 s Clock Drift -1088393 ms Freq Drift -3466854 Hz (-3952.06 %)</p> <p>Reverse</p> <p>SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)</p> <p>140 Kbps</p>	<p>Forward</p> <p>SSRC 0x0bbecead Max Delta 289.89 ms @ 7442 Max Jitter 4271528.77 ms Mean Jitter 37799.77 ms Max Skew 47721792.79 ms RTP Packets 2254 Expected 2254 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 9.469358 s @ 880 Duration 15.10 s Clock Drift -2305473 ms Freq Drift -13648239 Hz (-15264.71 %)</p> <p>Reverse</p> <p>SSRC 0x00000000 Max Delta 0.00 ms @ 0 Max Jitter 0.00 ms Mean Jitter 0.00 ms Max Skew 0.00 ms RTP Packets 0 Expected 1 Lost 1 (100.00 %) Seq Errs 0 Start at 0.000000 s @ 0 Duration 0.00 s Clock Drift 0 ms Freq Drift 1 Hz (0.00 %)</p> <p>640 Kbps</p>	<p>Forward</p> <p>SSRC 0xc127052 Max Delta 26.55 ms @ 977 Max Jitter 3.17 ms Mean Jitter 2.58 ms Max Skew 4.99 ms RTP Packets 1449 Expected 1449 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 9.898571 s @ 150 Duration 28.96 s Clock Drift -69 ms Freq Drift 7981 Hz (-0.24 %)</p> <p>Reverse</p> <p>SSRC 0x0bc06664 Max Delta 183.50 ms @ 8356 Max Jitter 4271528.53 ms Mean Jitter 20852.04 ms Max Skew 47721791.03 ms RTP Packets 4336 Expected 4336 Lost 0 (0.00 %) Seq Errs 0 Start at 13.744036 s @ 815 Duration 25.11 s Clock Drift -1260505 ms Freq Drift -4427296 Hz (-5019.22 %)</p> <p>940 Kbps</p>

Şekil 2.11. Kablolu ağda MPEG4 kodek testi RTP akışı analizi

10 kişilik grupta, kablolulu ağda MPEG4 Kodek'i ve 140 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 2.6 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 3.8 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablolu ağda MPEG4 Kodek'i ve 640 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 2.7 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 16.7 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablolu ağda MPEG4 Kodek'i ve 940 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

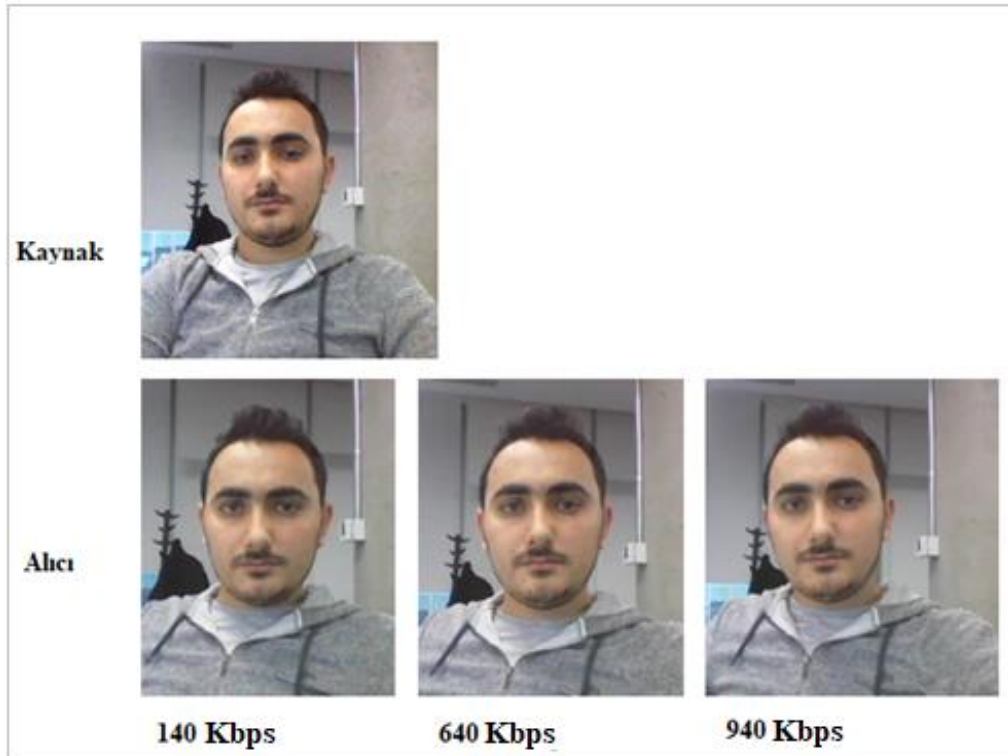
- Ortalama Görüş Değeri 3.1 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması ~0 ms olmuştur.

Kablolu ağ: senaryo 6-

Kullanılan kodek: H264

Çıkış bit hızı: 140 Kbps, 640 Kbps, 940 Kbps

Şekil 2.12'de gösterildiği gibi H264 kodek kullanılarak, kablolu ağda belirtilen bit hızlarında ayrı ayrı görüntülü arama gerçekleştirildi, kaynaktan ve alıcı taraftan aynı anda görüntü kaydedildi. Şekil 2.13'te ise gerçekleştirilen aramanın Wireshark paket toplama ve analiz aracı kullanılarak elde edilen RTP analizi yer almaktadır.



Şekil 2.12. Kablolu ağda H264 kodek testi

Forward	Forward	Forward
SSRC 0x0bb95a50	SSRC 0x0bb6f517	SSRC 0x0bb4c046
Max Delta 443.28 ms @ 8773	Max Delta 449.98 ms @ 18205	Max Delta 524.43 ms @ 13738
Max Jitter 4271529.96 ms	Max Jitter 4271528.47 ms	Max Jitter 4271528.35 ms
Mean Jitter 22218.27 ms	Mean Jitter 12756.30 ms	Mean Jitter 6391.13 ms
Max Skew 47721781.53 ms	Max Skew 47721791.02 ms	Max Skew 47721789.60 ms
RTP Packets 4064	RTP Packets 7392	RTP Packets 15572
Expected 4064	Expected 7392	Expected 15572
Lost 0 (0.00 %)	Lost 0 (0.00 %)	Lost 0 (0.00 %)
Seq Errs 0	Seq Errs 0	Seq Errs 0
Start at 10.232560 s @ 781	Start at 9.293972 s @ 748	Start at 10.639347 s @ 893
Duration 24.68 s	Duration 40.84 s	Duration 79.20 s
Clock Drift -1322905 ms	Clock Drift -661821 ms	Clock Drift -278057 ms
Freq Drift -4734798 Hz (-5360.89 %)	Freq Drift -1368333 Hz (-1620.37 %)	Freq Drift -225982 Hz (-351.09 %)
Reverse	Reverse	Reverse
SSRC 0x00000000	SSRC 0x00000000	SSRC 0x00000000
Max Delta 0.00 ms @ 0	Max Delta 0.00 ms @ 0	Max Delta 0.00 ms @ 0
Max Jitter 0.00 ms	Max Jitter 0.00 ms	Max Jitter 0.00 ms
Mean Jitter 0.00 ms	Mean Jitter 0.00 ms	Mean Jitter 0.00 ms
Max Skew 0.00 ms	Max Skew 0.00 ms	Max Skew 0.00 ms
RTP Packets 0	RTP Packets 0	RTP Packets 0
Expected 1	Expected 1	Expected 1
Lost 1 (100.00 %)	Lost 1 (100.00 %)	Lost 1 (100.00 %)
Seq Errs 0	Seq Errs 0	Seq Errs 0
Start at 0.000000 s @ 0	Start at 0.000000 s @ 0	Start at 0.000000 s @ 0
Duration 0.00 s	Duration 0.00 s	Duration 0.00 s
Clock Drift 0 ms	Clock Drift 0 ms	Clock Drift 0 ms
Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Freq Drift 1 Hz (0.00 %)	Freq Drift 1 Hz (0.00 %)
140 Kbps	640 Kbps	940 Kbps

Şekil 2.13. Kablolu ağda H264 kodek testi RTP akışı analizi

10 kişilik grupta, kablolu ağda H264 Kodek'i ve 140 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 2.2 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 5.46 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablolu ağda H264 Kodek'i ve 640 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

- Ortalama Görüş Değeri 3 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 1.72 ms olmuştur.

10 kişilik grupta, kablolu ağda H264 Kodek'i ve 940 Kbps çıkış bit hızı ile yapılan testin sonucunda;

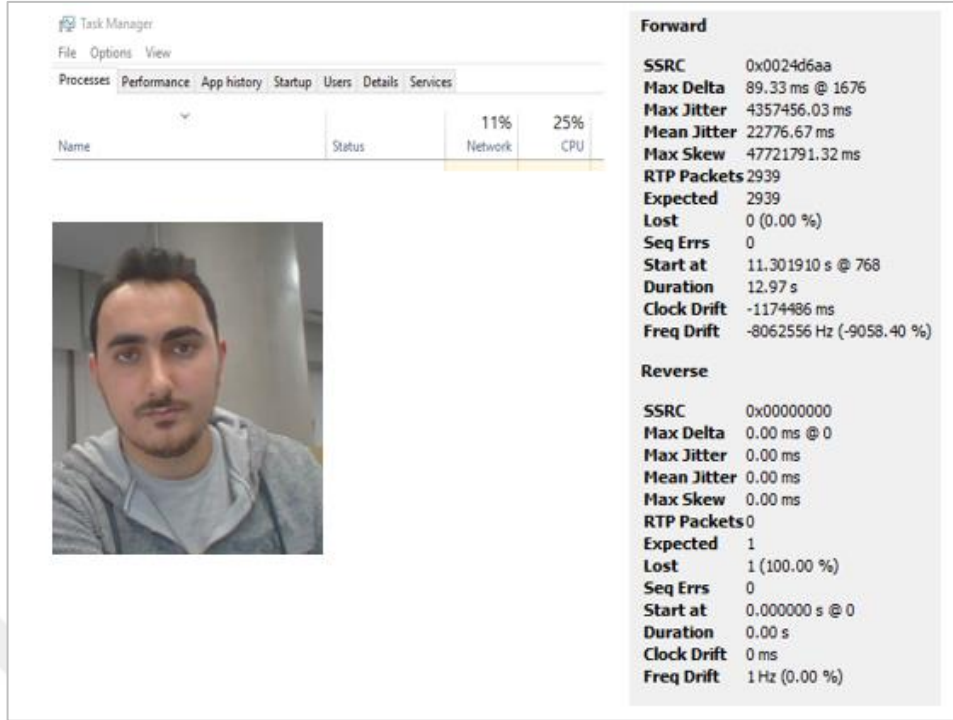
- Ortalama Görüş Değeri 3.5 olmuştur.
- Paket başına düşen jitter ortalaması 0.5 ms olmuştur.

Ağ yoğunluğu: senaryo 7-

Kablosuz ağda, ağ yoğunluğu %10 civarında iken görüntülü arama gerçekleştirildi.

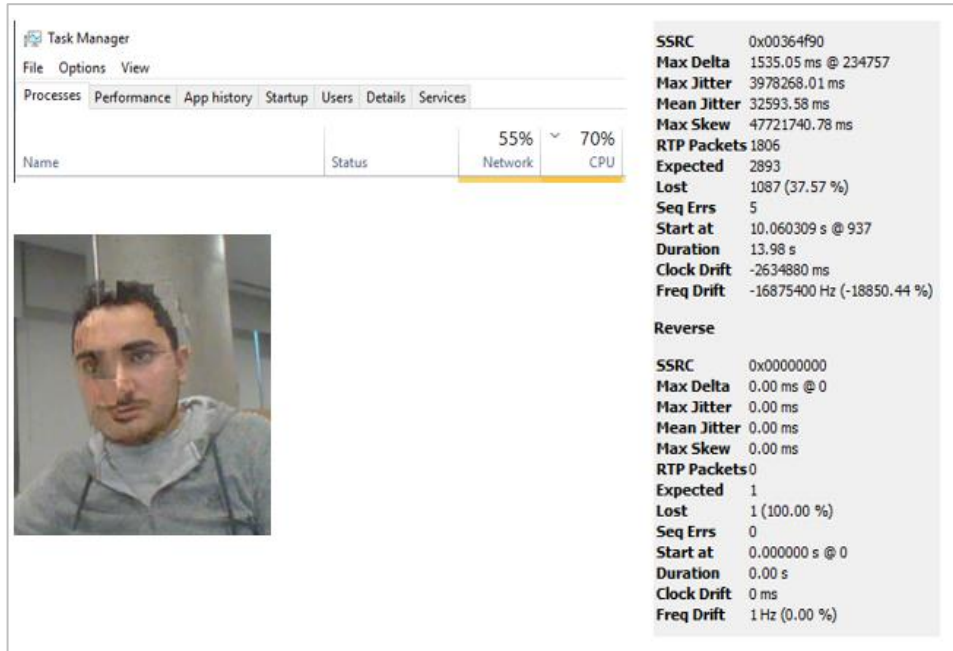
Gözlemlenen Kalite: Görüntü Şekil 2.14'te gösterildiği gibi sorunsuz bir şekilde kesintisiz devam etti. Görüntü kalitesi beklendiği gibi memnun edici olduğu kaydedildi.

RTP Akışı analizinde görüldüğü üzere herhangi bir paket kaybı gözlemlenmedi.



Şekil 2.14. Ağ yoğunluğu ~%10 iken görüntü ve RTP akışı analizi

Ağ yoğunluğu: senaryo 8- Kablosuz ağda, ağ yoğunluğu ~%50 civarında iken görüntülü arama gerçekleştirildi.

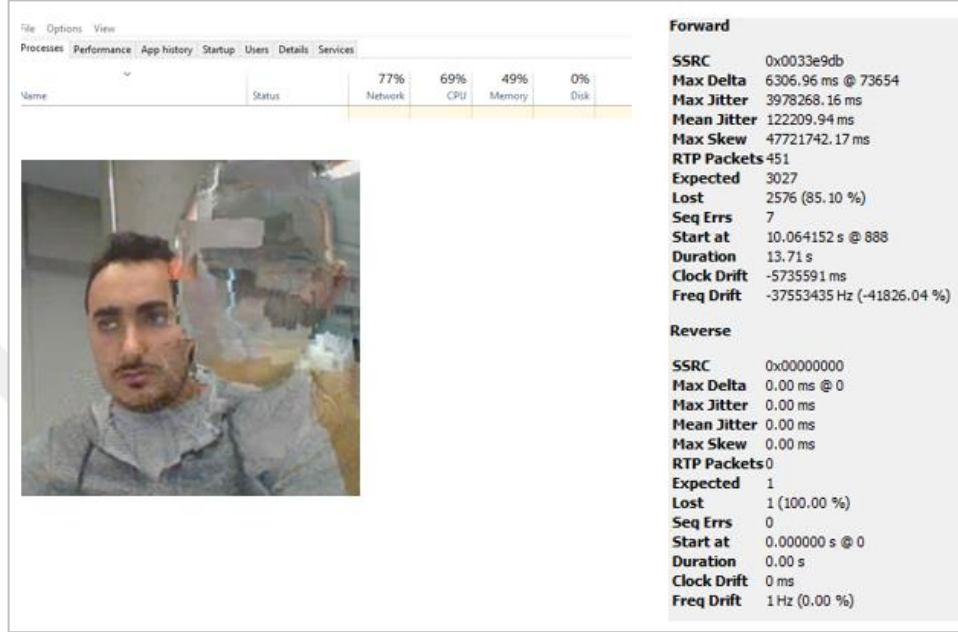


Şekil 2.15. Ağ yoğunluğu ~%50 iken görüntü ve RTP akışı analizi

Gözlemlenen Kalite: Görüntü kalitesinde gözlemlenebilir ölçüde bozukluklar kaydedildi. Görüntü akışı senaryo 7'ye nazaran daha kesintili ve zaman zaman Şekil

2.15'teki fotoğraftaki gibi görüntüde bozulmalar meydana geldi. RTP Akışı analizinde de görüleceği üzere paket kaybı %37 civarında oldu.

Ağ yoğunluğu: senaryo 9- Kablosuz ağda, ağ yoğunluğu %80 civarında iken görüntülü arama gerçekleştirildi.

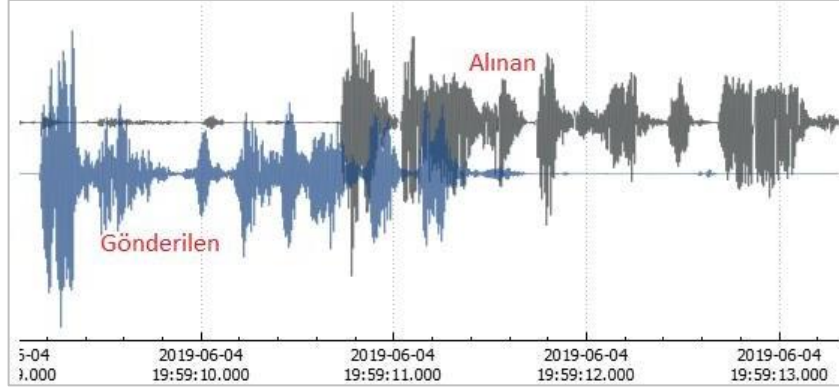


Şekil 2.16. Ağ yoğunluğu ~%80 iken görüntü ve RTP akışı analizi

Gözlemlen Kalite: Görüntü kabul edilemez bir kaliteye sahip olduğu gözlemlendi. Görüntü sürekli kesintiye uğradı ve bazen uzun süre boyunca yeni görüntü aktarılamadı. RTP Akışı analizinden de anlaşılacağı üzere %85 civarında paket kaybı gözlemlendi.

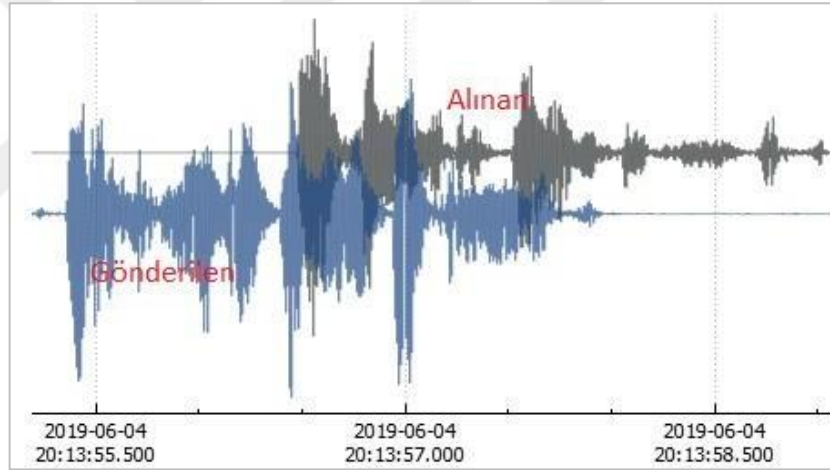
Ses: senaryo 10- 'Echo Cancellation' ve 'noise reducer' özellikleri kapalı iken sesli görüşme gerçekleştirildi ve aynı zamanda 'wireshark' paket analiz aracı ile RTP paketleri toplandı. Sesli görüşme esnasında dinletilen ses dosyası her iki durumda da aynıdır. Sesli görüşme bittikten sonra Şekil 2.16'da gösterildiği gibi kullanıcı deneyim analizi ve wireshark analizi yapılmıştır.

Şekil 2.17'de görüldüğü üzere alınan taraftaki sinyalin gönderilen taraftaki sinyal büyüklüğüne oranla yer yer daha yoğun olduğu görülebilmektedir. Sinyalde ara ara görülen bu yoğunluk artışı, kullanıcı deneyimini artırıcı mekanizmalar kapalı iken gürültünün filtrelenmemesinden dolayı oluşan gürültünün orijinal sesin üzerine binmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca sesli arama sırasında alıcı tarafta, seste, düşük oranda bir yankı ve hissedilebilir seviyede bozulma not edilmiştir.



Şekil 2.17. Mekanizmalar kapalı iken alınan RTP akışı analizi

Ses: senaryo 11- 'Echo Cancellation' ve 'noise reducer' özellikleri açık iken sesli görüşme gerçekleştirildi ve aynı zamanda 'wireshark' paket analiz aracı ile RTP paketleri toplandı. Sesli görüşme bittikten sonra Şekil 2.18'de gösterildiği gibi kullanıcı deneyim analizi ve wireshark analizi yapılmıştır.



Şekil 2.18. Mekanizmalar açık iken alınan RTP akışı analizi

Şekil 2.18'de görüldüğü üzere alınan taraftaki sinyalin gönderilen taraftaki sinyal büyüklüğüne oranla yer yer daha az yoğun olduğu görülebilmektedir. Sinyalde ara ara görülen bu yoğunluk düşüşü orijinal sesin üzerine binen gürültünün uygulamalar tarafından ayıklandığını göstermektedir. Ayrıca sesli arama sırasında alıcı tarafta, seste, herhangi bir yankı bozulma gözlemlenmediği not edilmiştir.

3. TARTIŞMA

Kablosuz ağlarda video ile ilgili yapılan testlerde düşük çıkış bit hızı durumunda ortalama görüş puanı baz alındığında H.263 kodek'inin görüntü kalitesinde diğer kodek'lere oranla daha fazla düşüş gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 3.1). H.263'ün MPEG4 ve H.264 kodek'lerine oranla sıkıştırma oranının daha az olmasından dolayı düşük bit hızında bozulmalar olması beklenen bir durum olmuştur. Kablosuz ağlarda düşük bit hızında en iyi performans gösteren H.264 kodek'i olmuştur. H.264'ün sıkıştırma oranı diğer kodek'lere oranla daha yüksek olması düşük bit hızında daha kaliteli bir deneyim vermesini sağlamıştır. Kablosuz ağda çıkış bit hızının 640 Kbps'ye artırılmasıyla beraber her üç kodek tipinde de görüntü kalitesinin arttığı gözlemlenmiştir. MPEG4'ün diğer iki kodek türüne göre kullanıcı deneyimi kalitesinde daha az oranda bir artış gözlemlenmiştir. Test sonuçlarında görüldüğü üzere MPEG4'tün belirli bir jitter değerine karşı direnç gösterdiği ve çıkış bit hızına karşı bir hassasiyeti olduğu gözlemlenmiştir. MPEG4 ve H264 kodek'lerinde çıkış bit hızındaki artış çok fazla olmazken H263 kodek'i çıkış bit hızındaki bu değişime ~2 puan ile tepki göstermiştir (bkz. Tablo 3.1). Bu durum H263 kodek'inin sıkıştırma oranının diğer kodeklere göre daha az olduğunu desteklemektedir.

Kablolu ağlarda video ile ilgili yapılan testlerde düşük bit hızında her 3 kodek tipinin de daha yüksek bir ortalama görüş puanı alındığı görülmektedir. Bunun nedeni ise jitter değerinin genel anlamda düşük bit hızında kablolu ağda daha az olması olarak değerlendirilebilir. H264'ün 140 Kbps çıkış bit hızında kablosuz ağa göre ortalama görüş puanı daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir (bkz. Tablo 3.1). Bu durum ise ağda oluşan anlık yavaşlamalar sonucunda ortaya çıkan jitter miktarının bu testte daha fazla olması olarak açıklanabilir. Böylelikle H264'ün jitter'a olan hassasiyetinin fazla olduğu söylenebilir. Aynı şekilde kablolu ağda MPEG4'te, 640 Kbps çıkış bit hızında, çıkış bit hızının artmasına rağmen kalitede kayda değer bir artışın gözlemlenmemesi de jitter artışına bağlanabilir.

Hem kablosuz hem de kablolu ağlarda yapılan kodek ve çıkış bit hızı testlerinde çıkış bit hızı arttıkça kalitede de artış gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, jitter miktarı belirli bir seviyenin üstünde olduğunda her üç kodek türünün de kullanıcı deneyiminde düşüş gözlemlenmiştir.

Tablo 3.1. Kodek ve çıkış bit hızı testlerinin MOS ve jitter değerleri

Kodek Tipi	Çıkış Bit Hızı	Kablosuz		Kablolu	
		MOS	Jitter	MOS	Jitter
H263	140 Kbps	1.3	88.6 ms	2.8	3.38 ms
	640 Kbps	3.3	1.84 ms	3	1.9 ms
	940 Kbps	3.6	0.65 ms	3	9.35 ms
MPEG4	140 Kbps	1.9	1.16 ms	2.6	3.8 ms
	640 Kbps	2.2	6.8 ms	2.7	16.7 ms
	940 Kbps	3.3	4.62 ms	3.1	3.1 ms
H264	140 Kbps	3.2	0.63 ms	2.2	5.46 ms
	640 Kbps	3.4	1.53 ms	3	1.72 ms
	940 Kbps	3.5	1.07 ms	3.5	0.5 ms

Ağ kullanımı ile ilgili yapılan testlerde, ağdaki yoğunluğun gerçek zamanlı iletim gerektiren uygulamalarda kaliteye doğrudan etki ettiği gözlemlenmiştir. Ağ yoğunluğunun az olduğu (%10 – %20 arasında) durumlarda video kalitesinin ve akıcılığının etkilenmediği fakat ağ yoğunluğunun %50 ve üzerinde olduğu durumlar, gerçek zamanlı paketlerin gönderiminin gecikmesi, paketlerin kaybolması söz konusu olduğu görüldü. Paket gecikmesi gerçek zamanlı iletilen görüntünün donmasına ve dolayısıyla akıcılığın bozulmasına sebep olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zaman ağ yoğunluğuna bağlı olarak, paketlerin çakışması ve yoğunluğa bağlı olarak internet kanalında kaybolması nedeniyle görüntü bütünlüğünün bozulduğu söylenebilir.

Ses ile ilgili testlerde kullanıcı deneyimi açısından 2. durumdaki ses kalitesinin 1. durumdaki ses kalitesinden önemli derecede iyi olduğu gözlemlenmiştir. 1. durumda yankı ve gürültü duyulurken, 2. durumda yankıda önemli ölçüde bir azalma ve ses netliğinde önemli bir artış gözlemlenmiştir. Wireshark analizlerine göre ise 1. durumda seste gecikme, sinyalin gerçekleşme süresinde artış (yankıdan dolayı) gözlemlenmiştir. 2. durumdaki sinyal grafiği ise aradaki gecikmenin ve sinyalin gerçekleşme süresinin düştüğünü göstermektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Video iletiminde çıkış bit hızı ve kodek tipinin kaliteyi dolayısıyla kullanıcı deneyimini doğrudan etkilediği anlaşılmaktadır. Kodek tiplerinde sıkıştırma oranı arttıkça kalitenin düşük çıkış bitine karşı olan hassasiyeti azalmakta olduğu gözlemlenmektedir. Çıkış bit hızı arttıkça gönderilebilen bilgi oranının da artması sonucunda video kalitesi de aynı oranda artış göstermektedir. Kodek tipine ek olarak ağda gözlemlenen jitter miktarı arttıkça video kalitesinin düştüğünün gözlemlenmesi de jitter seviyesinin video kalitesini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Genel anlamda bakıldığında her iki ağ türünde görüntü kalitesinde birbirine çok yakın değerler gözlemlenmesi kablosuz ağ teknolojisinin gerçek zamanlı uygulamalar açısından kablolu ağlara alternatif olarak görülebileceğini kanıtlamaktadır.

Ağdaki yoğunluğa göre video kalitesi testlerinde de görüldüğü üzere gerçek zamanlı iletim gerektiren uygulamaların kalitesinde bütünlük ve akıcılık en çok önemli rol oynamaktadır. Ağ yoğunluğu arttıkça akıcılık azalmakta ve paket kayıplarıyla beraber bütünlük bozulmaktadır. Dolayısıyla yoğun trafik altında çalışan gerçek zamanlı uygulamalar kaliteli bir hizmet sunmak için yeni mekanizmalar bulmak zorundadır.

Ses ile ilgili yapılan testlerin sonuçları, ses kalitesini arttırmada uygulamaların bulduğu çözümlerin IP teknolojisinin eksik kalan noktalarını doldurmada önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Rizo L., Roman., Rosales C. V., Munoz D., Jitter in IP networks: A cauchy approach, *IEEE Communications Letters*, DOI:10.1109/LCOMM.2010.02.090702.
- [2] Tutorialspoint, Wireless Communication - TCP/IP, Tutorialspoint, https://www.tutorialspoint.com/wireless_communication/index.htm, (Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2019).
- [3] Fiedler M., Popescu A., Yao Y., QoE-Aware Sustainable Throughput for Energy-Efficient Video Streaming, *6th IEEE International Conference on Big Data and Cloud Computing*, DOI: 10.1109/BDCloud-SocialCom-SustainCom.2016.78.
- [4] Zhang Y., Long H., Liu F., Wang W., A QoE-Aware Method for Energy Efficient Network Selection, *Communications and Information Technologies (ISCIT)*, DOI: 10.1109/ISCIT.2012.6381021.
- [5] Chen Y., Wu K., Zhang Q., From QoS to QoE: A Tutorial on Video Quality Assessment, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, DOI: 10.1109/COMST.2014.2363139.
- [6] Battisti F., Carli M., Paudyal P., QoS to QoE Mapping Model for Wired/Wireless Video Communication, *2014 Euro Med Telco Conference (EMTC)*, DOI: 10.1109/EMTC.2014.6996648.
- [7] Aguiar E., Riker A., Cerqueira E., Abele'm A., Mu, Braun T., Curado M., Zeadally S., *A real-time video quality estimator for emerging wireless multimedia systems*, Vol-20, Springer US, 1759–1776, 2014.
- [8] Rengaraju P., Lung C., Yu F. R., On QoE Monitoring and E2E Service Assurance In 4g Wireless Networks, *IEEE Wireless Communications*, DOI: 10.1109/MWC.2012.6272428.
- [9] Laghari K. R., Crespi N., Connelly K., Toward Total Quality of Experience: A QoE Model in a Communication Ecosystem, *IEEE Communications Magazine*, DOI: 10.1109/MCOM.2012.6178834.
- [10] Fiedler M., Hossfeld T., Tran-Gia P., A Generic Quantitative Relationship between Quality of Experience and Quality of Service, *IEEE Network*, DOI: 10.1109/MNET.2010.5430142.
- [11] Ke C., Shieh C., Hwang W., Ziviani A., *An Evaluation Framework for More Realistic Simulations of MPEG Video Transmission*, *Journal of Information Science and Engineering*, **24**(2), 425-440, 2008.
- [12] Engelke U., Zepernick H., Perceptual-based Q. M. for Image and Video Serv., *Next Generation Internet Networks*, DOI: 10.1109/NGI.2007.371215.

- [13] Engelke U., Zepernick H., Quality Evaluation in Wireless Imaging Using Feature-Based Objective Metrics, *Wireless Pervasive Computing*, DOI: 10.1109/ISWPC.2007.342631.
- [14] Eriksén S., Eliasson C., Fiedler M., Chevul S., Ekelin A., Mapping service quality – comparing quality of experience and quality of service for Internet-based map services, *ResearchGate*, OAI: oai:DiVA.org:lnu-4965.
- [15] Duhamel P., Kieffer M., Joint Source-Channel Decoding, *Proceedings of 30th Information Systems Research Seminar in Scandinavia, IRIS30*, DOI: 10.1016/C2009-0-19065-7.
- [16] Tekelioğlu Durali, Bilgisayar Ağları Archive, Bilişim Portalı, <https://www.duralitekelioglu.com/category/bilgisayar-aglari/>, (Ziyaret tarihi: 12 Aralık 2019).
- [17] Osso R., Summary, *Handbook of Emerging Communications Technologies: The Next Decade, 2000*, 1 edition, CRC Press, New York, 1-5, 1999.
- [18] Yılmaz E., Öztürk E., Yeni Nesil Kablosuz İletişim Teknolojileri Karşılaştırmalı Analizi, Zonguldak, 2005.
- [19] Torkul O., ENM 307 Yönetim Bilişim Sistemleri, SidePlayer, <https://slideplayer.biz.tr/slide/8632046/>, (Ziyaret tarihi: 13 Aralık 2019).
- [20] Öner M., Kablosuz Ağ Çeşitleri, Mühendistayfa, <https://muhendistayfa.com/elektrik-elektronik-muhendisligi/kablosuz-ag-cesitleri/>, (Ziyaret tarihi: 12 Aralık 2019).
- [21] Jalendry S., Verma S., A Detail Review on Voice over Internet Protocol (VoIP), *International Journal of Engineering Trends and Technology*, DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V23P232.
- [22] İTÜ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, IPv4 Header (Başlık) Yapısı, [https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/ipv4-header-\(başlık\)-yapisi/](https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/ipv4-header-(başlık)-yapisi/), (Ziyaret Tarihi: 2 Aralık 2019).
- [23] İTÜ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, TCP-IP Protokolü, <https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/tcp-ip-protokolu/>, (Ziyaret Tarihi: 2 Aralık 2019).
- [24] İTÜ Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, VoIP, <https://bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/voip/>, (Ziyaret Tarihi: 2 Aralık 2019).
- [25] Deveci M. S., IP Protokolü ve IP Datagram Yapısı, Ittutorial, <https://ittutorial.org/ip-protokolu-ve-ip-datagram-yapisi/>, (Ziyaret tarihi: 5 Aralık 2019).
- [26] Ibanez A., Design And Implementation Of Sip VoIP Adapter, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V23P232.

- [27] Schulzrinne H., Frederick R., Jacobson V., RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, *Internet Engineering Task Force RFC* , DOI: 10.17487/RFC1889.
- [28] Alajmi N. K. A., Aliwi H. S. H., Alieyan K., VoIP Protocols' Bandwidth Based-Mini/RTP Header Using Different Codecs: A Comparison, *Asian Journal of Scientific Research*, DOI: 10.3923/ajsr.2017.110.115.
- [29] Qisthi Al Hazmi H.R., Dr. Bheta Agus W., Implementation and Analysis Quality of Service Voice over IP on Wide Area Network, *ResearchGate*, DOI: 10.13140/RG.2.2.32212.09601.
- [30] Rosenberg J., SIP: Session Initiation Protocol, *Internet Engineering Task Force RFC*, DOI:<https://doi.org/10.17487/RFC3261>.
- [31] Zhai F., Katsaggelos A. K., Alan C. B., *Handbook of Image and Video Processing*, 2nd Edition, CRC Press, New York, 2005.
- [32] Arslan H., Aktarım Katmanı, Cumhuriyet Üniversitesi, Sideplayer, <https://slideplayer.biz.tr/slide/13932699/>, (Ziyaret tarihi: 15 Aralık 2019).
- [33] Badran, M., SIP vs H.323, Microsoft Documentation, <https://blogs.technet.microsoft.com/meacoex/2011/07/11/sip-vs-h-323/>, (Ziyaret tarihi: 1 Aralık 2019).
- [34] Vaishnav C., Voice over Internet Protocol (VoIP): The Dynamics of Technology and Regulation, *MIT Library* DOI: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/34533>.
- [35] Doğan D., Seferoğlu S. – *Mobil cihazlar ve eğitimde dijital dönüşüm*, 1. Baskı, Tojet, Türkiye, 27. Bölüm, 2015.
- [36] VoiceHost Advanced Telecommunications, Call Quality R Factor and MOS, VoiceHost, <https://www.voicehost.co.uk/help/call-quality-r-factor-and-mos>, (Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2019).
- [37] Goode B., Voice over Internet protocol (VoIP), SemanticScholar, [https://www.semanticscholar.org/paper/Voice-over-Internet-protocol-\(VoIP\)-Goode/76581508bb32d878d947912dd795379a35c8dcb7](https://www.semanticscholar.org/paper/Voice-over-Internet-protocol-(VoIP)-Goode/76581508bb32d878d947912dd795379a35c8dcb7), (Ziyaret tarihi:13 Aralık 2019).
- [38] Kazemitabar H., Ahmed S., Nisar K., Said A., Hasbullah H., A comprehensive review on VoIP over Wireless LAN networks, *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference*, DOI: <http://eprints.utp.edu.my/4529/>.
- [39] Millî Eğitim Bakanlığı, bilişim teknolojileri – kablosuz ağlar, *Millî Eğitim Bakanlığı*, DOI: 523EO0320.
- [40] 3CX, VoIP info – Causes of Echo, VoIP Info, <https://www.voip-info.org/causes-of-echo/>, (Ziyaret tarihi:13 Kasım 2019).
- [41] Hazmi Q., Wardijono B. A., Implementation and Analysis Quality of Service Voice over IP on Wide Area Network, *ResearchGate*, DOI: 10.13140/RG.2.2.32212.09601.

- [42] Desantis M., Understanding Voice over Internet Protocol (VoIP), US Cert, https://www.us-cert.gov/sites/default/files/publications/understanding_voip.pdf, (Ziyaret tarihi: 6 Kasım 2019).
- [43] Richardson E., *H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia*, 1st edition, Wiley, London, 2003.
- [44] Cisco, VoIP Fundamentals (Considering VoIP Design Elements) Part 1, Cisco, <http://what-when-how.com/cisco-voice-over-ip-cvoice/VoIP-fundamentals-considering-VoIP-design-elements-part-1/>, (Ziyaret tarihi: 7 Aralık 2019).
- [45] Romero A., Streaming Video Tips Keyframes Interframe Video Compression, IBM, (Ziyaret tarihi: 7 Ekim 2019).
- [46] Shaw C., Jitter In Networking, ExtraHop, <https://www.extrahop.com/company/blog/2018/jitter-and-jitter-buffers-definition-optimization/>, (Ziyaret tarihi: 7 Aralık 2019).
- [47] Ismail M. N., Analyzing of MOS and Codec Selection for Voice over IP Technology, *Ann. Univ. Tibiscus Comp. Sci. Series VII*, DOI: arXiv:0906.0845.
- [48] Osler D., From VoIP to Unified Communications and WebRTC, Wildix Blog, <https://blog.wildix.com/choosing-audio-codecs/>, (Ziyaret tarihi: 5 Aralık 2019).
- [49] Sun L., Mkwawa I., Jammeh E., Ifeachor E., *Guide to Voice and Video over IP: For Fixed and Mobile Networks*, ACM DL, New York, 2013.
- [50] Adrian F., Kaufmann M., *The Internet and Its Protocols: A Comparative Approach*, 1st edition, Elsevier, 2004.
- [51] Mazurczyk W., Szczypiorski W., Convert Channels in SIP for VoIP signalling, *Arxiv*, arXiv: 0805.3538.



Ek- A

Kablosuz ve kablolu ağlardaki kodek ve çıkış bit hızı testlerinin görüş puanlarının detayları aşağıdaki gibidir (bkz. Tablo A.1)

Tablo A.1. Kodek- çıkış bit hızı testlerinin görüş puanları

İsim	Akış Hızı	Kodek	Kablosuz MOS	Kablolu MOS
Kullanıcı 1	140 Kbps	H263	2	3
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		3	2
	140 Kbps	MPEG4	2	3
	640 Kbps		2	2
	940 Kbps		3	2
	140 Kbps	H264	3	2
	640 Kbps		3	2
	940 Kbps		2	3
Kullanıcı 2	140 Kbps	H263	2	2
	640 Kbps		4	3
	940 Kbps		4	3
	140 Kbps	MPEG4	3	2
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		4	3
	140 Kbps	H264	3	2
	640 Kbps		4	3
	940 Kbps		4	4
Kullanıcı 3	140 Kbps	H263	1	3
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		4	3
	140 Kbps	MPEG4	2	2
	640 Kbps		2	3
	940 Kbps		4	4
	140 Kbps	H264	2	2
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		3	4
Kullanıcı 4	140 Kbps	H263	1	2
	640 Kbps		4	2
	940 Kbps		3	2
	140 Kbps	MPEG4	2	2
	640 Kbps		3	2
	940 Kbps		3	3

Tablo A.1. (Devam) Kodek- çıkış bit hızı testlerinin görüş puanları

İsim	Akış Hızı	Kodek	Kablosuz MOS	Kablolu MOS
Kullanıcı 4	140 Kbps	H264	3	2
	640 Kbps		5	2
	940 Kbps		4	2
Kullanıcı 5	140 Kbps	H263	2	4
	640 Kbps		4	4
	940 Kbps		4	4
	140 Kbps	MPEG4	2	3
	640 Kbps		2	3
	940 Kbps		3	3
	140 Kbps	H264	4	3
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		3	4
Kullanıcı 6	140 Kbps	H263	1	3
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		4	3
	140 Kbps	MPEG4	2	3
	640 Kbps		2	4
	940 Kbps		3	4
	140 Kbps	H264	4	2
	640 Kbps		4	4
	940 Kbps		5	4
Kullanıcı 7	140 Kbps	H263	1	4
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		4	3

Tablo A.1. (Devam) Kodek- çıkış bit hızı testlerinin görüş puanları

İsim	Akış Hızı	Kodek	Kablosuz MOS	Kablolu MOS
Kullanıcı 7	140 Kbps	MPEG4	2	4
	640 Kbps		2	3
	940 Kbps		4	3
	140 Kbps	H264	4	3
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		2	3
Kullanıcı 8	140 Kbps	H263	1	2
	640 Kbps		3	2
	940 Kbps		4	3
	140 Kbps	MPEG4	2	4
	640 Kbps		2	2
	940 Kbps		3	3
	140 Kbps	H264	4	3
	640 Kbps		3	2
	940 Kbps		3	3
Kullanıcı 9	140 Kbps	H263	1	3
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		3	3
	140 Kbps	MPEG4	1	3
	640 Kbps		2	2
	940 Kbps		3	3
	140 Kbps	H264	3	2
	640 Kbps		3	3
	940 Kbps		5	5
	Kullanıcı 10	140 Kbps	H263	1
640 Kbps		3		3
940 Kbps		3		3
140 Kbps		MPEG4	1	2
640 Kbps			2	2
940 Kbps			3	3
140 Kbps		H264	2	2
640 Kbps			3	4

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Kanatlı S.**, Yiğit H., Kablosuz Ağlarda IP üzerinden Çoklu Ortam İletiminde Kullanıcı Deneyimi Kalitesi, *Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu (UMAS 2019) Düzce*, 05-07 Eylül 2019.
- [2] Dushi P., Billa A., **Kanatlı S.**, Kurt K. G., İşbirlikli Haberleşme ile Telsiz Video İletiminde Servis Kalitesinin Arttırılması, *Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU 2019) Sivas*, 24-26 Nisan 2019.



ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Hatay'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Hatay'da tamamladı. 2010 yılında girdiği Gaziantep Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünden Ocak 2015'te bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Şubat 2015'te İstanbul'da yazılım geliştirme mühendisi olarak işe başladığı telekomünikasyon sektöründe öncü firmalardan biri olan Netaş'ta halen çalışmaya devam etmektedir. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek Lisans kapsamında IP üzerinden çoklu ortam iletiminde kalite ölçümleri konusunda tez çalışmalarında bulundu.

