

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KONUTA BAĞLANTILI FİBER HATLARI İÇİN İNTERNET PROTOKOLÜ
ÜZERİNDEN SES İLETİŞİMİNDEKİ KALİTE SORUNLARININ ANALİZİ**

Mustafa Aytac KARAMAN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2013**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONUTA BAĞLANTILI FİBER HATLARI İÇİN İNTERNET PROTOKOLÜ ÜZERİNDEN SES İLETİŞİMİNDEKİ KALİTE SORUNLARININ ANALİZİ

Mustafa Aytaç KARAMAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Aykut KALAYCIOĞLU

Konuta bağlantılı fiber hattı, fiber optik iletiminin son kullanıcı cihazına kadar erişim altyapısının oluşturulmasıyla sağlanmaktadır. Fiber erişiminin konuta kadar ulaşmasıyla esnek, yeni teknolojilere uyumlu ve üstün kapasitesiyle tüm servis ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir altyapı sunulmaktadır. Konuta bağlantılı fiber teknolojisinin yüksek bant genişliği kapasitesi sunması sayesinde internet uygulamalarıyla hızlı bir şekilde entegre olmuştur. İnternet uygulamaları ile fiber altyapısının yakınsaması neticesinde internet protokolü üzerinden ses iletimi sağlanmıştır. Fakat internet protokolü üzerinden sesin iletimi veri iletimi gibi olmayıp gerçek zamanlı bir iletişim gerektirdiğinden internet protokolü yapısı gereği iletim süresince birtakım problemlerle karşılaşmaktadır.

Bu tezde ilk olarak aktif ethernet ve pasif ethernet olarak iki tip konuta bağlantılı fiber altyapısı üzerinden uygulamalı olarak ses trafiği, veri iletimi şeklinde gerçekleştirilmiş ve ses iletimindeki kalite değerleri analiz edilmiştir. Titreme, paket kaybı ve gecikme kalite değerlerinin daha az etkilenecek şekilde iletilmesi amacıyla konuta bağlantılı fiber altyapısı içerisinde sanal yerel alan ağı, çok protokollü etiket anahtarlama altyapısında da sanal özel ağ konfigürasyonu ve iki çeşit ses kodek seçimi yapılarak testler tekrarlanmış ve kalite değerlerinde iyileşmeler olduğu gözlemlenmiştir.

Temmuz 2013, 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: VoIP, FTTH, QoS, paket kaybı, gecikme, titreme, GPON, VLAN, VPN

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF VOICE QUALITY PROBLEMS FOR VOICE OVER INTERNET PROTOCOL IN FIBER TO THE HOME CONNECTIONS

Mustafa Aytaç KARAMAN

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

Advisor : Asst. Prof. Dr. Aykut KALAYCIOĞLU

Fiber to the home network is a residential communications infrastructure where fiber optic cables run all the way to the subscriber premises. As fiber moves towards the home, it brings the promise of flexible, future-proof, full service network platform with potentially unlimited capacity. The emergence of fiber to the home technology which offers high bandwidth will result in the convergence of the Internet and the fiber networks which will further stimulate the growth of Voice over Internet Protocol (VoIP). However, VoIP faces many problems mainly because of the nature of IP networks which were built to transport non-real-time data unlike voice.

This thesis analyzes factors affecting the voice quality of VoIP between active ethernet and passive ethernet fiber to the home infrastructure's end terminal to core exchange office while voice sends over internet traffic like as data. Further, selection two types of codec and implementation VLAN and VPN solutions to lessen the effects of factors which are packet loss, delay and jitter, are presented and finally these suggestions are analyzed.

July 2013, 63 pages

Key Words: VoIP, FTTH, QoS, packet loss, delay, jitter, GPON, VLAN, VPN

TEŐEKKÖR

Çalıőmam süresince ilgi ve desteklerini esirgemeyen Danıőmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Aykut KALAYCIOĞLU'na ve aileme teşekkür ediyorum.

Mustafa Aytaç KARAMAN

Ankara, Temmuz 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Konuta Bağlantılı Fiber Yapısı.....	5
2.1.1 FTTX yapısı ve çeşitleri.....	5
2.2 İnternet.....	12
2.2.1 İletim denetim protokolü.....	16
2.2.2 Kullanıcı veri bloğu iletişim protokolü	18
2.3 İnternet Üzerinden Ses İletim Mimarisi.....	23
2.3.1 Oturum başlatma protokolü.....	24
2.4 İnternet Üzerinden Sesin Kalitesi ve Servis Kalitesine Etki Eden Parametreler.....	29
2.4.1 Servis kalitesi.....	30
2.4.2 Servis kalitesine etki eden parametreler.....	32
3. SES KALİTESİNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN TEST VE ÖLÇÜMLER ANALİZİ.....	38
3.1 Kullanılan Test Programı.....	38
3.2 Yapılan Çağrı Örnekleri ve Bulguları.....	41
4. SONUÇ.....	54
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	63

KISALTMALAR DİZİNİ

ACK	SIP Onay Mesajı
APON	ATM Pasif Optik Şebeke
C RTP	Sıkıştırılmış Gerçek Zamanlı İletim Protokolü
DNS	Alan Adı Sunucusu
DTMF	Çift Ton Çoklu Frekans
EPON	Ethernet Pasif Optik Şebeke
ETSI	Avrupa Haberleşme Standartları Enstitüsü
FTA	Fiber Toplama Anahtarı
FTTB	Binaya Bağlantılı Fiber Hattı
FTTH	Konuta Bağlantılı Fiber Hattı
FTP	Dosya Transfer Protokolü
FXO	Yabancı Santral Ofis
FXS	Yabancı Santral İstasyon
GPON	Gigabit Pasif Optik Şebeke
GW	Ağ Geçidi
HGW	Ev Ağ Gecidi
HTTP	Bağlantılı Metin Aktarım Protokolü
IAD	Entegre Erişim Cihazı
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IETF	İnternet Mühendisliği Görev Gücü
INVITE	SIP Davet Mesajı

IP	İnternet Protokolü
ITU	Uluslararası Haberleşme Birliği
ISDN	Bütünleştirilmiş Sayısal Ağ Hizmeti
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
KTA	Kenar Toplama Anahtarı
MDU	Toplu Yaşam Üniteleri
MGCP	Veri Ağgeçidi Kontrol Protokolü
MPLS	Çoklu Protokol Etiket Anahtarlama
NAT	Ağ Adres Dönüştürücüsü
OLT	Optik Hat Terminali
ONT	Optik Ağ Terminali
OSI	Açık Sistemler Bağlantısı
PSTN	Kamu Anahtarlama Telefon Şebekesi
QOS	Servis Kalitesi
RFC	Yorumlar için Talep
RTP	Gerçek Zamanlı İletim Protokolü
RTCP	Gerçek Zamanlı İletim Kontrol Protokolü
RTSP	Gerçek Zamanlı İletim Yayın Protokolü
SBC	Oturum Sınır Kontrolü
SDP	Oturum Tanımlama Protokolü
SNMP	Basit Ağ Yönetimi Protokolü
SIP	Oturum Başlatma Protokolü
TCP	İletim Denetim Protokolü

TTL	Yaşam süresi
UDP	Kullanıcı Veri Bloğu İletişim Protokolü
VLAN	Sanal Yerel Alan Ağı
VPN	Sanal Özel Ağ
VRF	Sanal Yönlendirme Aktarma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Fiber yapısının ulaşım metotlarına göre isimlendirilmesi.....	6
Şekil 2.2	Fiber erişim tipleri.....	7
Şekil 2.3	FTTH topoloji çeşitleri.....	8
Şekil 2.4	FTTH aktif ethernet yapısı.....	9
Şekil 2.5	FTTH pasif ethernet yapısı.....	10
Şekil 2.6	GPON dalga boyları.....	11
Şekil 2.7	Gigabit pasif optik şebeke dalga boyu planlaması.....	12
Şekil 2.8	İletim kontrol protokolü /internet protokolü iletim yapısı.....	16
Şekil 2.9	Çoklu protokol etiket anahtarlama yapısı.....	22
Şekil 2.10	Yönlendirici üzerinde sanal yönlendirici yapısı.....	23
Şekil 2.11	Oturum Başlatma Protokolü üçlü el sıkışma yapısı.....	25
Şekil 3.1	Wireshark programı ses örneği.....	39
Şekil 3.2	Wireshark programında ses paketlerinin grafiksel gösterimi.....	40
Şekil 3.3	Wireshark programı ses paketleri.....	40
Şekil 3.4	Santral bileşenleri ve IP/MPLS bağlantısı.....	42
Şekil 3.5	Dallandırıcı.....	43
Şekil 3.6	Pasif ethernet test yapısı.....	44
Şekil 3.7	Pasif ethernet fiber altyapı ve internet üzerinden test topolojisi.....	45
Şekil 3.8	Pasif ethernet ses VLAN'ı tanımlı fiber altyapı ve VPN üzerinden ses iletimi test topolojisi.....	47
Şekil 3.9	Aktif ethernet test yapısı.....	49
Şekil 3.10	Aktif ethernet fiber altyapı ve internet üzerinden test topolojisi.....	50

Şekil 3.11	Ses VLAN'ı tanımlı aktif ethernet fiber altyapı ve VPN üzerinden ses iletimi test topolojisi.....	51
Şekil 3.12	Genel test topolojisi.....	53
Şekil 4.1	İletim protokolleri karşılaştırması.....	56
Şekil 4.2	VLAN sayısının arttırılmasının avantajı.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Potansiyel ihtiyaç duyulacak bant genişlikleri.....	5
Çizelge 2.2	Açık sistem mimarisi ve iletim kontrol protokolü / internet protokolü katman eşleştirmesi.....	14
Çizelge 2.3	İletim denetim protokolü paket yapısı	17
Çizelge 2.4	Kullanıcı veri bloğu iletişim protokolü paket yapısı.....	18
Çizelge 2.5	İnternet protokolü paket yapısı.....	19
Çizelge 2.6	Ethernet paket yapısı.....	20
Çizelge 2.7	Oturum Başlatma Protokolü metotları ve tanımları.....	26
Çizelge 2.8	Oturum Başlatma Protokolü cevapları.....	26
Çizelge 2.9	Örnek Oturum Başlatma Protokolü INVITE mesajı.....	27
Çizelge 2.10	Örnek Oturum Başlatma Protokolü OK cevabı.....	28
Çizelge 2.11	ITU G.114 gecikme değerleri.....	33
Çizelge 2.12	Ses paketine eklenen başlıklar ve uzunlukları.....	34
Çizelge 2.13	Paketleme gecikmesi test sonuçları.....	35
Çizelge 2.14	Kodek karakteristikleri.....	36
Çizelge 2.15	Farklı hat hızlarına ait sıralama gecikmeleri.....	36
Çizelge 3.1	Pasif ethernet fiber altyapı ve internet üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri.....	46
Çizelge 3.2	Pasif ethernet ses VLAN'ı tanımlı fiber altyapı ve VPN üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri.....	47
Çizelge 3.3	Pasif Ethernet ses VLAN'ı tanımlı fiber altyapı ve VPN üzerinden G.729 kodla yapılan testte paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme değeri ve ortalama titreme değerleri.....	48
Çizelge 3.4	Aktif ethernet fiber altyapı ve internet üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri.....	50

Çizelge 3.5	Ses VLAN'ı tanımlı aktif ethernet fiber altyapı ve VPN üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri.....	51
Çizelge 3.6	Ses VLAN'ı tanımlı fiber altyapı ve VPN üzerinden G.729 kodukle yapılan testte paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri.....	52
Çizelge 4.1	Pasif ethernet test sonuçları.....	54
Çizelge 4.2	Aktif ethernet test sonuçları.....	54
Çizelge 4.3	Pasif ethernet paket kaybı oranları.....	55
Çizelge 4.4	Aktif ethernet paket kaybı oranları.....	55
Çizelge 4.5	Pasif ethernet gecikme değerleri.....	56
Çizelge 4.6	Aktif ethernet gecikme değerleri.....	56
Çizelge 4.7	Pasif ethernet G.729 gecikme değerleri.....	57
Çizelge 4.8	Aktif ethernet G.729 gecikme değerleri.....	57
Çizelge 4.9	Pasif ethernet titreme değerleri.....	58
Çizelge 4.10	Aktif ethernet titreme değerleri.....	59
Çizelge 4.11	Ses kalite değerleri.....	59

1. GİRİŞ

Ağ teknolojisinin ilerlemesinin hızlı bir şekilde olması, bu teknolojiye yararlanmak isteyen kullanıcıların sayısının ve dolayısıyla uygulamalardaki çeşitliliklerin artmasına sebep olmuştur. Kullanıcı tarafından talep edilen isteklerin ayrı yapılar üzerinden kullanılması, tek bir altyapının desteklemiyor olması, yatırımcı tarafından ve kullanıcı tarafından maliyetli olması sebeplerinden ötürü kullanım kolaylığı getirmemektedir. Bu durum ses, veri ve video gibi çoklu ortam verilerinin tek bir platform üzerinden iletilmesini sağlayacak internet protokolü üzerinden ses haberleşmesinin geliştirilmesine sebep olmuştur.

Günümüzde kullanıcı taleplerinin artmasıyla her bir uygulamanın bir kapasite ihtiyacından ötürü olduğu görülmekte ve bu durum daha fazla bant genişliği gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Bant genişliğinin saniyede iletilen bit sayısı olarak tanımlanması ve her uygulamanın belli bir iletim bit sayısına sahip olması sebebiyle erişim için ayrılan bant genişliğinin en az tüm uygulamaların saniyede ihtiyaç duydukları iletim kapasitesinin toplamı kadar olması gerekmektedir. Bant genişliğinin ilgili talebi karşılayamaması durumunda uygulamalara ait servis kalite değerleri azalacaktır.

Bant genişliği kullanıcı tarafına sunulan erişim alt yapısı ile değişmektedir. Konuta bağlantılı fiber erişimi mevcutta istenen ve ileride desteklenecek şekilde geliştirilen bir alt yapıya sahiptir. İletişimin sadece Kamu Anahtarlama Telefon Şebekesi üzerinden sağlandığı zamanlarda bant genişliği en fazla 64Kbps desteklemekteydi. Daha sonra gelişen Bütünleştirilmiş Sayısal Ağ Hizmetinde bu değer 128 Kbps'a çıkartılmış fakat artan uygulamalar ve ihtiyaç duyulan iletim hızının artması neticesinde fiber erişim metodu günümüzde ve gelecekte en uygun alt yapıyı sağlayacak biçimde hızla gelişmektedir.

PSTN altyapısı üzerinden yapılan uzak mesafe görüşmeleri maliyeti arttırmakta ve yüksek bant genişliği ihtiyacı duyan video gibi yüksek iletim hızı gerektiren uygulamaları desteklememektedir. Fakat ses iletimi kaliteli bir şekilde sağlanmaktadır. Çünkü PSTN şebekelerinde ses iletimi kurulacağı zaman önce sinyalleşme ile karşı

tarafın yeri santraller vasıtasıyla bulunduktan sonra çalma sesi başladığı anda sadece ses iletiminin erişimine açık bir biçimde tüm santraller üzerinde atanmış bir kanal üzerinden uçtan uca bir devre kurulmaktadır. Devre anahtarlama yapıya sahip olan PSTN'de ses daha düşük gecikme, titreme ve sabit bir bant genişliğine sahip olmaktadır. Bu durum internet protokolü üzerinden verilecek VOIP hizmetinin, PSTN altyapısı üzerinden iletilen ses iletimindeki kabul edilmiş kalite değerlerine yakın olması gerektiğini göstermektedir.

PSTN altyapısına ilave olarak internet gibi veri trafiği için ayrı şebekeler oluşturulmuştur. Örneğin internet ihtiyacı için metro ethernet gibi bir fiber erişim alt yapısı oluşturulurken ses için ayrı olarak bir bakır PSTN alt yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde artık büyük siteler, organize sanayileri gibi toplamda yüksek bant genişliği ihtiyacının olacağı düşünülen yerlere tek bir fiber teknolojisi alt yapısı kurulmaktadır. Alt yapının fiber teknolojisi ile ileriye yönelik yatırımın yapılması sonrası ses için ayrı bir PSTN alt yapısının kurulması maliyet ve iş yükü getirecektir. Gelişen teknoloji sayesinde internet ağının genişlemesi ve hızlanması, ses sıkıştırma ve işleme metotlarının gelişmesi, internet kullanma oranlarının artması sesin internet protokolü üzerinden taşınabilir hale gelmesini mümkün kılmıştır. Böylece ses ve veri iletimi için tek bir kablolu altyapısı kurulmuştur. Bu sayede analog bir sinyal olan ses, dijital bir bilgi haline gelmekte ve bu bilgileri veri paketlerinin de kullandığı ortak bir iletim hattı üzerinde gideceği noktaya ulaştırmak mümkün olmaktadır (Varshney 2002).

IP şebekesi üzerinden ilk ses iletimi 1995'lerde modemlerin 14.4kbps bant genişliğine sahip olması ve 8 kbps'lik kodeklerin kullanılabilir hale gelmesiyle gerçekleşmiştir. İlk VoIP uygulaması 1996 CTI dergisinde çağrı merkezi uygulaması olarak yayınlanmıştır. 1996'da VOIP standardı kabul edilmiştir ve ağ geçitlerinin de gelişmesiyle günümüzdeki hale gelmiştir. Günümüzde yaygın kullanılan iki adet VOIP standardı mevcuttur: H.323 ve Oturum Başlatma Protokolü'dür (http://en.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP, 2013). Bu protokoller arasında en gelişmiş ve halen daha gelişmeye açık olan protokol Oturum Başlatma Protokolü'dür. SIP internet protokolü üzerinden ses ve görüntü oturumlarını başlatan, yöneten ve sonlandıran bir VOIP sinyalleşme protokolüdür. IETF RFC 3261 olarak yayınlanmış ve

standartlaşmıştır (<http://www.ietf.org/rfc/rfc3261>, 2002). SIP protokolünün temel olarak entegrasyon, ölçeklenebilirlik, geliştirilebilirlik, esneklik ve hareket serbestliği gibi avantajları mevcuttur (He 2007).

Konuta bağlantılı fiber erişimi üzerinden verilecek ses hizmetinde en önemli ölçüt servis kalitesidir. Servis kalitesi, ortak bir hat üzerinden iletilen verilerin sınıflandırılması ve bu şekilde kullanıcıya göre önem taşıyan verilerin öncelikli ve kayıpsız bir şekilde iletilmesini sağlamak amacıyla kullanılan bir özelliktir. Tüm ağ yapısını kapsayacak şekilde arayan ve aranan taraf arasında gerçekleştirilecek iletim hattı boyunca ses paketlerinin geçtiği tüm anahtar , yönlendirici ve ağ geçidi üzerinde servis kalitesi desteğinin olması ve tanımlanması gerekmektedir. Servis kalitesi ile, ses iletimine olumsuz etkisi olan gecikme, titreme ve paket kaybı gibi durumların etkisinin azaltılması hedeflenmiştir.

Bu tezde bölüm 2.1’de konuta bağlantılı fiber erişim metotlarının yapısı incelenmiş, aktif ethernet ve pasif ethernet olan iki tip fiber altyapısı konusunda bilgi verilmiştir. Bölüm 2.2’de internet protokolü üzerinden iletilecek ses haberleşmesi için paket anahtarlama bir iletim sistemi olan internet yapısı protokol kümesi ve katmanları ile detaylıca açıklanmıştır. SIP sinyalleşmesi kullanan ses haberleşmesinin IP ortamı üzerinden iletimi ise bölüm 2.3’de açıklanmış ve servis kalitesine etki eden parametreler bölüm 2.4’de detaylandırılmıştır. Türk Telekom test sahasında yapılan testlerin topolojisi kullanılan cihazlar ve ölçüm yapılan programa dair bilgiler bölüm 3’de verilmiştir. Üç farklı senaryo ve iki farklı fiber altyapı üzerinden yapılan ilk analizlerde paket kaybı, titreme ve gecikme değerleri gözlemlenmiştir. Konuta bağlantılı fiber altyapıları üzerinde sanal yerel alan ağı, çok protokollü etiket anahtarlama altyapısında da sanal özel ağ konfigürasyonu ile tünelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Alınan ikinci sonuçlarda paket kaybı, titreme ve gecikme değerleri ilk analizde bulunan tünel yapısı olmaksızın iletilen değerler ile karşılaştırılmış ve daha iyi sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Tünel yapısı üzerinden yapılan üçüncü analizde ise iki çeşit ses kodek seçimi ile yapılan sonuçların karşılaştırılmasıyla ses tüneline uygun kodek tipine ilişkin bulunan sonuçlar yorumlanmıştır. Son olarak bulunan sonuçlar aynı çalışma alanına sahip diğer tez analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Gelecek çalışmada ses tüneli olmaksızın internet trafiği üzerinden ses iletiminin kaliteli bir şekilde sağlanabilmesi için ağ boyunca ses paketlerine öncelik tanıyacak konfigürasyonun yapılması ile altyapı üzerinden testler yapılacak ve elde edilecek sonuçlar bu tezde yapılan ses tüneli üzerindeki ses iletimindeki sonuçlar ile karşılaştırılarak ses paketlerinin en az kayıplı, en az gecikme ve en az titreme değerleriyle yorumlanması sağlanabilecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Konuta Bağlantılı Fiber Yapısı

Yüksek hızlı internete olan talebin artmasıyla mevcut bakır erişim şebekesi bu ihtiyacı karşılama konusunda kısıtlı kalmıştır. İnternet uygulamalarının yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyması, üçü bir arada servisleri kapsamında sunulan internet, internet televizyon ve sesin aynı altyapı üzerinden sağlanması nedenleriyle 155Mbps'den 2.5Gbps'e kadar alışı ve 155 Mbps'dan 1 Gbps'a kadar veri aktarım hızlarını destekleyen eve kadar fiber şebekesine ihtiyaç duyulmuştur (Verma 2011).

Konuta bağlantılı fiber yapısı üzerinde sağlanabilecek bir takım uygulamalar ve gereksinim duyduğu potansiyel bant genişliği ihtiyacı çizelge 2.1'de gösterilmektedir. Bu doğrultuda bir ev kullanıcısının ihtiyaç duyabileceği potansiyel bant genişliği yaklaşık 33.5 Mbps olacaktır (Shaik vd. 2008).

Çizelge 2.1 Potansiyel ihtiyaç duyulacak bant genişlikleri

Uygulama	İhtiyaç Duyulan Bant genişliği (Mbps)
1 yüksek çözünürlüklü video oturumu	20
2 standart video oturumu	7
1 web uygulama oturumu	1
İnternet uygulamaları	1
1 İnternet Oyun oturumu	2
2 video konferans oturumu	2
4 yüksek kalite ses oturumu	0.5
Toplam	33.5

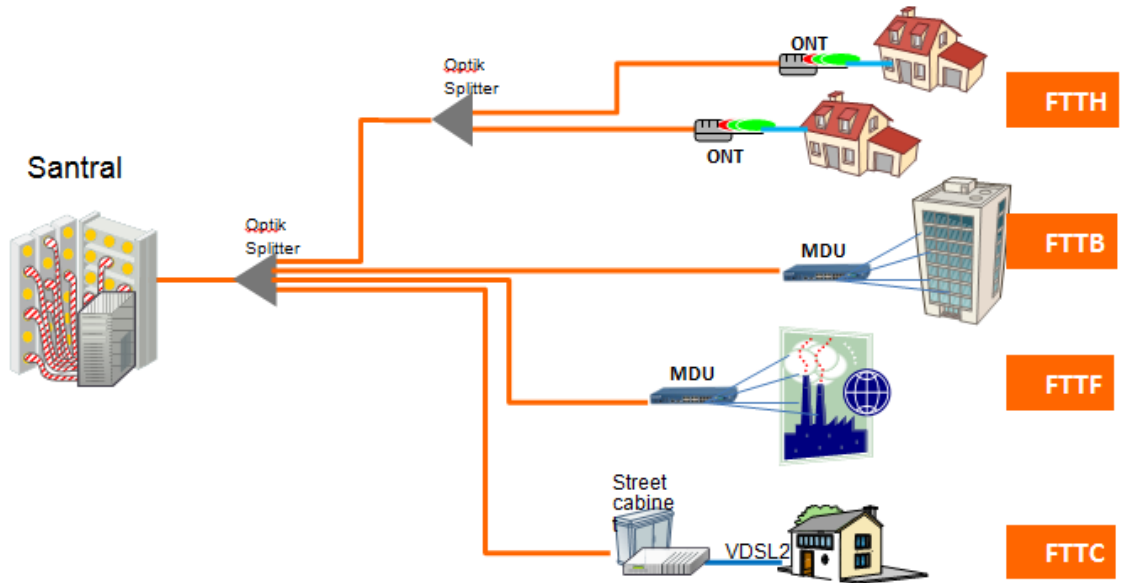
2.1.1 FTTX yapısı ve çeşitleri

Fiber, yapısı itibarıyla yüksek bant genişliği ihtiyacının karşılanmasında en uygun erişim metodu olarak önem kazanmaktadır. Mevcutta bakır PSTN hizmetinde belli bir veri hızı ile iletim sağlanabilirken, fiber teknolojisi ile bu veri hızı gigabaytlar seviyesine ulaşmaktadır. İlk yatırım maliyetinin fazla olması fakat ileriye yönelik

tasarruf sağlaması sebebiyle fiber erişimi toplu konutlar, siteler ve organize sanayi bölgelerinde operatörler tarafından tercih edilmektedir (Malik vd. 2012).

Fiber şebekesinin eriştiği lokasyona göre hizmet adı değişmektedir ve bu durum şekil 2.1’de gösterilmektedir.

- FTTC, “Fiber To The Curb” Kaldırıma Kadar Fiber anlamına gelmektedir. Mevcut bakır altyapısına sahip lokasyonlar için uygundur.
- FTTB, “Fiber To The Building” Binaya Kadar Fiber anlamına gelmektedir. Yüksek katlı geniş apartmanlara sahip lokasyonlar için uygundur.
- FTTH, “Fiber To The House”, Eve Kadar Fiber anlamına gelmektedir. Özellikle yeni yerleşim yerlerinin olduğu alanlar için uygundur.
- FTTN, “Fiber To The Node”, Uç’a Kadar Fiber anlamına gelmektedir.



Şekil 2.1 Fiber yapısının erişim metotlarına göre isimlendirilmesi

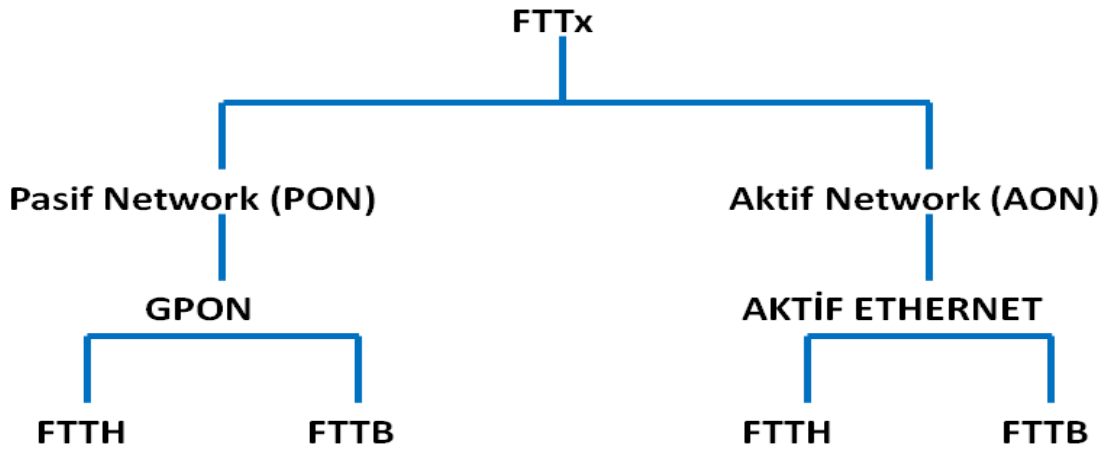
Fiber erişim tipi aktif ethernet ve pasif ethernet olacak şekilde iki farklı altyapı tipi ile sağlanmaktadır ve şekil 2.2’de gösterilmektedir. Aktif mimari noktadan noktaya pasif optik ağ mimari ise noktadan çok noktaya olarak da isimlendirilir. Pasif ethernet olarak gigabit pasif optik şebeke ismi de kullanılmaktadır (Jay vd. 2011). Pasif ethernetin en

büyük avantajı uç cihaz dışında herhangi bir enerji ihtiyacına gerek duymaması ve altyapı maliyetlerinin düşük olmasıdır.

Aktif ethernet ya da pasif ethernet şebekesinin seçimini etkileyen maliyet, her iki yapıda da şebekenin servise verilmeden önceki kurulum maliyetleri ile yeni abonelere bağlantı sağlama maliyetleri olarak değerlendirilmektedir. Maliyet dışında dikkate alınması gereken faktörler de bulunmaktadır:

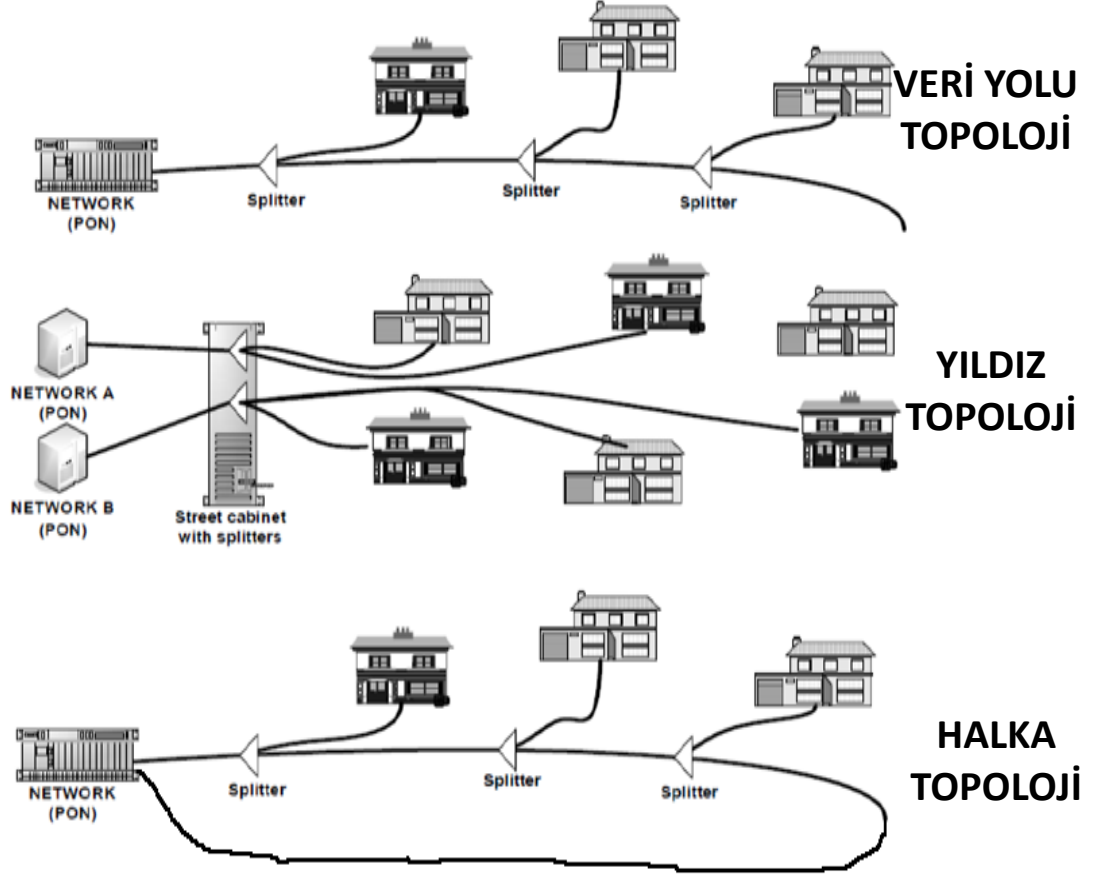
- Ulaşım şekli ve imkânlar; noktadan noktaya, noktadan çok noktaya, kullanıcı kullanım oranı
- Alım Oranı; çoklu servislerinin tercih edilmesi
- İnşaat işleri; noktadan noktaya bağlantılar için daha fazla fiber ve daha fazla fiber tüpü, daha kalın kablolar gerekecektir.
- Güvenlik; Ağ katmanındaki güvenlik seviyesidir

Bu etkenler göz önüne alındığında hem aktif şebeke yapısı hem de pasif şebeke yapısının ortak amacı ileriye dönük kullanıcı ihtiyaçlarını, işlevsellik, bant genişliği ve genişleyebilirlik bakımından ortak bir yapı içerisinde karşılamaktadır (Gupta 2010).



Şekil 2.2 Fiber erişim tipleri

Farklı Fiber erişim topolojileri mevcuttur. Veri yolu (Bus), yıldız (Star) ve halka (Ring) olarak şekil 2.3’de belirtildiği üzere 3 farklı topoloji ve bu topolojilerin birden fazlası tercih edilerek oluşturulacak ihtiyaca özgü topolojiler mevcuttur.

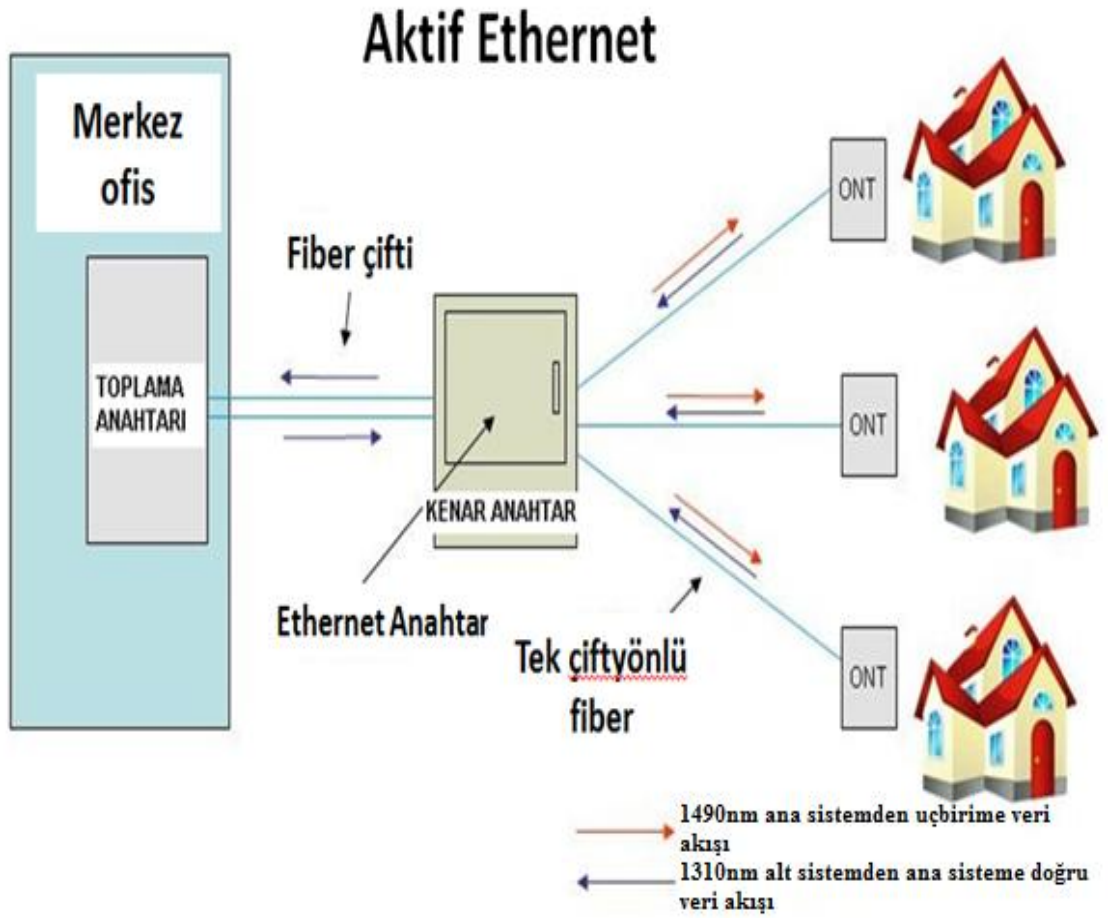


Şekil 2.3 FTTH topoloji çeşitleri

Aktif Ethernet

Aktif Ethernet veri trafiği ethernet tabanlıdır ve IEEE 802.3ah standartları çerçevesinde tanımlanmıştır. Şebeke yapısı olarak şekil 2.4’de gösterildiği gibi kullanıcı trafiği ethernet anahtar ile toplanarak toplama merkezi üzerinden çoklu protokol etiket anahtarlama ağı fiber optik kablo üzerinden aktarılmaktadır. Toplama merkezi anahtarı ve müşteri trafiği anahtarı arasında ana sistemden uç birime veri akışı ve alt sistemden ana sisteme doğru veri akışı için 1 çift yani 2 fiber kılı kullanılmaktadır. Mesafe olarak santrale 10, 40, 70 km uzaklıktaki müşterilere servis verilebilmektedir.

Konuta bağlantılı fiber erişimi merkez ofisin yer aldığı toplama anahtarından başlayarak son kullanıcı cihazına kadar bir adet fiber çifti ile ulaşmaktadır. Toplama anahtarından dağıtımın tasarımda netleştiği ve genelde toplu konut girişlerinde yer alan kenar anahtara kadar bir fiber çifti ile fiziksel erişim sağlanmaktadır. Kenar anahtarından her bir konuta kadar ayrı ayrı fiziksel fiber erişimi sağlanmakta ve optik ağ terminalinde sonlanmaktadır.



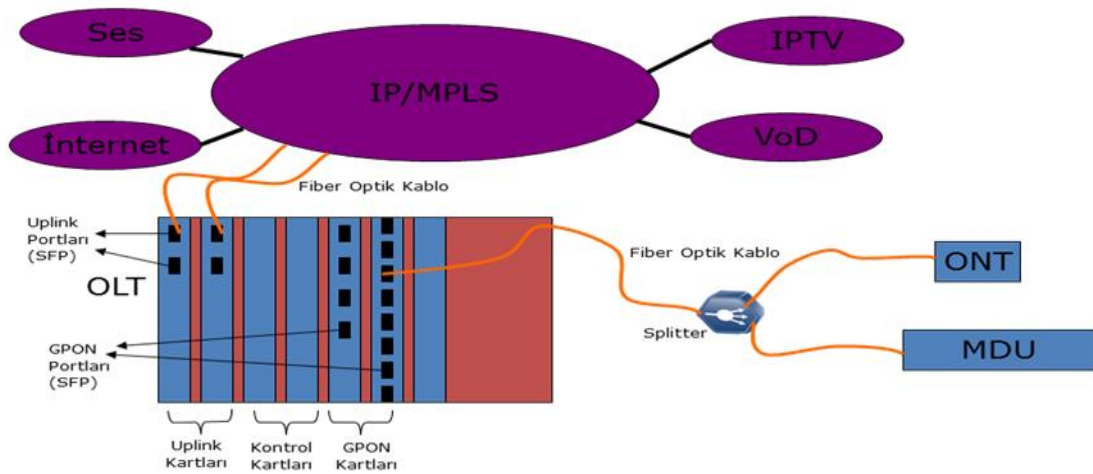
Şekil 2.4 FTTH aktif ethernet yapısı

Atanmış bir fiber yapısı kullanıldığı için ve gelen verileri yönlendirme yapabilme yeteneği sayesinde operasyon, yönetim ve bakım içerikleriyle, hata giderimi daha kolay olmaktadır. Aktif ethernet fiziksel olarak ayrılmış bir fiber erişimine sahip altyapı üzerinden hizmet verdiği için kurumsal bir servisin modellenmesi durumlarında gereksinim duyulan güvenlik ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Pasif Ethernet

Bugünün ve hatta geleceğin iletişim cihazlarının bağlantı türlerinin tamamını destekliyor olması, çoklu servisler için yüksek bant genişliği ve servis kalitesini destekleyebilmesi ve fiberin sanal anlamda sınırsız iletişim kapasitesi sağlayabilmesi pasif ethernetin avantajlarıdır.

Pasif ethernet yapısına ilişkin genel mimari şekil 2.5’de gösterilmiştir. Burada ses, internet, internet televizyon ve diğer katma değerli servisler IP/MPLS omurgası üzerinden optik hat terminaline bağlanmaktadır. Optik hat terminali üzerindeki portlardan dallandırıcılara fiber kablo ile bağlantı mevcuttur. Dallandırıcı üzerinden toplu yaşam ünitelerine ya da optik şebeke sonlandırıcısına gitmektedir. Aktif ethernet yapısında yer alan kenar anahtarı pasif ethernet altyapısında dallandırıcı olarak konumlandırılmış fakat herhangi bir yönlendirme işlemi yapamayan bu cihaz gelen trafiği tüm portlarına ileten bir yapıda görev almaktadır. Bu durum sebebiyle pasif ethernet yapısında optik şebeke sonlandırıcının görevi oldukça fazladır.

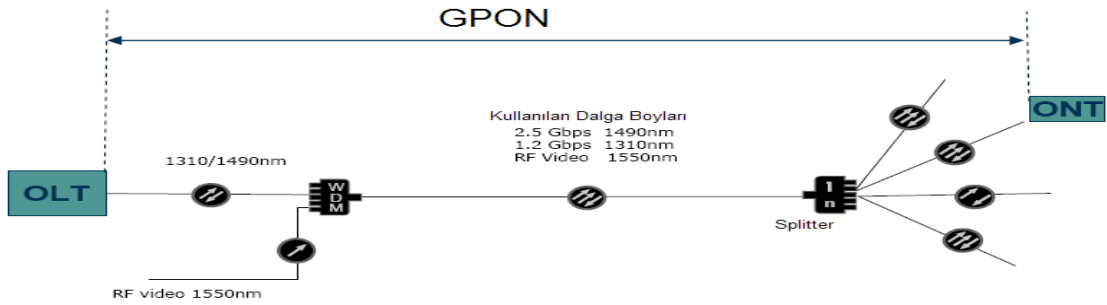


Şekil 2.5 FTTH pasif ethernet yapısı

Ses hizmetinin kullanıcıya verilebilmesi, kullandığı uç cihaz fonksiyonu ile değişim göstermektedir. Analog bir telefon kullanılıyorsa yabancı santral ofis portları üzerinden ses hizmeti alınmaktadır. Yabancı santral ofis port desteği hem çoklu konut ünitesi üzerinden hem de optik hat sonlandırıcının portlarından sağlanabilmektedir.

Bir altyapı ile çok sayıda yüksek bant genişliği kullanan servislerin mümkün kılınması yeni servis hizmetinden karşılanabilecek gelir imkânları, düşük şebeke bakım masrafları sebepleriyle maliyet de ciddi tasarruf elde edilmesi sağlanmış ve en gelişmiş teknoloji, en yüksek bant genişliği, yüksek verimlilik ve geniş alanlara kurulum için uygunluk yönleriyle operatörler bakımından pasif ethernet avantajlı sayılmaktadır. Ayrıca 20km'lik bir mesafeyi destekliyor olması da avantajları arasındadır.

Pasif ethernet şekil 2.6'de belirtildiği üzere 2.5Gbps ve 1.2Gbps ana sistemden uçbirime veri akışı ve alt sistemden ana sisteme doğru veri akışı hızlarına sahiptir. 200 Mbps üzeri servis verebilme imkanına sahiptir. Böylece yüksek çözünürlükte televizyon veya internet televizyonu gibi servisleri desteklemektedir (Cale vd. 2009). Kullanıcıya doğru dalgaboyu bölmeli çoğullama, optik hat sonlandırıcıya doğru ise zaman bölmeli çoğullama yöntemleri ile tek bir fiber üzerinden çift yönlü iletişim gerçekleştirmektedir.



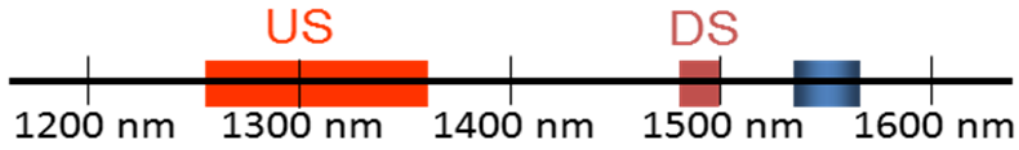
Şekil 2.6 GPON dalga boyları

Kullanıcıya doğru 1490nm dalga boyunda 2,5Gbps hızında ve OLT'ye doğru 1310nm dalga boyunda 1,2Gbps hızında veri erişimi sağlanır.

APON ilk 1995 yılında ITU-T G.983 standartıyla sunulmuştur. GPON olarak 2003 yılında ITU-T G.984.1, G.984.2 ve G.984.3 isimlendirmesiyle standartlaşmıştır. EPON ise pasif ethernet yapısına alternatif bir çözüm olarak geliştirilmiş ve IEEE standardı

doğrultusunda ethernet ve IP trafiğini taşıyacak şekilde geliştirilmiştir. GPON ise sadece ethernet trafiğini değil PSTN ve ISDN trafiklerinin iletimini de desteklemektedir.

Şekil 2.7’de belirtilen ve ITU-T standartlarına göre (G.984.3) GPON için belirlenen bant planlamasına göre yukarı akım için 1260-1360 nm (1310 ± 50), aşağı akım için 1480-1500 nm (1490 ± 10) ve RF video için 1550 - 1560 nm dalga boylarına sahiptir.



Şekil 2.7 Gigabit pasif optik şebeke dalga boyu planlaması

2.2 İnternet

Ses paketlerinin iletimi aynı zamanda bir veri iletimi sayılmaktadır. Bu amaçla internet yapısının veri iletim metotlarının öğrenilmesi gerekmektedir. Bu bölümde bir verinin karşı tarafa nasıl iletildiği, geliştirilen modeller ve iletim kontrol protokolü / internet protokolü yapısı hakkında bilgi verilecektir.

1960’lı yıllarda ABD Savunma Bakanlığı projelerinde haberleşmeyi sağlamak için bilgisayar ağlarının kullanılması ile internetin ilk adımları atılmıştır. 1970’li yıllarda ARPANET yerel alan ağlarını, geniş alan ağları ile bağlantısını kurarak birbirine bağlı ağlar arası ilk iletişim ortaya çıkmıştır.

Bir ağ üzerinde birlikte çalışma yeteneğine sahip bilgisayarlar ancak veri aktarımı yapabilirler. Alıcı ve verici arasındaki işaretler, veri formatları ve verinin değerlendirme yöntemleri üzerindeki anlaşmayla bu birlikte çalışma mümkün olmaktadır. Ağ içerisindeki cihazların birbirleriyle iletişimini sağlayan bu kurallar dizisi, protokol olarak adlandırılmaktadır.

Açık sistem mimarisi başvuru modeli bir ağ içerisindeki bilgisayarlar kümesinin iletişim kurallarını belirlemektedir. Uluslararası Standartlar Teşkilatı tarafından geliştirilmiştir.

OSI, 7 katmanlı yapıdan oluşan, her katmanın bir görevi bulunan ve bir üst ve bir alt katman ile iletişim halinde olan bir çalışma şekline sahiptir (http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking_Technology_Handbook, 2013).

İlk katman olan fiziksel katman en alt katmandır ve verilerin bit halinde iletiminden sorumludur. Fiziksel katman ağın elektriksel ve fiziksel bağlantılarının belirlendiği katmandır. Kablolama ve ağ kartına bağlanmayı içeren standartları kullanır. Örneğin bakır, fiber optik veya kablosuz bağlantı standartlarını içermektedir. En yaygın olan standartlar IEEE 802.3, 802.4 ve 802.5 standartlarıdır.

İkinci katman olan veri bağı katmanı, ağ kartı üzerinde gerçekleşmektedir. Bu katmanda verilere çerçeve adı verilmektedir. Veri paketlerine hata kontrol bitleri, alıcı ve verici adresleri eklenerek oluşturulan çerçeveler, fiziksel katmana gönderilmektedir. Veri bağı katmanı bu gönderilen çerçevenin doğru iletilip iletilmediği denetler ve hatalı olan çerçeveleri tekrar gönderir.

OSI modelinde üçüncü katman olan ağ katmanı, yönlendirme işlemlerinden sorumludur. Yönlendirme işlemi, verinin hedefe ulaşmasında hangi yolun en doğru yol olduğunun belirlenmesi işlemidir. Bu katmanda verilere paket adı verilmektedir. IP bu katmanda çalışan bir protokoldür.

Dördüncü katman olan taşıma katmanı gelen veriyi ağ paketi boyutunda parçalara bölmek ve alıcı - verici arasında mantıksal bir bağlantı kurmak için kullanılır. Bir üst katmandan alınan veriler bölümlere ayrılarak bir alt katmana iletilmektedir ve tam tersi şekilde bir alt katmandan alınan bölümleri ise bir üst katmana iletir. Akış denetimi yöntemi ile verinin zamanında ve aynı düzenle karşıya ulaşıp ulaşmadığı kontrol eder. İletim kontrol protokolü bu katmanda çalışan protokollere bir örnektir.

Beşinci katman olan oturum katmanı, alıcı ve verici arasındaki iletişim bağlantısı kurar, başlatır ve sona erdirir. Güvenlik ve kimlik doğrulama işleri bu katmanda yapılmaktadır. İletilen bir verinin iletim sırasında meydana gelebilecek kopma, oturum katmanı tarafından kontrol edilerek iletimin kaldığı yerden devam etmesini sağlamaktadır. Yapısal sorgu dili oturum katmanında çalışan protokole örnektir.

Altıncı katman olan sunum katmanı, veri üzerindeki kodlama, dönüştürme ve biçim verme işlemlerini yaparak veriyi uygulama katmanına sunar. Gönderilen verinin anlaşılır bir biçime dönüştürme işlemi bu katman sayesinde olmaktadır.

En üst katman ve yedinci katman olan uygulama katmanı, bilgisayar uygulamaları ve ağ arasında arabirim görevi görmektedir. Örnek uygulama katmanında çalışan uygulamalar, dosya transfer protokolü, basit ağ yönetim protokolü, e-posta, internet tarayıcıları ve veri tabanı uygulamalarıdır.

OSI başvuru modeli ile TCP/IP modeli ile ilgili katmansal eşleştirme çizelge 2.2’de gösterilmiştir. TCP/IP ile OSI arasındaki farklar ise, OSI modelinde katmanların görevleri kesin bir şekilde belirlenmiş olması yeni bir protokol geliştirmeyi güçleştirmiştir, TCP/IP’ de ise böyle bir kısıtlama gerektirmediğinden, gerektiğinde yeni bir protokol mevcut katmanlar arasına yerleştirilebilmektedir. TCP/IP haberleşme görevini basit alt görevlere bölmektedir.

Her bir alt görev diğer alt görevler için belirli servisler sunar ve diğer alt görevlerin servislerini kullanır. OSI’de ise her bir katmandaki protokollerin özellikleri ve birbirleri ile ilişkileri kesin bir şekilde tanımlanmıştır. OSI modelinde gerekmeyen bir katmanın kullanılmaması gibi esnek bir yapı söz konusu değildir. TCP/IP ise katı kurallarla tanımlı olmadığından gerekmeyen katmanların kullanılmamasına izin verir.

Çizelge 2.2 Açık sistem mimarisi ve iletim kontrol protokolü / internet protokolü katman eşleştirmesi

OSI	TCP/IP
Uygulama (katman7)	Uygulama
Sunum (katman 6)	
Oturum (katman 5)	
İletim (katman 4)	İletim
Ağ (katman 3)	İnternet
Veri bağlantı (katman 2)	Alt ağ
Fiziksel (katman 1)	

Bir ağ içerisindeki farklı protokollere ve topolojilere sahip bilgisayarların iletişim içerisinde bulunabilmesi için TCP/IP geliştirilmiştir. İnternet, birbirine geçiş yolları ile bağlanmış çok sayıda bağımsız ağlardan oluşmaktadır. Alıcı ve verici arasındaki iletişim yolu düzinelerce ağlara sahip olabilir. İletişimin kurulabilmesi için tek bilinmesi gereken bilgi, alıcının internet adresidir. Bu adres 8 bitlik 4 ayrı ondalık olarak kullanılan 32 bit uzunluğunda bir sayıdır.

İnternet protokolü, bağlantısız ağ yapısını kullanmaktadır. Gönderilen veya alınan bilgiler veri iletisi olarak dizi halinde bir noktadan diğerine iletilir. Boyutu fazla olan bir bilgi grubunun parçaları olan veri iletisi ağ üzerinde tek başına yol alır. Örneğin 20000 oktetlik tek seferde iletilemeyecek kadar büyük bir bilgi 40 adet 500 oktetlik veri bloğu halinde bölünerek iletilir ve karşı tarafta birleştirilerek anlamlı hale gelir. Veri haberleşmesinde gönderilen bir veri iletisi kendisinden önce gönderilen bir veriden önce karşı tarafa varabilir veya bazı veriler ağ üzerinde oluşan hatalardan ötürü yolda kaybolabilir. Bu tarz sıralama hatası ve kaybolan veri bloklarının kontrolü üst seviye protokollerce yapılmaktadır.

OSI katmanlarında anlatıldığı gibi TCP/IP yapısı da farklı görevlere sahip katmanlardan oluşan bir protokol kümesidir. Her katman altındaki ve üstündeki katman ile gerekli bilgi alışverişi sağlamakla görevlidir.

En fazla kullanılan servislerden basit posta aktarım protokolü uygulama katman protokolünü kullanmaktadır. E-posta iletişiminin yollanması görevini TCP ve IP katmanları yapmaktadır. TCP katmanı karşı tarafa ne yollandığı ve hatalı yollanan mesajların tekrar yollanmasının kayıtlarını tutarak, komutların karşı tarafa ulaştırılmasından sorumludur. Büyük boyutlara sahip mesajlar gönderilmesi durumunda TCP bu bilgiyi bölümlere (TCP katmanlarının iletişim için kullandıkları birim bilgi miktarı) ayırır ve bu bölümlerin karşı tarafa doğru sırada, hatasız olarak ulaşmalarını sağlar. TCP katmanının bu özelliği internet uygulamalarındaki diğer servisler içinde kullanılmaktadır. En genel haliyle TCP/IP katmanları 4 ayrı katmandan oluşmaktadır. Bunlar;

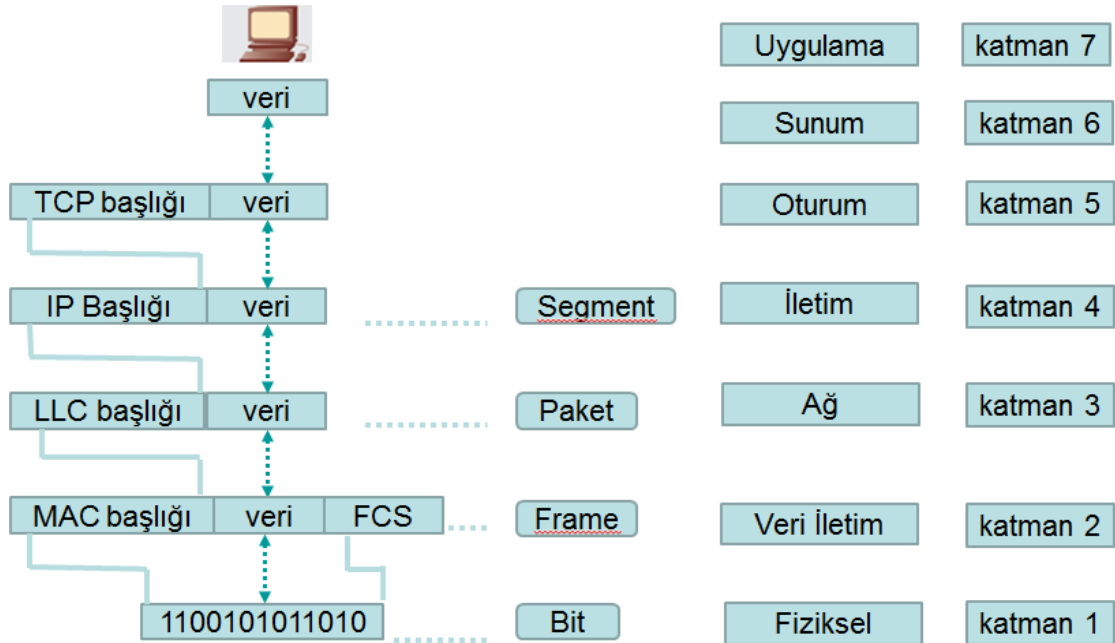
- Uygulama Katmanı: Üst seviye uygulamaları içerir (e-posta, ftp, telnet gibi)

- Taşıma Katmanı: Uygulama katmanının ihtiyaç duyduğu TCP gibi bir protokol katmanıdır.
- IP Katmanı: Gönderilen bilginin istenilen adrese yollanmasını sağlayan katmandır.
- Fiziksel Katman: Belirli bir fiziksel ortamı sağlayan protokol katmanıdır.

2.2.1 İletim denetim protokolü

İletim Denetim Protokol yapısı, alıcı tarafa gönderilen verinin kayıtlarını tutar, uygulama katmanından gelen bilgiyi şekil 2.8’da görüleceği üzere bölümler haline dönüştürür, iletim esnasında kaybolan verileri tekrar yollar, farklı sıralar halinde iletilen bilginin doğru sırada ve hatasız olarak ulaşmasını sağlar.

Daha öncede bahsedildiği üzere TCP, OSI başvuru modelinde tanımlanan taşıma katmanının görevlerini yapar. Bu katman, uçtan uca bağlantının sağlandığı katmandır. TCP protokolü iletiyi parçalara ayırdıktan sonra, her birinin başına başlık ekler. Bu başlık içerisinde kaynak portu, hedef portu, sıra numarası, alındı onayı, veri çoğaltımı, veri için yer ayrılması, pencere kontrol toplamı, acil işareti ve gönderilecek bilgi paketi yer alır.



Şekil 2.8 İletim kontrol protokolü / internet protokolü iletim yapısı

Çizelge 2.3’de TCP paket yapısı gösterilmektedir. Kaynak ve hedef portu, gönderici ve alıcı PC’lerin port numaralarıdır. Port bilgisine birden fazla kişinin aynı anda dosya yollaması veya karşıdaki bilgisayara bağlanması durumunda TCP’nin herkese verme ihtiyacı duyduğu farklı numaralardan ötürü ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin iki kişi aynı anda dosya iletimine başlamışsa TCP, 1000, 1001 “kaynak” port numaralarını bu iki kişiye verir ve böylece iletilen paketler birbirinden ayrılmış olur.

Çizelge 2.3 İletim denetim protokolü paket yapısı

Kaynak Portu (16 Bit)		Hedef Portu (16 bit)	
Sıra Numarası (32 Bit)			
Alındı Bilgi Numarası (32 Bit)			
Veri Ofseti (4 Bit)	Ayrılmış (6 Bit)	Bayraklar (6 Bit)	Pencere (16 Bit)
Kontrol Toplamı (16 Bit)		Acil İşaretçiler (16 Bit)	
Bilgi 500 oktet			

TCP paketi içerisindeki sıra numarası ise paketin hangi bölümünün iletildiğini gösterir. Bu numara ile karşı taraf doğru sayıdaki paketi eksiksiz alıp almadığını anlayabilir. TCP oktetleri numaralayıarak bu kontrolü yapar. Bir diğer önemli başlık bilgisi ise iletim biriminden geçen bitlerin sayısını kontrol eden “kontrol toplamı” sayısıdır. Bu sayı paket içindeki tüm oktetlerin toplanarak hesaplanır ve toplam başlık içerisinde yer alır. Alıcı taraftaki TCP gönderici tarafındaki işlemin aynısını yaparak kontrol toplam hesabını yapar. Sonuçlar karşılaştırıldığında eğer bilgi yolda bozulmamışsa kaynak noktasındaki hesaplanan sayı ile varış noktasındaki hesaplanan sayı aynı çıkar.

TCP paketi içerisindeki diğer başlıklar ise alıcı ve verici arasında kurulan bağlantının kontrolüne yöneliktir. TCP paketinin varışında alıcı gönderici noktaya bir onay mesajı iletir. Alındı bilgi numarası bir sonraki gelecek olan paketin bölüm numarasını göstermektedir. Örneğin kaynak noktasına yollanan onay numarası 1000 ise oktet numarası 1000’e kadar tüm bilginin aldığını işaret eder. Bu bilgi belli bir zaman diliminde alınmaz ise bilgi tekrar yollanır. Pencere bilgisi alıcının bir defada ne kadar paket bölümü alacağını belirlemede kullanılır. Bu bilginin kullanılmasındaki amaç her paketin gönderilmesinden sonra karşı tarafa ulaşıp ulaşmadığı ile ilgili onay bilgisi beklenmesi yerine takibi pencere bilgisi üzerinden yapmaktır. Pencere bilgi alanı

gönderilen bilgi iletildikçe azalmakta ve sıfır olduğunda yollayıcı bilgi yollamayı durdurmaktadır. Son olarak acil işareti ise bir kontrol karakteri veya diğer bir komut ile transferi kesmek gibi amaçlarla kullanılan bir alandır.

2.2.2 Kullanıcı veri bloğu iletişim protokolü

Birtakım mesajların büyük boyutlarından ötürü bölümlere ayrılma ihtiyacı vardır. Bu görevi TCP katmanı yapmaktadır fakat bazı uygulamalarda yollanan mesajlar örneğin adres kontrol mesajı tek bir veribloğu içine girebilecek yeterliliktedir. İnternet adresi yerine karşı tarafın alan adı adresi ile ulaşılması tercih edilmektedir Bu durumda internet adreslerinin alan adları ile eşleştirilmiş tablolarını içeren alan adı sunucusuna sorgulama yapılması gerekmektedir. Bu sorgulama işlemi çok kısa ve tek bir bölüm içine sığacak biçimdedir. Bu tip mesajlar için TCP katmanını kullanması gereksizdir, UDP kullanılması uygundur. Çünkü paketin yolda kaybolma ihtimaline karşılık sorgulama tekrarlanabilir.

Çizelge 2.4'te UDP paket yapısı mevcuttur. TCP'de olduğu gibi kaynak ve hedef port numaraları mevcuttur. Ağ yazılımı bu UDP başlığını iletilecek bilginin başına koyar ve UDP bu bilgiyi IP katmanına yolar. IP katmanı kendi başlık bilgisini ve protokol numarasını yerleştirir bu durumda TCP'den farklı olarak UDP'ye ait değerler yazılır. UDP genel olarak TCP kadar kontrollü ve yetenekli değildir. Yollanan paketlerin kaydı tutulmaz. Tek gerekli bilgi port numaralarıdır. Daha kısa mesaj boyutuna sahip olduğundan ve kontrol mekanizmasına ihtiyaç duymadığından ses paketlerinin iletiminde UDP protokolü kullanılmaktadır. Sinyalleşmenin ise kontrollü ve doğru bir şekilde sağlanması gerekliliğinden TCP protokolü kullanılmaktadır.

Çizelge 2.4 Kullanıcı veri bloğu iletişim protokolü paket yapısı

Kaynak Port (16 Bit)	Hedef Port (16 Bit)
Uzunluk	Kontrol Toplamı (cheksum) (16 Bit)
Veri	

İnternet Protokolü

TCP katmanına gelen bilgi bölümlere ayrıldıktan sonra IP katmanına iletilir. IP katmanı çizelge 2.5’de gösterildiği üzere kendisine gelen TCP paketini ilgili IP adresine iletme işlemini yürütür. Arada geçilecek sistemler ve geçiş yollarının bu paketi doğru yere geçirmesi için kendi başlık bilgisini TCP katmanından gelen pakete ekler. TCP katmanından gelen paketlere IP başlığının eklenmesi ile oluşturulan IP paket birimlerine veri bloğu adı verilmektedir.

Çizelge 2.5 İnternet protokolü paket yapısı

IP Sürümü	IP Başlığı Uzunluğu	Servis Tipi	Toplam Uzunluk	
Kimlik Tanımlama		Bayrak- Parçalanma Durumu	Parçalanma Ofseti	
Yaşam Süresi	Protokol	Başlık Kontrol Toplamı		
Kaynak Adresi				
Hedef Adresi				
TCP başlığı ve iletilen bilgi				

IP adresi bir ağa bağlı bilgisayarların ağ üzerinden birbirlerine veri yollamak için kullandıkları adrestir. Yaygın olarak IPv4 olan IP sürümü kullanılmaktadır. Bir IP başlığında temel olan 4 bilgi kaynak ve hedef internet adresleri, protokol numarası ve kontrol toplamıdır. Hedef internet adresi sayesinde aradaki yönlendiriciler (Router) veya geçiş yolları (Gateway) bu veri bloğunu nereye yollayabileceğini bilirler. Protokol numarası TCP dışında IP trafiğini kullanan protokoller için ayırt edici anlamda kullanılmaktadır. Kontrol Toplamı IP başlığının yolda bozulup bozulmadığını kontrol etmek amacıyla kullanılır. Buradaki kontrol TCP kontrolünden farklı olarak IP başlık bilgisinin bozulup bozulmadığını veya mesajın yanlış yere gidip gitmediğini kontrol eder. Yaşam Süresi alanı IP paketinin yolculuk sırasında geçtiği her yönlendirici veya geçiş yolları üzerinde bir azaltılır ve sıfır olduğunda paket yok edilir. Amaç ağ üzerindeki sonsuz döngüleri ortadan kaldırmaktır. Bu alanların eklenmesiyle iletilecek bilgi fiziksel iletişim ortamı üzerinden yollanmak üzere fiziksel katmana iletilir.

Fiziksel Katman

Ağ içerisinde Ethernet temel iletişim ortamı kurmak için kullanılmaktadır. Ethernet ağ kartları ise haberleşmek için ortam erişim kontrolü adresi kullanırlar. MAC adresi ya da fiziksel adres her bir ağ kartına üreticisi tarafından, daha sonra değiştirilmeyecek şekilde ve dünyada bir eşi daha olmayacak şekilde verilen ilk altı rakamı üretici kodunu belirten, son altı rakamı ise üretici tarafından kendi ürettiği her karta ayrı ayrı verilen, onaltılık bir numaradır. Ethernet, teknoloji olarak tüme yayım teknolojisini kullanmaktadır. Her Ethernet paketi çizelge 2.6'da gösterildiği üzere 14 oktetlik bir başlığa sahiptir. Bu başlıkta kaynak ve hedef ethernet adresi ve bir tip kodu yer alır.

Çizelge 2.6 Ethernet paket yapısı

Ethernet Hedef Adresi (ilk 16 bit)	
Ethernet varış (16 Bit)	Ethernet Kaynak (16 bit)
Ethernet Kaynak Adresi (son 32 bit)	
Tip Kodu	
IP Başlık, TCP Başlık, iletilen bilgi	
Ethernet Kontrol Toplamı	

Ağ içerisindeki her makine hangi ethernet adresinin hangi internet adresine karşılık geldiğini tutan bir tablo barındırmalıdır. Tip kodu alanı aynı ağ üzerinde farklı protokollerin kullanılmasını sağlamaktadır. Kontrol toplamı alanındaki değer tüm gönderilen paketi kontrol eder. Alıcı ve verici arasındaki hesaplanan değerler tutmuyorsa paket yok edilir. Fiziksel katman üzerindeki bilgi paketlerine çerçeve adı verilmektedir.

Sonuç olarak bir bilgi karşı tarafa katmanların başlıklarının eklenmesi ve karşı tarafta bu başlıkların atılması ile iletilir. Çerçeve iletilen tarafa ulaştığında bütün başlıklar uygun katmanlarca atılır. Fiziksel katman çalışanı Ethernet arayüzü Ethernet başlık ve kontrol toplamını atar. Tip koduna bakarak protokol tipini belirler ve Ethernet cihaz sürücüsü bu veri bloğunu IP katmanına iletir. IP katmanı kendisi ile ilgili katmanı atar ve bir üst katmana nasıl iletmesi gereken bilgi alanına yani protokol alanına bakar TCP olduğu için TCP katmanına iletir. TCP Katmanı sıra numarası sayesinde iletilen bilgileri orijinal durumuna getirmek için çalışma yapar ve veri alımı başarıyla sağlanmış olur.

Sanal Yerel Alan Ağı

Yerel alan ağı anlamında kullanılan bir terimdir. İkinci katmanda yer almaktadır. Bir yerel alan ağ yapısına dâhil olan bilgisayarlar, IP telefonlar gibi uç cihazlar bağlı olduğu yerel alan ağındaki tüm uç cihazlar ile bağlantı kurabilir yetkidedir. Bu durum büyük yerel alan ağları yapıları içerisinde güvenlik sorununu ortaya çıkarmaktadır (<http://standards.ieee.org/getieee802/download/-802.1Q-1998.pdf>, 2013).

Sanal yerel alan ağı mantıksal gruplama işlevini üstlenmektedir. Her bir sanal yerel alan yapısının bir alt ağ ya da tümeyayım alanı mevcuttur. Sanal yerel alan ağı sayesinde tümeyayım yapılan alan aynı sanal yerel alan ağı içinde yer alan uç cihazlara ulaşmaktadır. VLAN atama işlemi ağda kullanılan ve 2.katman kontrolü yapabilen anahtarlar üzerinden sağlanmaktadır.

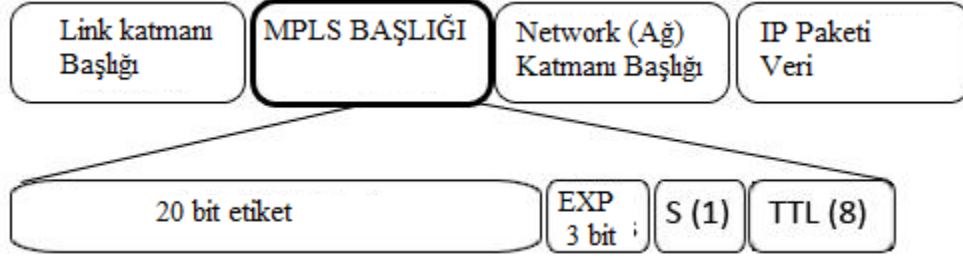
Genel uygulama olarak sunulan hizmet bazında, güvenlik kriterleri bazında ve büyük VLAN yapılarında meydana gelen büyük bant genişliği ihtiyacını azaltmak amacıyla sanal yerel alan ağları oluşturulmaktadır.

Çoklu Protokol Etiket Anahtarlama

İnternet Servis sağlayıcı kurumlar tarafından sağlanan ve sayısı gün geçtikçe artan kullanıcıların aldıkları hizmetlerin bant genişliklerini dolayısıyla trafik hacmini, yüksek iletim hızına sahip altyapı ile sunmalarını sağlayan teknolojidir. Etiket anahtarlama bir yapı olduğundan iletim her IP paketi hücresinin başına eklenen etiketlerle gerçekleştirilmiştir (De Ghein 2006).

Katman 3 kullanılan networklerde IP bilgisine göre paket yönlendirmeleri yapılırken çoklu protokol etiket anahtarlama altyapısı kullanılan networklerde MPLS etiketi doğrultusunda yönlendirme yapılmaktadır. İlgili etiketler her yönlendirici için ayrı üretilmekte ve her bir yönlendirici için kendi bilgisi önem taşımaktadır.

MPLS etiketi 4 byte uzunluğunda bir bilgidir ve ikinci katman ile üçüncü katman arasında yerleştirilmiştir. Şekil 2.9’da belirtildiği üzere 32 bit olan MPLS etiketi 4 farklı kısma ayrılmaktadır.



Şekil 2.9 Çoklu protokol etiket anahtarlama yapısı

20bit Etiket; Etiket değerini belirtir.

3bit TC (EXP bits); Servis sınıf alanı olarak kullanılmaktadır, rfc5462’ye göre TC olarak belirtilmektedir.

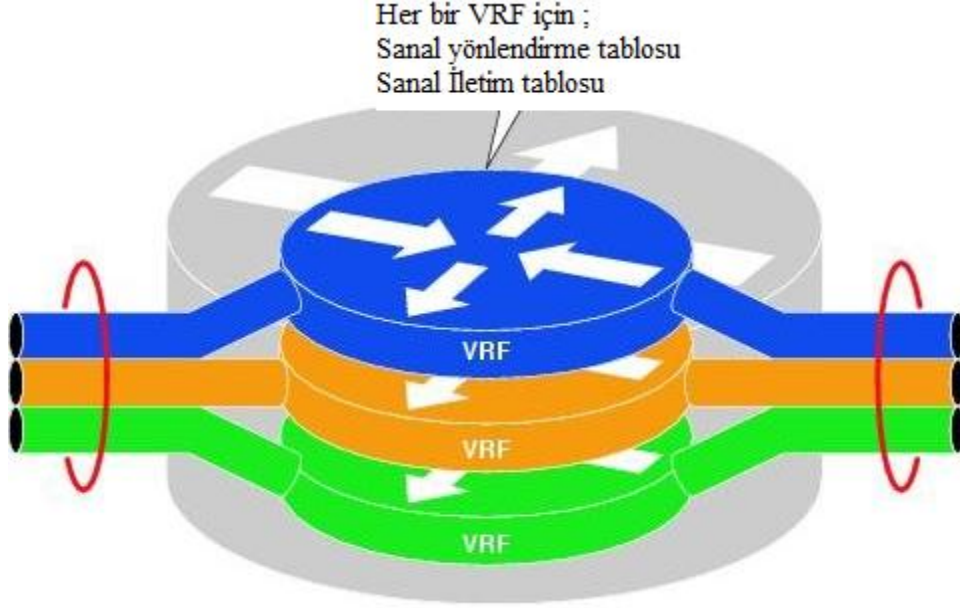
1bit S; Yığın biti olarak anılır, 1 değeri için etiketin bittiğini 0 değeri için arkasından başka bir etiket daha geldiğini belirtir.

8 bit TTL; Yaşam süresi

Sanal Özel Ağ

Büyük bir yapıda olan MPLS ağındaki tüm müşterilerin aldıkları hizmetler farklı olarak aynı ağı kullanmaktadır. Dolayısıyla ilgili güvenliğin sağlanması oldukça önem arz etmektedir. Güvenlik ile birlikte servislerde yaşanan kesintilerin, gecikmelerin, yoğunlukların birbirlerini etkilememesi için servis bazında özelleştirilmiş şekilde izole olması gerekmektedir.

İlgili servisleri dolayısıyla servislerin kullandıkları IP tablolarını birbirinden izole edebilmek için sanal yönlendirme ve aktarma tabloları oluşturulmaktadır. Şekil 2.10’da görüleceği üzere bir yönlendirici sanal olarak bölümlendirilmiş farklı servis ya da kullanıcı gruplarını desteklemek için birçok yönlendirici gibi sanallaştırılmıştır.



Şekil 2.10 Yönlendirici üzerinde sanal yönlendirici yapısı

Sanal özel ağ ağlarda güvenli bir şekilde iletişimin kurulmasını sağlayan bir teknolojidir. Aynı ağa sahip bir yapıyı kurgulamak için tasarlanmıştır. MPLS ağı üzerinde noktadan noktaya, katman 2 ve katman 3 olacak şekilde 3 farklı VPN tipi tanımlanabilir (Rehman 2010).

2.3 İnternet Üzerinden Ses İletim Mimarisi

İnternet ortamı kullanan telefon haberleşmesinin bir çağrı oturumu açma, sonlandırma gibi işlemlerini yapmak için kullandıkları çeşitli protokoller vardır. Fakat tüm cihazların birbirleri ile sorunsuz görüşebilmeleri için ortak bir standardı kullanmaları gerekmektedir. Bu amaçla H.323 veya SIP Protokolleri gibi protokoller geliştirilmiştir.

H323 protokol kümesi olarak geçmektedir ve SIP protokolüne göre karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı daha fazla emek ve masraf gerektirmektedir. SIP IP telefonu uygulamaları için özelleşmiş, var olan protokollerin belirli kısımlarını alarak H323'e göre daha az boyutlu ve etkili bir protokoldür.

İnternet protokolü üzerinden ses iletimi için gerekli olan sinyalleşme protokolü, protokoller arasında en gelişmiş ve halen gelişmeye açık olan Oturum Başlatma Protokolü'dür.

2.3.1 Oturum Başlatma Protokolü

SIP çalışma grubu tarafından IETF bünyesinde geliştirilmeye devam eden SIP protokolü, IETF RFC 3261 olarak yayınlanmıştır (<http://www.ietf.org/rfc/rfc3261>, 2002). Metin tabanlı basit söz dizim yapısı sayesinde sadece ses ve görüntü olarak değil, diğer veri iletimi için gerekli uygulamalarda da kullanılabilir. Temel çalışma yapısı olarak SIP oturum başlatma, yönetme ve sonlandırma görevlerine sahiptir. Tüm bu birbirinden bağımsız görevler farklı protokollerin desteklenebileceği şekilde esnek bir çalışma yapısına sahiptir.

SIP IETF'in çoklu veri protokollerinin bir parçasıdır. Burada bahsedilen diğer protokoller, Oturum Tanımlama Protokolü, Oturum Önerme Protokolü, Gerçek Zamanlı İletim Protokolü, Gerçek Zamanlı Kontrol Protokolü ve Gerçek Zamanlı Yayın Protokolü'dür. Oturum Tanımlama Protokolü RFC 2327 dokümanında tanımlanmış olup çoklu veri iletiminde akış kontrolü ve oturum sağlama görevlerine sahiptir ve hangi kodek bilgisinin kullanılacağına karar verir.

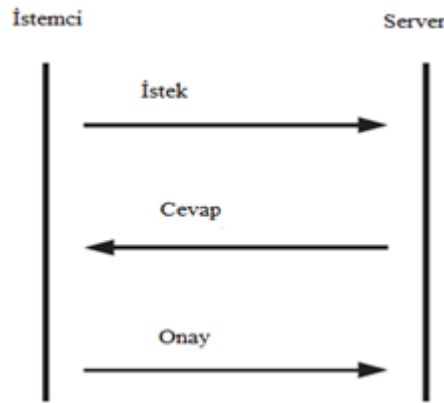
Oturum Tanımlama Protokolü ses, görüntü veri iletimi gibi çoklu ortam iletimi gerektiren oturumların tanımlanmasında kullanılır. SIP gibi metin tabanlı bir yapıya sahiptir ve oturum bilgisini tüm ağdaki SIP elemanları ile paylaşarak haberleşmenin nasıl ve hangi özelliklerle yapılacağını belirten bir protokoldür. Oturum Tanımlama Protokolü bir anlaşma protokolüdür, oturum biçiminin içeriğini kendisi belirlemez.. SDP'ye ait genel özellikler; oturumun amacı, adı, zamanı, medya tipi, ses veya video seçimi, biçim bilgisi ve oturumda yer alan IP adresleri ve port numaralarıdır.

SIP güvenilirliği kendisi sağlayıp TCP'nin güvenlikle ilgili paketlerine ihtiyaç duymaz. SIP protokolüne göre bir çağrı başlatıldığında ilk olarak oluşturulan istek çağrısı başlatan tarafa servis veren sunucuya iletilir. Sunucu görevi gereği çağrıyı reddedebilir ya da başka bir sunucuya ya da terminale yönlendirebilir.

VoIP çağrı başlatılmasında SIP protokolü pek çok avantaja sahip olduğundan seçilmiştir. Birçok çoklu ortam özelliklerini bünyesinde bulundurmasından entegrasyon avantajına sahiptir. Çeşitli vekil sunucu desteğine sahip olmasından ötürü ölçeklenebilirlik avantajına sahiptir. Sürekli güncellenebilirlik ve gelişen teknolojiye ayak uydurabilmesi açısından geliştirilebilirlik avantajına sahiptir. Örneğin servis kalitesi desteği sağlayabilmek için diğer protokollerle sorunsuz çalışabilirliği sebebiyle esneklik avantajına sahiptir. Kullanıcıların bilgisayar, dizüstü bilgisayar, IP telefon gibi mekândan bağımsız ağ araçları üzerinden çağrı oluşturma ve alma hizmetlerini yapabilmesinden ötürü hareket serbestliği avantajına sahiptir.

Oturum Başlatma Protokolü mesajlaşma yapısı

SIP, sinyalleşme için metot adı verilen mesajları kullanmaktadır. Farklı metotlara sahip mesajlar iletilse de temelde SIP istek cevap yapısı olarak iki çeşit mesaj yapısı bulunmaktadır. İstekte bulunan birim istemci olarak adlandırılmaktadır. Her istemcinin kayıtlı olduğu bir sunucusu mevcuttur. İstemciden kayıtlı olduğu sunucuya giden mesajlara “İstek”, tam tersi mesajlara ise “cevap” adı verilmektedir. SIP protokolünün desteklediği üçlü el sıkışma Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Oturum Başlatma Protokolü üçlü el sıkışma yapısı

Bir ağ içerisindeki haberleşmenin mümkün olduğunca kontrollü, dağınık olmayan ve dinamik bir şekilde olması gerekmektedir. SIP protokolü katılımcı sayısından bağımsız bir şekilde oturum başlatabilen, değiştirebilen ve sonlandırabilen esnek bir protokoldür. SIP, HTTP protokolünün tersine güvenli ve güvelli olmayan protokoller ile çalışabilmektedir. SIP çoklu veri haberleşmesi için kurulum ve bakım gibi çeşitli işlemlerini yerine getirmek amacıyla birtakım istemler göndermektedir. RFC 3261’de tanımlanan bu metotlara ilişkin mesajlar ve tanımlamaları çizelge 2.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.7 Oturum Başlatma Protokolü metotları ve tanımları

Metot	Açıklama
INVITE	Çağrı başlatma, SDP ile güncelleme
ACK	Onaylama mesajıdır, Invite mesajını sonlandırır
BYE	Çağrı sonlandırma
CANCEL	Gönderilen isteği İptal etme
OPTIONS	Diğer tarafın yetkinliğini sorgular
REGISTER	İstemcinin sunucunsa kaydını gerçekleştirir
INFO	Bilgi mesajıdır, oturum durumunu etkilemez

Gönderilen bu metotlara karşılık sunucu tarafından gönderilen yanıtları içeren “cevap” mesajları geçici ve son yanıtlar olarak nümerik bir biçime sahiptir. Geçici cevaplar sunucu tarafından mevcuttaki kurulu oturumun ilerleme bilgisini belirtmek için kullanılır. 1xx sınıfı olarak adlandırılmaktadır. Son cevaplar ise SIP işlemlerini sonlandırmak için kullanılmaktadır. Nümerik olarak 2xx:Başarılı, 3xx:Yönlendirme, 4xx:İstem Başarısız, 5xx:Sunucu Başarısız, 6xx:Evrensel Başarısız anlamlarına gelmektedir. Aşağıdaki Çizelge 2.8’de bu metotlara ilişkin birtakım örnekler verilmiştir.

Çizelge 2.8 Oturum Başlatma Protokolü cevapları

100	Deniyor(Trying)	180	Çalıyor (Ringing)
200	OK (Tamam)	300	Çoklu Seçim
400	Kötü İstem (Bad Request)	401	Yetkisiz işlem(Unauthorized)
403	Yasak (Forbidden)	408	İstem Zaman Aşımı (Request timeout)
480	Mevcut değil (Unavaliabile)	5xx	Sunucu Hatası (Server Error)
600	Meşgul (Busy)	603	Red (Decline)
604	Bulunmuyor (Doesn’t Exist)	606	Kabul edilemez (Not Acceptable)

Gönderilen bu bilgiler belli bir sıra ve bölümler içerisinde iletilmelidir. SIP mesaj içeriği Başlangıç satırı, Başlıklar ve İçerik olarak 3 bölümden oluşur. Başlangıç satırı SIP mesaj tipini ve protokol sürümünü ifade etmektedir. İki tip şeklinde olabilir, ya mesaj içerisinde adres bilgisi belirten URI bilgisine sahip bir şekilde İstem satırı ya da nümerik durum koduna sahip Durum satırı şeklindedir. SIP başlıkları iletilecek mesajlara ait özellikleri ifade etmek ve mesajın anlamını değiştirmek için kullanılırlar. Başlıklar birçok satıra yayılabilmektedir. SIP başlıkları mesaj içerisinde birden fazla da bulunabilirler. SIP yapısı içerisindeki İçerik kısmında ise oturumu ifade etmede kullanılır. Bu kısım hem istemde hem de cevapta bulunabilir. SIP içerisinde sinyalleşme ve oturum tanımlama bilgisi ayrıdır. Başlangıç satırı ve başlık alanları sinyalleşmeyi, içerik kısmı oturum tanımlamayı ifade eder. Bu alanları daha iyi anlamak adına aşağıdaki Çizelge 2.9 ve 2.10'de istem ve cevap mesaj örnekleri incelenmiştir. SIP kullanıcısı kullanıcı1@a.com bir başka SIP kullanıcı kullanıcı2@b.com'a çağrı talebinde bulunmaktadır. Kullanıcı1 INVITE mesajı içerisinde SDP mesajını da göndermiştir. Cevap mesajında ise kullanıcı2 200 OK çağrı kurulmasına izin vermiştir.

Çizelge 2.9 Örnek Oturum Başlatma Protokolü INVITE mesajı

İstem Mesaj Satırı	Açıklama
INVITE sip:kullanıcı2@b.com SIP/2.0	İstem Satırı:Metod tipi, İstem URI(aranan taraf SIP adresi), SIP sürümü
Via: SDP/2.0/UDP kullanıcı1_sekme@a.com	Bir önceki sekmenin adresi
From: Kullanıcı1@a.com	İstekte bulunan, arayan taraf adresi
To: Kullanıcı2@b.com	Aranan taraf, oturuma davet edilenin adresi
Call-ID: 111222333@kullanıcı1_sekme.a.com	Evensel olarak bu çağrıya ait kimlik bilgisi
Cseq: 1 INVITE	İşlem sırası
Subject: Davet	Çağrının konusu ve/veya içeriği
Content-Type: application/SDP	İçerik tipi (SDP)
Content-Lenght: 181	İçerikteki byte sayısı
(Boşluk)	Başlık bitişi ve gövde başlangıç ayırıcı
v=0	V=version; SDP sürümü
o= Kullanıcı1 1234 1234 IN IP4 192.192.1.1	O=Owner;Mesaj sahibi ve oturum tanımlayıcı, Oturum adres tipi ve IP adresi
s=Davet	S=Subject;Oturum konusu
c=IN IP4 kullanıcı1_sekme.a.com	C=Connection; Bağlantı bilgisi
m=audio 3456 RTP/AVP 0 3 4 5	M=Media Description; Oturum tipi, portu, arayan tarafın gönderim ve alım biçimi

Çizelge 2.10 Örnek Oturum Başlatma Protokolü OK cevabı

Cevap Mesaj Satırı	Açıklama
SIP/2.0/ 200 OK	Durum Satırı: SIP sürümü, cevap kodu, cevap açıklaması
Via: SDP/2.0/UDP kullanıcı1_sekme.a.com	Gelen istemden kopyalanan bilgidir
From:Kullanıcı1@a.com	Gelen istemden kopyalanan bilgidir
To:kullanıcı2@b.com;tag=11223344	Gelen istemden kopyalanan bilgidir ilave çağrı ayağını (call-leg) tanımlamak için etiket içerir
Call-ID: 111222333@kullanıcı1_sekme.a.com	Gelen istemden kopyalanan bilgidir
Cseq: 1 INVITE	Gelen istemden kopyalanan bilgidir
Conten-Type: application/SDP	İçerik tipi (SDP)
Content-Lenght: 191	İçerikteki byte sayısı
(Boşluk)	Başlık bitişi ve gövde başlangıç ayırıcı
v=0	V=version; SDP sürümü
o= Kullanıcı2 1212 3434 IN IP4 192.192.2.2	O=Owner;Mesaj sahibi ve oturum tanımlayıcı, Oturum adres tipi ve IP adresi
s=Davet	S=Subject;Oturum konusu
c=IN IP4 kullanıcı2_sekme.b.com	C=Connection; Bağlantı bilgisi
m=audio 3434 RTP/AVP 0 7	M=Media Description; Oturum tipi, portu, arayan tarafın gönderim ve alım biçimi

Oturum Başlatma Protokolü sunucuları

Üst başlıklarda bahsedilen SIP mesajları SIP bileşenleri arasındaki haberleşmede kullanılmaktadır. SIP'in temel amacı kaynak ile hedef arasındaki oturumların kurulmasını sağlamaktır. SIP bileşenleri SIP kullanıcı aracı, SIP ağ gecidi ve SIP sunucudan oluşmaktadır. SIP'i destekleyen ve oturum başlatma, sonlandırma işlemlerini yapan SIP Kullanıcı Aracı'na "SIP User Agent" denilmektedir. Kullanıcı aracı istemcisi ve kullanıcı aracı sunucusu olarak iki uygulamaya sahiptir. Kullanıcı Aracı istemcisi SIP taleplerini başlatan bir uygulamadır. IP telefon ve PC istemci, kullanıcı aracı istemcisine örnektir. Kullanıcı vekil sunucusu bir SIP istemi alındığında ya da kullanıcı tarafına bir yanıt döneleceği zaman kullanıcı ile iletişime geçen sunucu işlemidir. IP telefonlar, yazılımsal uygulamalar, çağrı merkezi kullanıcıları bu sunucu yapısına birer örnektir.

SIP sunucuları, SIP isteklerinin ulaştığı sunuculardır. Vekil sunucu bu istekleri kabul eden ve bu isteklere cevap veren sunuculardır. SIP cihazların IP adres bilgilerini tutar ve gönderilen mesajların değişimlerini sağlayan temel ağ elemanıdır. Ayrıca SIP sunucular üzerinden kimlik doğrulaması, çağrı yönlendirmesi gibi işlemlerde yapılmaktadır. SIP sunucular vekil atama, yönlendirme ve kaydetme olarak 3 şekilde kullanılırlar. SIP sunucu fonksiyonları RFC 3261’de açıklanmıştır.

Gerçek Zamanlı İletim Protokolü

Gerçek Zamanlı İletim Protokolü, ağlar üzerinden ses ve video gibi gerçek zamanlı iletim karakteristiğine sahip verilerin iletimi için geliştirilen bir protokoldür. RFC 1889’da açıklanmıştır. Gerçek zamanlı paket iletiminde Kullanıcı Veri Bloğu İletişim Protokolü tercih edilmektedir. UDP sıralama ve verinin kontrolünü yapmadığından ses ve video trafikleri için uygun görülmüştür. RTP ile bir ses paketine 12 byte ilave edilmiştir (<http://www.ietf.org/rfc/rfc3550>, 2003).

Gerçek Zamanlı Kontrol Protokolü ise aynı şekilde RFC 1889’da açıklanmış ve RTP’ye yardımcı olarak uygulama performansını ve ağ trafiğini görüntülemek için geliştirilmiştir. Örneğin RTCP gönderici tarafı kaç adet paketin kaybolduğu yönünde bilgilendirmektedir. RTCP paketleri hedeften kaynağa periyodik bir şekilde maksimum 5 saniye olacak şekilde sürekli gönderilmekte ve çok az bir bant genişliği işgal etmektedir. Fakat RTP’nin RTCP ile çalışma zorunluluğu yoktur, RTCP ağı gözleme ve olası bir problem karşısında hatayı tespit amaçlı kullanılmaktadır.

2.4 İnternet Üzerinden Sesin Kalitesi ve Servis Kalitesine Etki Eden Parametreler

Önceki bölümlerde internet üzerinden ses iletiminin nasıl olduğu, hangi cihazların kullanıldığı ve hangi protokollerin kullanılması gerektiği anlatılmıştır. Bu bölümde karşı tarafa iletilen sesin hangi kalitede olması gerektiği, servis kalitesinin gerekliliği ve ses iletiminde ses kalitesini bozucu etmenlerin neler olduğu anlatılacaktır.

Geleneksel ses iletiminin internet üzerinden verilecek ses kalitesi ile aynı olması beklenmektedir. Bu nedenle servis kalitesi önem kazanmaktadır. Ses iletimi sırasında

veri iletiminin de olması sebebiyle bant genişliği paylaşımlı olarak kullanılmakta ve her hangi bir paket önceliği tanımlanmayan ağlar için ses ve veri aynı önem düzeyine sahip olmaktadır. Bu nedenle VoIP gerçekleştirilen bir ağ içerisinde ses iletimi sağlayan cihazlar üzerinde servis kalitesinin tanımlanıyor olması ve ses ile veri paketlerine farklı muamelelerin uygulanması sağlanmalıdır. Bu durumun sonucunda veri paketlerinin ses paketlerini ağ üzerinde sıkıştırması engellenmiş olmaktadır.

Önceliklendirme işleminin dışında ses paketlerinin işleme tabi tutulması gereken başka servis kalite metotları da mevcuttur. VoIP teknolojisi ile dijital olarak iletilen ses TCP/IP katmanlarında paket iletiminde anlatıldığı üzere çerçevelere ayrılarak paketler halinde iletilmektedir. Ses paketleri gerçek zamanlı iletişim gerektirdiğinden gecikmeye tahammülü yoktur. Ne kadar iyi, uçtan uca kontrollü, tümleşik bir ağ yapısı o kadar iyi bir ses kalitesi anlamına gelmektedir.

2.4.1 Servis kalitesi

Genel anlamıyla servis kalitesi kullanımının amacı, ortak iletim ortamı üzerinden gönderilen paketlerin sınıflandırılması esasına dayanır ve bu sınıflandırmanın önem sırası kullanıcının talebine göre değişmekte bu sayede öncelikli ve kayıpsız bir iletim ortamı sağlamaktadır. Servis kalitesi ağ üzerinde önceden tahmin edilememektedir çünkü IP haberleşmesi bağlantısız bir protokolü desteklediğinde kendine özgü sürekli aynı güzergâhı izleyebileceği bir yol yoktur. IP protokolünün ilk amacı haberleşmede gecikme meydana gelmesinden ziyade paketin hedefe iletilmesidir. Fakat ses, video gibi gerçek zamanlı uygulamaların kullanılmasının yaygınlaşmasının ardından diğer uygulamalarında destekleyecek şekilde ağlar oluşturulmaktadır.

Genel Aktarmalı Telefon Şebekesi veya geleneksel ses ağı olarak da bilinen zaman bölmeli çoğullama teknolojisi ile taşınan sesin düşük gecikme, düşük titreme ve sabit bir bant genişliğine sahip bir kalitesi mevcuttur. Alışlagelmiş PSTN ses kalitesinin VoIP iletimindeki ses kalitesinin aynı olması beklenmektedir. Fakat bu durumun ilerleyen bölümlerde ses kalitesine etki eden sebeplerin anlatılacağı üzere ağ üzerinde zorlu bir görevi vardır.

PSTN iletimindeki ses haberleşmesi IP ortamına taşımak istendiğinde ağ üzerinde herhangi bir servis kalitesi olmaması durumunda ses paketlerine genel olarak veri gözüyle bakarak herhangi bir öncelik, analiz veya tampon görevi yapmayacağından seste kalite sorunları ortaya çıkmaktadır. IP ağlarına QoS teknikleri uygulanarak kabul edilebilir, istikrarlı ve önceden tahmin edilebilir bir ses kalitesine erişilmiş olur.

IP ağları üzerindeki ses kalitesine etki eden iki temel etken gecikme ve titremedir. IP ağları PSTN ağların tersine veri iletimi için geliştirilmiştir. Veri ve ses iletimi IP ağlarında farklı uygulamalara ihtiyaç duyar. Veri gecikme ve titreme durumlarına duyarlı değilken ses için aynı durum söylenemez. Örneğin e-posta iletiminde iki dakikalık gecikme önemli olmayabilirken, ses iletiminde saniyeler mertebesinde bir gecikme anlaşılmasına sebebiyet vermektedir. Bir diğer ses kalitesini etkileyen etmen ise paket kaybıdır. Paket kaybı TCP protokolünün telafi edebileceği bir durum değildir. TCP kaybolan verinin yeniden iletilmesi görevini üstlenir fakat ses iletiminde bu kaybolan ses paketinin tekrar iletilmesi gecikme gibi sesin anlaşılmasına sorunlarına sebep olacağından yeniden iletim mekanizmasına sahip olmayan UDP protokolünü kullanmaktadır. Ses kalitesine etki eden diğer etkenler ise yankı ve sıkıştırma. Yankı kişinin kendi sesini duyması ile gerçekleşirken, sıkıştırma ise ses sinyallerinin daha az bant genişliği işgal etmesi amacıyla uygulanan ses kalitesine etki eden bir tekniktir (Ogunjimi 2012).

Servis kalitesinin sağlanabilmesi teknoloji, mimari ve kullanılan protokoller ile bağlı olmakla beraber uçtan-uca yapıldığında verimli sonuç elde edilebilen bir uygulamadır. Ağ içerisindeki uygulama gereksinimlerine göre ses kalitesi belirlenmektedir. Uygulamalar uç cihazlar arasında örneğin IP telefonda IP telefona, IP telefonda sunucuya veya sunucudan sunucuya şeklinde olabilir. Etkileşimli uygulamalar iki ya da daha çok kullanıcının katılımı ile oluşmaktadır. Etkileşimli uygulamalara örnek olarak video ve ses uygulaması verilebilir. Bu tarz uygulamalarda paket kaybı ve gecikme en aza indirgenmiş olmalıdır.

Uç cihaz ile ağ cihazı arasında olan ve uç cihazın talebinin ağ cihazı üzerinden beklendiği uygulamalarda talebin mümkün olduğunca kısa sürede cevaplanması gerekmektedir. Bu tür uygulamalara gerçek zamana yakında denilmektedir. Bu tür

uygulamalar gerçek zamanlı iletişim için gerekli olan servis kalitesi kadar özellik gerektirmez. Veri tipine örnek olarak internet üzerinden dinlenen bir radyo verilebilir. Kaybolmuş veri paketlerinin yeniden iletimi, ortamda yeterince depolama alanı olduğu sürece uygulama düzeyinde yeniden iletim mekanizması sahip protokollerle gerçekleştirilir.

Etkileşimli ve duyarlı uygulamalara ait paketler zamana bağımlı uygulamalar olduğundan servis kalitesinin daha önemle uygulanması gerekmektedir. Zamanı tolere edilebilir uygulamalarda örneğin e-postanın iki dakika içinde gönderilebilir olması gibi durumlarda paketlerin sınırlı bir gecikme ile gelişleri gerekmektedir. Zamanlı uygulamalar TCP temelli olduklarından paket kayıplarında yeniden iletim mekanizması vasıtasıyla paketlerin yeniden iletimlerini mümkün kılan ve gerçek anlamda paket kaybı meydana çıkarmayan uygulamalardır (Chen 2011).

2.4.2 Servis kalitesine etki eden parametreler

Bu bölümde geleneksel ses kalitesini elde etmek ve VoIP uygulamalarında meydana gelen ses kalitesine etki eden parametreleri anlamak amacıyla ses iletimine etki eden sorunlar incelenecektir. Bu sorunlar bant genişliği, gecikme, paket kaybı ve titreme olarak sayılabilir (Maritz 2011).

Bant genişliği

Kullanıcının hedefe ne kadar paket gönderebileceğini kısıtlayan, gelen ve giden bant genişliği olarak iki yönlü iletişime sahip servis kalitesini etkileyen bir parametredir. Bant genişliği ağ üzerinde talep edilen miktarla doğru orantılı olarak değişen bir grafik sergilemektedir. Bu sebeple veri ihtiyacının fazla olduğu zamanlarda ağ üzerindeki veri trafiği artacağından uygulamalar vasıtasıyla kullanıcılar tarafından fark edilebilir ve istenmeyen kalitesiz iletişim ortamı oluşur.

Ses iletiminde kapalı ağlarda örneğin bir şirket içerisinde IP telefon uygulamasında G.711 kodek bilgisi ile ses iletimi sağlanırken dışarı ağlara çıkış yapılacağı zaman sınırlı bir bant genişliğine sahip olduğundan G.729 gibi sıkıştırılmış bir kodek

kullanılması uygun olmaktadır. Çünkü G.711 ses iletiminde yaklaşık 90k'lık bir bant genişliği ihtiyacı varken G.729 kodeği kullanıldığında ihtiyaç duyulan bant genişliği 30k'lara kadar düşmektedir.

Ses hizmeti alacak altyapılar üzerinde indirme ve yükleme oranlarının aynı olması gerekmektedir. Etkileşimli bir medya iletimi gerçekleştirileceğinden gelen verilerin ihtiyaç duyduğu kadar giden verilerin ihtiyaç duyduğu bant genişliği yeterli ve eşit miktarda olmalıdır (Egbenyon 2011).

Gecikme

Gecikme konuşmacının konuşması ile dinleyici tarafın duyması arasındaki zaman farkıdır. Bu etki VoIP için ses kalitesini belirlemede en önemli parametredir. Az miktardaki gecikmeler bazı uygulamalar tarafından tolerans gösterilebilirken, gecikmenin süresi fazla olması durumunda kalite sorunu başlamaktadır. Gecikmenin sebep olduğu en önemli olay ses örtüşmesidir. Bir konuşma süresince konuşmacı konuşmasını bitirdiğinde dinleyiciden gelecek cevabı dinlemek için susar. Eğer cevap uygun süre zarfında ulaşmaz ise konuşmacı tekrar konuşmaya başlar fakat bu zamanda dinleyicinin gecikmeye maruz kalmış cevabı yeni geldiğinden anlaşılmaz bir gürültü meydana gelecektir. Bu gecikmeden meydana gelen kalitesizliği ortadan kaldırmak için bir kural geliştirilmiş ve bu kurala göre çizelge 2.11'de ITU G.114'e göre izin verilen maksimum gecikme süresi 400 ms olarak tespit edilmiştir. Fakat bu değer pratik ortamda yüksek bulunduğundan tek yönlü gecikmenin 200ms'in altında olması gerekmektedir.

Çizelge 2.11 ITU G.114 gecikme değerleri

Gecikme	Açıklama
0-150ms	Çoğu uygulama için Kabul Edilebilir değer
150-400ms	Gecikmenin sebep olduğu bilgi bilindiği takdirde kabul edilebilir değer
400ms ve üstü	Kabul edilemez

Paketleme Gecikmesi

Sesin analog yapıdan sayısal veriye çevrilmesi gerektiğinden ve bu sayısal hale dönüştürülen ses paketler haline bölünerek iletim ortamına verileceğinden paketleme işlemi süresince meydana gelen gecikme işlemine Paketleme Gecikmesi denilmektedir. Bu gecikme bir paket içerisine yerleşecek kodek çerçevesine bağlıdır. Ne kadar çok kodek çerçevesinin bir pakete sıkıştırılmış olması, o kadar paket gecikmesine sebep olacaktır çünkü ilk kodek çerçevesi diğer çerçeve oluşmasını ve aynı paketin yüklenmesini beklemek zorunda kalacaktır. Kısaca paket büyüklüğü ile paketleme gecikmesi artmaktadır.

Daha büyük paketler kullanımındaki avantaj bant genişliğini verimli kullanmayı hedeflemektedir. Küçük paketler kullanmak ise daha fazla başlık bilgisine sahip paket sayısına ve ağ içerisinde tıkanıklığa sebep olacaktır. Bu durumda ses kalitesinin oluşabilmesi için bant genişliğinin verimli kullanılarak paketleme gecikmesinin ayarlanması gerekmektedir. Çizelge 2.12’de ses paketine eklenen her bir paket için 40byte büyüklüğüne sahip başlık bilgisi yer almaktadır.

Çizelge 2.12 Ses paketine eklenen başlıklar ve uzunlukları

RTP: 12 bytes	UDP:8 bytes	IP:20 bytes
---------------	-------------	-------------

Örnek olarak çizelge 2.13’de iki farklı kodek tipinin ses dışında eklenen bilgiler ile bant genişliğinin verimliliğinin oranları belirtilmiştir (Taşyumruk 2003). G.723.1 kodeği 5.3kb/s kodleme hızına ve G.729A ise 8 kb/s kodleme hızlarına sahiptir. Hesaplamalar her bir pakette bir çerçeve ve her bir pakette iki çerçeve olacak şekilde yapılmıştır. Veri kısmı büyüklüğü 20 byte ve 10 byte olarak verilmiştir. Bu durumda sonuca bakıldığında bir paket içerisinde iki çerçeve kullanan G.723.1 kodeğinin bant genişliğini en verimli şekilde %50 olarak kullandığı gözlemlenmiştir. Bant genişliği verimsizliğinin iki sebebi paketleme gecikmesinin azaltmak için ses veri kısmının küçük tutulması ve ses iletiminde UDP üzerinde çalışan RTP protokolünün ekstra olarak 12 byte ses dışı veri kullanmasıdır. Bu RTP sorununun önüne sıkıştırılmış gerçek-zamanlı iletim protokolü kullanılarak geçilebilir.

Paket gecikmesi ise kaynaktan hedefe gönderilen paketin çıkış zamanı ile hedefe varış zamanı arasındaki farktır. PSTN şebekesinde görüntülü telefon standardı olarak kullanılan G.723.1 standardına göre gecikme süresi 97,5 ms olarak verilmektedir. Bu gecikmenin 37,5 ms'si algoritmada meydana gelen gecikmeler, 40 ms'si işlem için gereken zaman ve 20 ms'si iletimde meydana gelen gecikmeleri kapsamaktadır. İnternet ortamında ise kodlama için geçen zamanı 25ms olan G.729 kodeği en çok kullanılan standarttır. Toplam gecikme süresini bir sonraki başlıkta anlatılacak olan kodlama gecikmesine ilaveten ağ durumuna göre ve kullanılan cihazın işlem kapasitesine göre de hesaplanması gerekmektedir.

Çizelge 2.13 Paketleme gecikmesi test sonuçları (Taşyumruk 2003)

Kodex Bilgisi	Her bir paketteki çerçeve sayısı	IP paket büyüklüğü (byte)	UDP paket büyüklüğü (byte)	Ses verisi büyüklüğü (byte)	Ses dışı veri	Bant genişliği verimliliği
G.723.1 5.3kb/s	1	60	40	20	66.7%	33.3%
	2	80	60	40	50%	50%
G.729A 8kb/s	1	50	30	10	80%	20%
	2	60	40	20	66.7%	33.3%

Kodlama gecikmesi

Sesin VoIP ortamında iletilebilmesi için analog veriden kodlama teknikleri vasıtasıyla sayısal veriye ardından yine kod çözücüler yardımıyla analog veriye dönüştürme işlemi sırasında oluşan kodlama ve sıkıştırma işlemine ait gecikmeye kodlama gecikmesi denilmektedir.

Network gecikmesi, ağdaki bağlantıların kapasitesinin ve ağ üzerinden geçirilen paketler üzerinde yapılan işlemlerin bir fonksiyonudur. Gecikme ağ üzerindeki veri yoğunluğundan, kullanıcı sayısından, trafik tipinden ve ağ geçitleri arası farklı iletim hızları gibi etkenlerden oluşmaktadır.

Kodlama analog ses sinyalini sayısal veriler haline getirmeye, sıkıştırma ise kodekler vasıtasıyla iletilecek olan verinin algoritmalar kullanılarak ihtiyaç duyduğu bant

genişliğini azaltmak için kullanılır. Kod çözme ve açma bu işlemlerin tam tersi olup hedefte ses verisine tabi tutulmaktadır. Genelde G.729 gibi düşük bit oranına sahip kodekler sıkıştırma için daha karmaşık algoritmalara tabi olduğundan daha fazla gecikmeye maruz kalırlar. Sıkıştırılmış ses daha az bant genişliği ihtiyacı duymasının yanı sıra ses kalitesinde problemler ortaya çıkmaktadır. Ses için kurulacak ağlarda bu ikilemin iyi karar verilmesi gerekmektedir (Ramakrishnan 2011).

Çizelge 2.14’de çeşitli ses kodeklerinin karakteristikleri mevcuttur. Bu şekle göre yüksek bit hızına sahip kodekler daha az işleme gecikmesine sahiptirler. Fakat yüksek bit hızına sahip kodeklerin ihtiyaç duydukları bant genişliği daha fazladır. Genel VoIP uygulamalarında dijital sinyal işleyiciler her 10 ms’de bir çerçeve oluştururlar. Bu çerçevelerden ikisi daha sonra tek bir ses paketi içine yerleştirilir (Vadivelu 2011).

Çizelge 2.14 Kodek karakteristikleri

Kodek	Bit Hızı (Kbps)	Kodek İşleme Gecikmesi (ms)
G.711	64	0.75
G.729A	8	10
G.723.1	6.3	30

Sıralama gecikmesi

Sıralama gecikmesi oluşturulan bitlerin hatta yerleştirilmesi süresince oluşan gecikmedir. Bu gecikme hattın hızına bağlıdır. Yüksek hızlı hatlarda daha az sıralama gecikmesi meydana gelmektedir. Örnek olarak çizelge 2.15’de 64 byte’lık bir paketin farklı link hızlarındaki sıralama gecikmesi gösterilmiştir.

Çizelge 2.15 Farklı hat hızlarına ait sıralama gecikmeleri

Paket Büyüküğü (byte)	Hat hızı				
	64 kbps	256 kbps	512 kbps	1 Mbps	10 Mbps
64 bayt	8 ms	2 ms	1 ms	0.5 ms	0.05 ms

Titreme

Titreme, ses paketlerinin hedefe değişken karakterlerde iletiminin bir ölçüsüdür. Bu durum iletilecek paketlerin hedefe farklı yollardan ve dolayısıyla farklı gecikme ve

paket kayıplarına maruz kalarak ilerlemesi neticesinde ortaya çıkmaktadır. İletilen veri gerçek zamanlı bir veri olduğundan titremenin kalitede önemli bir etkisi vardır. Titreme diğer adıyla gecikme değişiklikleri arttıkça ses anlaşılabilir bir hal alacaktır.

Hedefe farklı zamanlarda farklı paket kayıplarına maruz bir şekilde varan ses paketleri titreme tampon vasıtasıyla kaydedilerek sabit oranda iletilmesi mümkündür. Gelen paketler kuyruk metodu ile gelen sesi depolar ve yönlendir mantığıyla çalışmaktadır. Gecikme bir ortalamadır, titreme ise standart sapmadır.

Paket Kaybı

Paket Kaybı trafiğin çok fazla olduğu ve bant genişliğinin yetersiz kaldığı durumlarda meydana gelmektedir. Paket kaybı hem ses hem de veri paketleri üzerinde meydana gelmekte fakat ses paketlerinin hedefe geç varması ve titreme tampon zaman sınırını aşmasından dolayı ses paketleri düşürülmektedir. TCP kullanan veri paketlerinde böyle bir sorun yoktur çünkü yeniden iletim kontrol mekanizmasına sahip bir protokoldür. Fakat ses yeniden iletim kontrol mekanizmasını kullanamayacağından çünkü iletilmeyen ses paketi bir süre sonra yeniden iletileceğinden gecikmeye neden olmaktadır.

Paket kayıpları, rastgele ya da tümleşik şekilde meydana gelmektedir. Rastgele şekilde meydana gelen kayıplar Bit Yanılgı Oranı vasıtasıyla ölçülür. Tümleşik paket kayıpları ise bir sıralı komşu paketlerin yok olması halinde meydana gelir. Ses paketleri rastgele paket kayıplarından daha az etkilenmektedir. Bir abone, tek bir ses paketi kaybını fark etmez ama yetersiz bant genişliği neticesinde silinen tümleşik birkaç paketin kaybından iletişim bozulur.

Sonuçta BER uydu, mobil ya da kablosuz ağlarda çevre faktörlerinden ötürü (sis, yağmur vb) kablolu iletişime oranla daha değişken bir yapıya sahiptir. Fiber hatlarındaki fiber eklerinden ve bağlantı uçlarının örtüşmemesinden kaynaklı BER artmaktadır.

3. SES KALİTESİNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN TEST VE ÖLÇÜMLER İLE ANALİZİ

3.1 Kullanılan Test Programı

Ağ haberleşmesi üzerinde akan trafiği gözlemlemek ve geçen verilerin ölçümlerini yapabilmek amacıyla geliştirilen bir program olan “Wireshark” programı ile yapılan testler analiz edilmiştir. Ağ üzerindeki TCP/IP mesajlarını analiz edebilen 750'nin üzerinde protokolü destekleyen hata giderim, analiz etme, yazılım ve haberleşme protokol gelişimi ve eğitim amaçlı kullanılan bir programdır. Bir diğer avantajı gerçek zamanlı olarak analiz etme yeteneğine sahiptir. İletilen ses haberleşmesinde Wireshark SIP, H323, ISUP, MGCP ve UNISITIM ve bu sinyalleşme protokolleriyle ilişkili RTP paketlerini analiz etmektedir (<http://www.wireshark.org>, 2013). Şekil 3.1’de Wireshark ses örneğinde çağrı başına görülebilecek parametreler aşağıdaki şekildedir;

Start Time: çağrı başlangıç zamanı

Stop Time: çağrı bitiş zamanı

Initial Speaker: çağrıyı başlatan paketine ilişkin kaynak IP’si

From: SIP mesajlaşma yapısında daha önce görülen INVITE mesajı içindeki “From” başlık bilgisi alanı

To: SIP mesajlaşma yapısında daha önce görülen INVITE mesajı içindeki “To” başlık bilgisi alanı

Protocol: Çağrının kurulduğu protokol tipine ait bilgi

Packets: Çağrı süresince oluşan paket sayısı

State: Çağrı durumu;

CALL SETUP: Çağrı kurulum aşamasında (Kuruldu, Kuruluyor, İşlem Aşamasında veya Alarm halinde)

RINGING: Çağrı çalıyor (sadece MGCP protokolünde bu destek vardır)

IN CALL: Çağrı hala bağlı

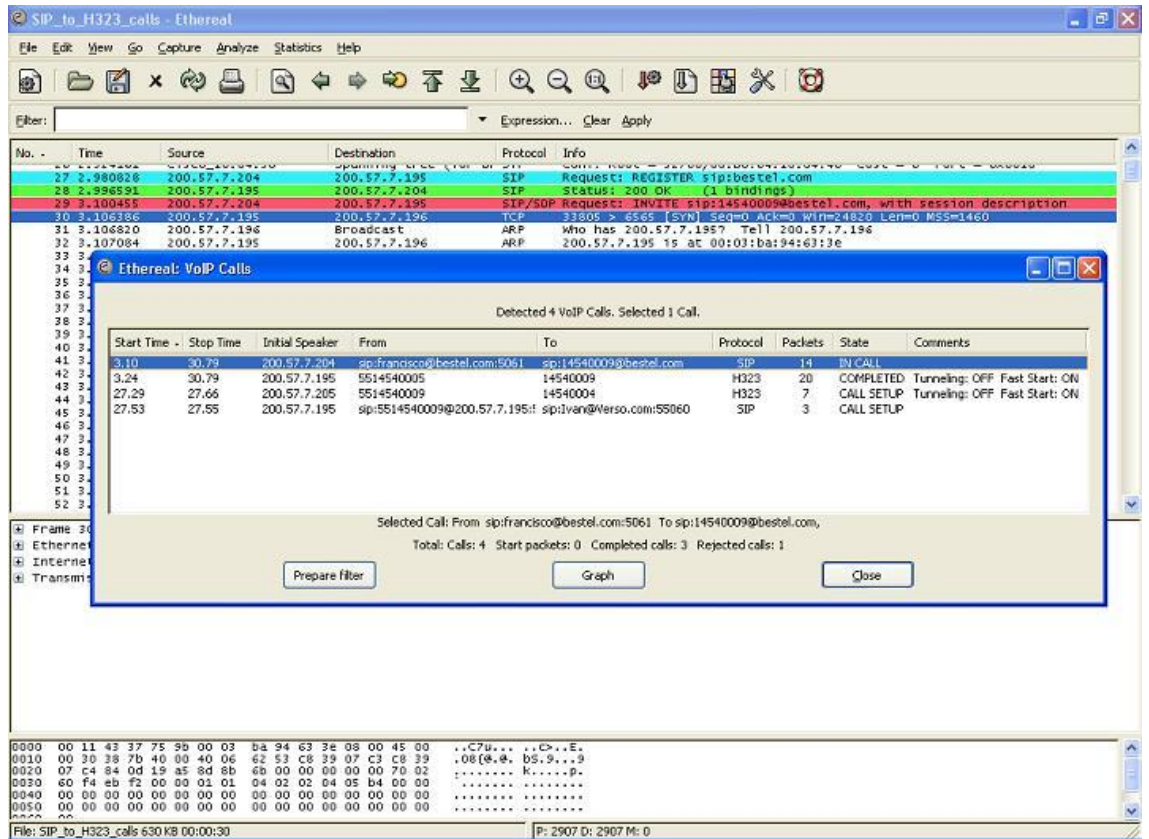
CANCELLED: Çağrı kurulmadan önce sonlandırıldı

COMPLETED: Çağrı kuruldu ve sonrasında sonlandırıldı

REJECTED: Çağrı reddedildi

UNKNOWN: Çağrı durumu bilinmiyor

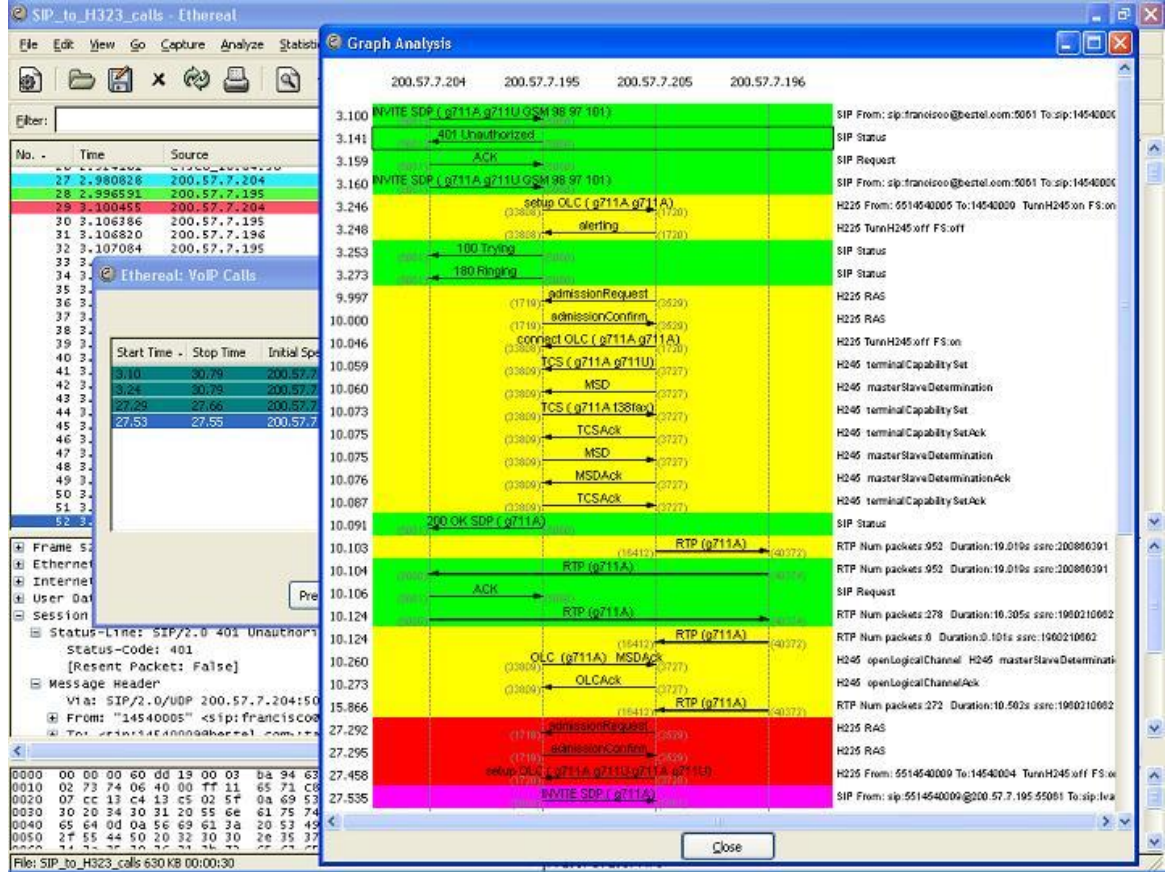
Comment: İlave açıklama satırıdır.



Şekil 3.1 Wireshark programı ses örneği

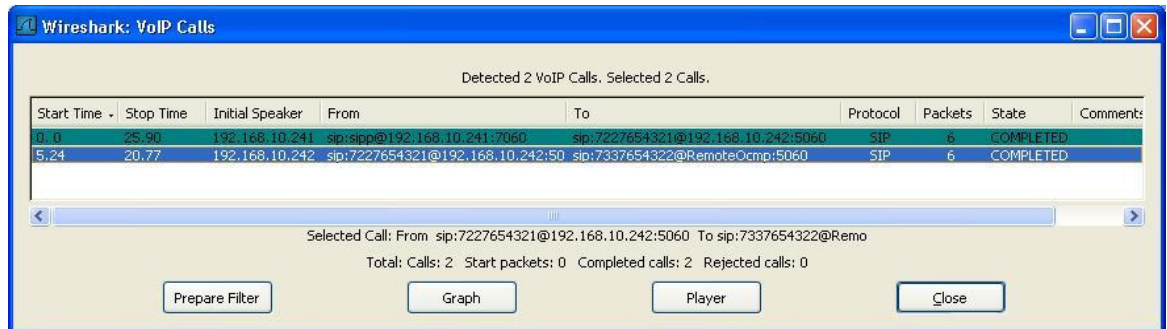
Wireshark programı vasıtasıyla grafiksel ölçümler de yapabilmek mümkündür. Şekil 3.2'de gösterildiği üzere grafiksel olarak detaylı analiz yapılabilmektedir. Burada 10 sütuna kadar IP adresini göstermek mümkündür, aynı çağrıya ait çağrılar aynı renge sahiptir, çağrılarda her paketin yönü belli edilmiştir, en üstteki etikette mesaj tipi görüntülenmektedir ayrıca kodek bilgisinin de barındırmaktadır. UDP/TCP kaynak ve

hedef portu paket başına gösterilmiştir. SIP sinyalleşmesine ait çağrılarda paketin istem ya da cevap mesajı olduğu bilgisi ile INVITE mesajı içerisinde “From” ve “To” alanları gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Wireshark programında ses paketlerinin grafiksel gösterimi

Şekil 3.3’de trafiği alınmış ses paketlerinin iletilen ve alınan RTP paketleri, gecikme ve titreme değerleri analiz edilebilmektedir.



Şekil 3.3 Wireshark programı ses paketleri

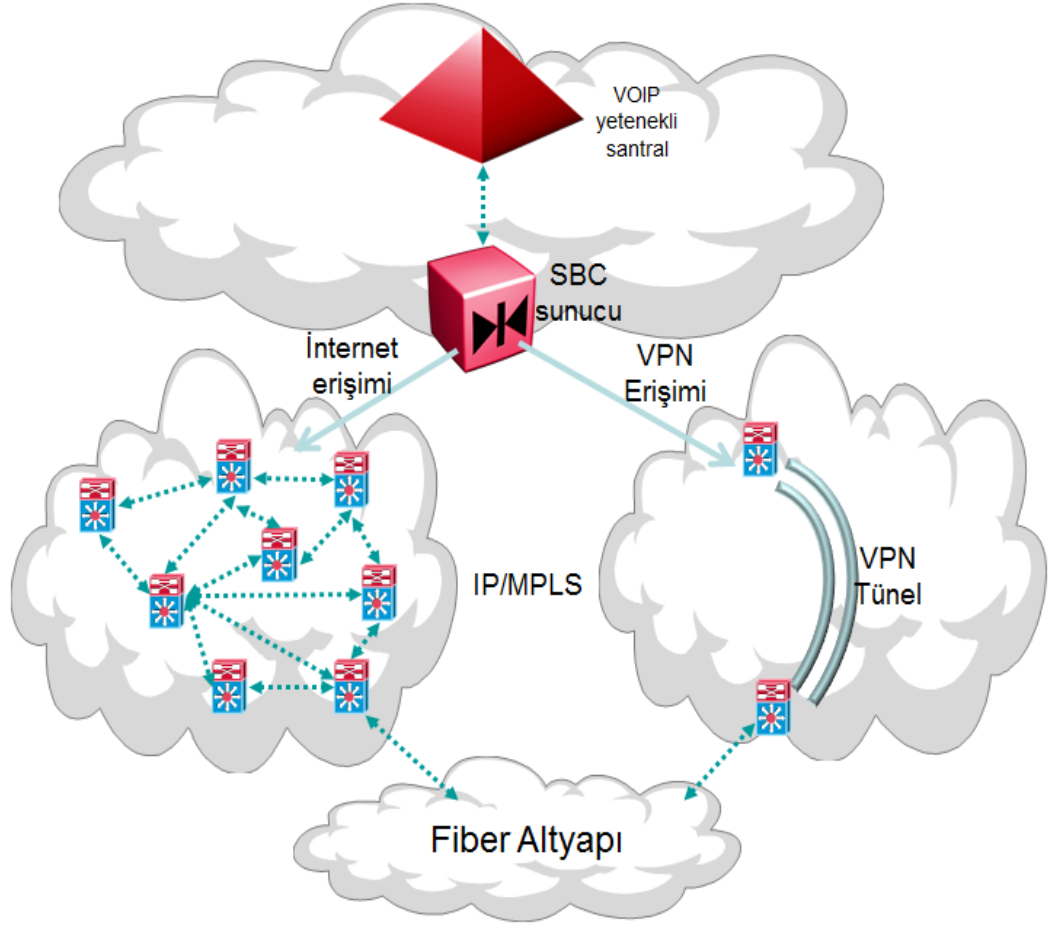
3.2 Yapılan Çağrı Örnekleri ve Bulgular

Tez uygulaması Türk Telekom test sahasında bulunan konuta bağlantılı fiber altyapısı çözümü olan pasif ethernet ve aktif ethernet olmak üzere iki ayrı alt yapı üzerinden yapılmıştır. Yapılan arama testleri sonucu arayan ve aranan tarafta alınan ölçümler analiz edilerek yorumlanmıştır. Her iki konuta bağlantılı fiber altyapıda ses trafiğinin internet, tünel ve tünel üzerinden ikinci bir kodek ile konfigüre edilmesi sonucu üç senaryo ortaya çıkmıştır. Her bir senaryoda paket kaybı, gecikme ve titreme değerleri ölçülmüştür.

Test ortamının kurulabilmesi için santral, IP/MPLS ve fiber altyapı olarak üç ana başlık altında gereksinimler mevcuttur. Santral olarak altyapı fiber olduğu için PSTN destekli bir santral hizmet veremeyeceğinden VOIP yetenekli bir santral üzerinden üç adet SIP hesap tanımlanmıştır. Santral tarafında ihtiyaç duyulan bir diğer sunucu ise oturum sınır kontrolörüdür. Santraller üzerinden SBC'nin temel görevi güvenliği ve çağrı trafiğini kontrol etmektir. Test yapısında kalite analizleri gereği SBC sunucusunun IP/MPLS networküne iki adet bağlantısı mevcut olup aşağıdaki şekil 3.4'te hem tünel hem de internet üzerinden erişimi sağlanmıştır.

İnternet üzerinden gönderilen bir ses paketinin veri paketinden ayrımı ve önceliği söz konusu değildir. Ses paketinin iletimi veri paketi gibi olacağından paket kaybı, gecikme ve titreme değerleri daha fazla olacaktır. Şekil 3.4'de fiber altyapı ile santral arasındaki bağlantıyı oluşturacak IP/MPLS ağı iki bulut halinde gösterilmiştir.

Ses paketinin santrale kadar internet ağından izole edilebilmesi için VLAN ve VPN tüneli oluşturulmuştur. İlgili VPN konfigürasyonu IP/MPLS üzerindeki yönlendiriciler üzerinde yapılmıştır. Fiber altyapı üzerinden tanımlanan VLAN, IP/MPLS'e erişiminde VPN'e teslim edilmekte ve böylece santrale kadar ses tünel üzerinden iletilmiştir.



Şekil 3.4 Santral bileşenleri ve IP/MPLS bağlantısı

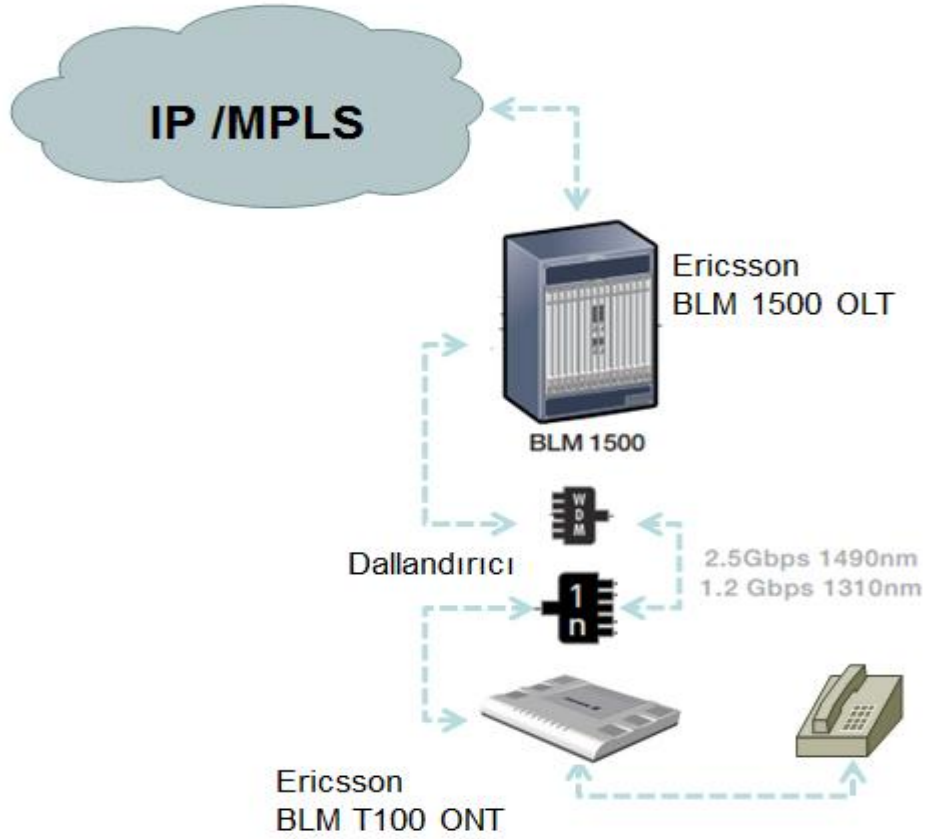
Pasif ethernet altyapısı OLT, dallandırıcı, ONT ve analog telefondan oluşmaktadır. Optik hat sonlandırıcı olarak Ericsson BLM 1500 OLT kullanılmıştır. OLT'den Şekil 3.5'de gözüken dallandırıcıya gelen fiber kablo dallandırıcı sayesinde çoğullanarak ONT'lere ulaşmaktadır. Test yapılan pasif ethernet fiber altyapısı şekil 3.6'da gösterilmiştir. ONT bir modem olup 4 port rj-45 ve 2 port rj-11 porta sahiptir ve pasif ethernet üzerindeki testlerde Ericsson BLM T100 kullanılmıştır. ONT'ler üzerinde bulunan FXS portundan analog telefona bağlantı yapılmaktadır. Santral üzerinde tanımlanan SIP hesaplar ONT üzerinde konfigüre edilmektedir. SIP hesabın aktif olabilmesi için kullanıcı adı, şifre, sunucu IP adresi ve alan ismi olarak 4 adet parametre mevcuttur. Belirtilen parametreler santral tarafında oluşturulmuş ve ONT cihazında konfigüre edilmiştir.



Şekil 3.5 Dallandırıcı

SBC sunucusunun internet ve VPN olarak iki IP adresi mevcuttur. Bu IP adresleri SIP hesap için gerekli olup internet üzerinden yapılan testlerde internet IP adresi, tünel üzerinden yapılan testlerde VPN IP adresi tanımlanmıştır.

İnternet üzerinden yapılan testlerde pasif ethernet fiber altyapısında herhangi bir ses VLAN yapısı oluşturulmamış ve fiber bulut ile IP/MPLS bulut arasındaki bağlantıda ayrı bir tanımlama yapmaksızın internet trafiği üzerinden teslimi sağlanmıştır. Bu testte ONT üzerinde sunucu IP adresi olarak SBC sunucusunun internet portuna ilişkin IP adresi ayarlanmıştır.



Şekil 3.6 Pasif ethernet test yapısı

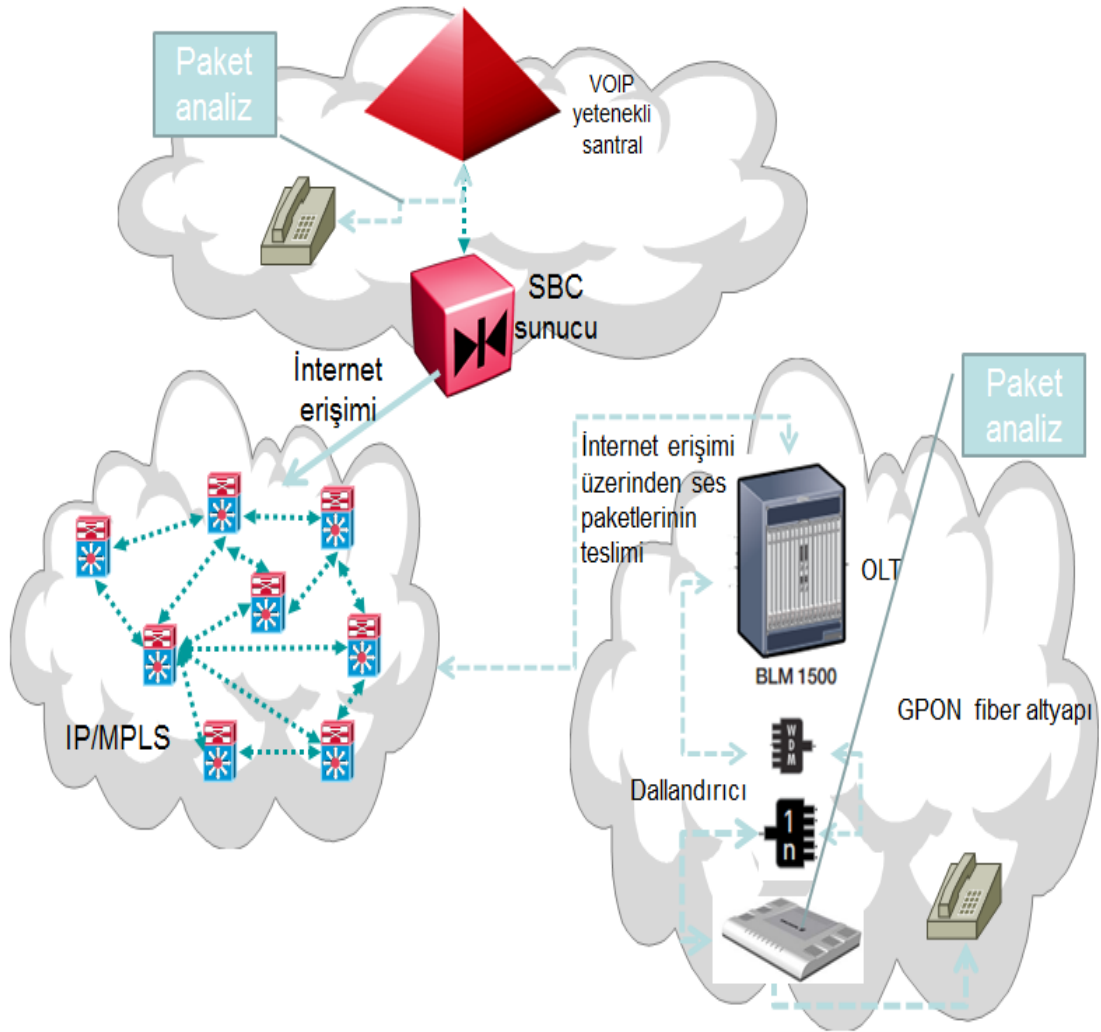
Santralde yer alan SBC sunucusunun VPN portuna ilişkin IP adresinin sunucu adresi olarak ayarlanabilmesi için fiber altyapısı ağında ayrı bir ses ağı kurulması gerekmektedir. Aynı fiber kablo üzerinden ayrı bir ağ oluşturma işlemi sanal yerel alan ağı ile sağlanabilmektedir. Ses için oluşturulan ayrı bir VLAN yapısı ONT cihazı üzerinde analog telefonun bağlı olduğu FXS portuna atanmıştır. Fiber bulut ile IP/MPLS ağı arasında ilave bir konfigürasyon ile ses sanal yerel alan ağı ile internetten ayrı bir şekilde teslim alınarak ses VPN bulutu içerisine dahil edilmiştir. Bu şekilde ses paketleri santralin bağlı olduğu SBC sunucusuna kadar internet trafiğinden izole edilmiş olarak ulaştırılmıştır.

Hazırlanan test platformunda ilk test pasif ethernet fiber altyapı üzerinden ve internet üzerinden yapılmıştır. Ses iletimi için gerekli kodek tipi G.711 olarak seçilmiştir. G.711

kodeği 64kbps sesi sıkıştırmadan paketlere dđnüştırmekte ve IP adresi başlıklarıyla birlikte yaklaşık 80-90 kbps olmaktadır.

Yapılan test çağrılarına ilişkin gönderilen ve alınan paketler karşılıklı wireshark programı ile analiz edilmiştir. ONT üzerinden ve santral ağında bulunan telefon üzerinden çağrı paketleri alınmıştır.

Pasif ethernet üzerinden internet erişimi ile G.711 kodeğe ilişkin topoloji şekil 3.7’de görölmektedir. Yapılan çağrıların neticesinde bulunan paket kaybı, gecikme ve titreme değerleri çizelge 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Pasif ethernet fiber altyapı ve internet üzerinden test topolojisi

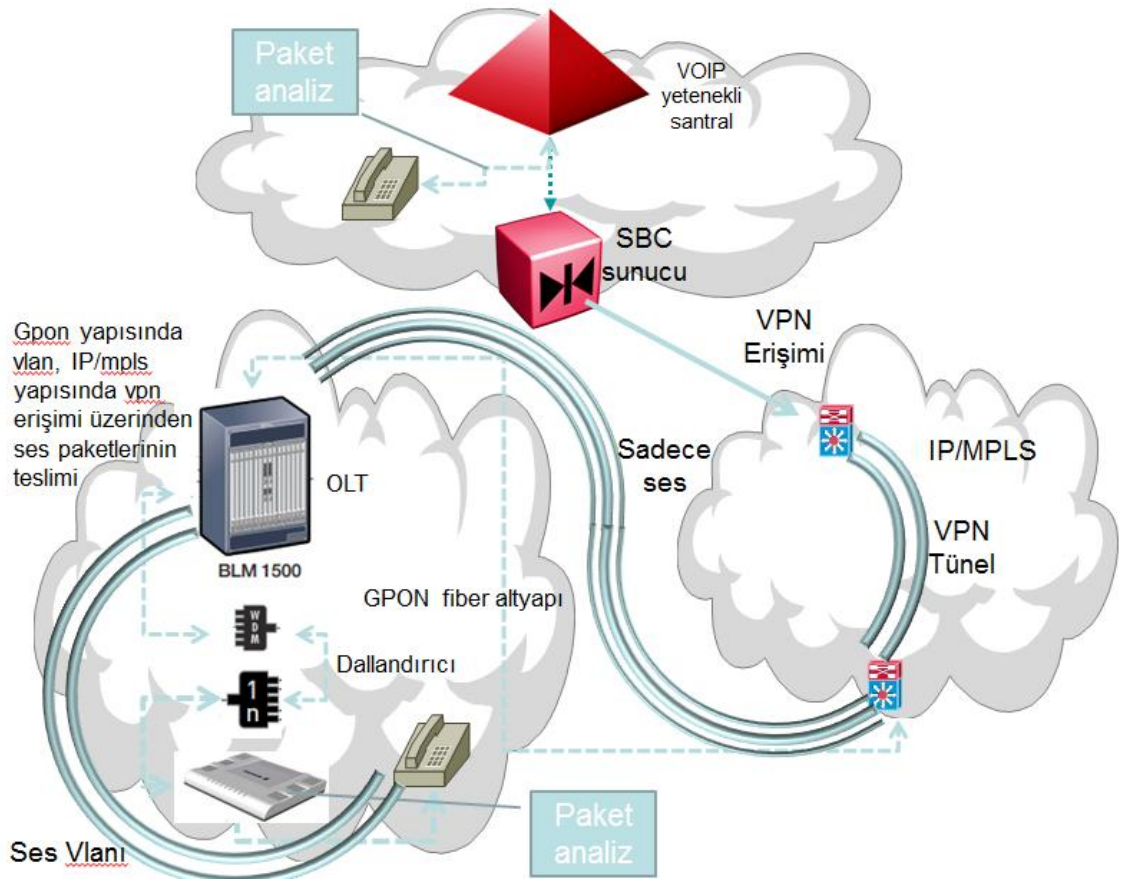
Çizelge 3.1 Pasif ethernet fiber altyapı ve internet üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri

İletilen RTP paketleri	Alınan RTP Paketleri	Paket kaybı oranı	Maksimum Ortalama Gecikme değeri (ms)	Ortalama titreme değeri (ms)
10201	8481	% 16,86	57,476	5,178

Çizelge 3.1’de yer alan sonuçlarda internet üzerinden iletilen ses paketlerinin iletim hattı boyunca etkilendiği görülmüştür. Daha kaliteli bir ses elde etmek amacıyla VLAN ve VPN üzerinden ikinci test yapısı oluşturulmuştur. Pasif ethernet bulutunda VLAN tanımlama işlemi yapılmıştır. İnternet trafiğine ilave ayrı bir ses ağı oluşturulmuştur. Fiber altyapı ile IP/MPLS ağı arasında ise oluşturulan VLAN’ın ses VPN’ine aktarılması sağlanmıştır. Şekil 3.8’deki gibi ses trafiğinin hem pasif ethernet fiber bulutunda hem de IP/MPLS ağında tünel konfigürasyonlarıyla SBC sunucusuna kadar erişimi sağlanmıştır. İnternet erişiminden farklılık oluşturan VPN ve VLAN konfigürasyonuna ilaveten ONT cihazında SIP parametrelerinde sbc sunucusunun VPN ağına bağlı portunun IP adresi sunucu IP adresine yazılmıştır.

Test yapısı şekil 3.8’deki gibi oluşturulduktan sonra yapılan çağrı testlerinde paket kaybı, titreme ve gecikme değerleri paket analizi yardımıyla ölçülmüştür. Tünel yapısı sayesinde kalite değerlerinde iyileşmeler olduğu gözlemlenmiştir.

G.711 kodek ile yapılan testlerden sonra aynı çağrı testleri daha az bant genişliği ihtiyacı duyan G.729 kodeği üzerinden tekrarlanmıştır. G.729 kodeğinin seçilmesinin nedeni hâlihazırda tanımlı olan tünel yapısının dış etkilerden etkilenmediğinin daha iyi analiz edilmesini sağlamaktır. G.729 kodek tipi bölüm 2 anlatıldığı üzere 8 kbps bir bit hızına sahiptir. Daha fazla sıkıştırılmaya tabi olan ve G.711’e göre daha az boyutta olan her bir ses paketinin önemi daha fazla artmaktadır. Bu sebeple daha az bant genişliği, daha fazla paket kaybı, gecikme ve titreme yaşanan ağlarda kullanılması tercih edilmemektedir.



Şekil 3.8 Pasif ethernet ses VLAN'ı tanımlı fiber altyapı ve VPN üzerinden ses iletimi test topolojisi

Çizelge 3.2 Pasif ethernet ses VLAN'ı tanımlı fiber altyapı ve VPN üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri

İletilen RTP paketleri	Alınan RTP Paketleri	Paket kaybı oranı	Maksimum Ortalama Gecikme değeri (ms)	Ortalama titreme değeri (ms)
8743	8571	% 1,96	37,462	2,408

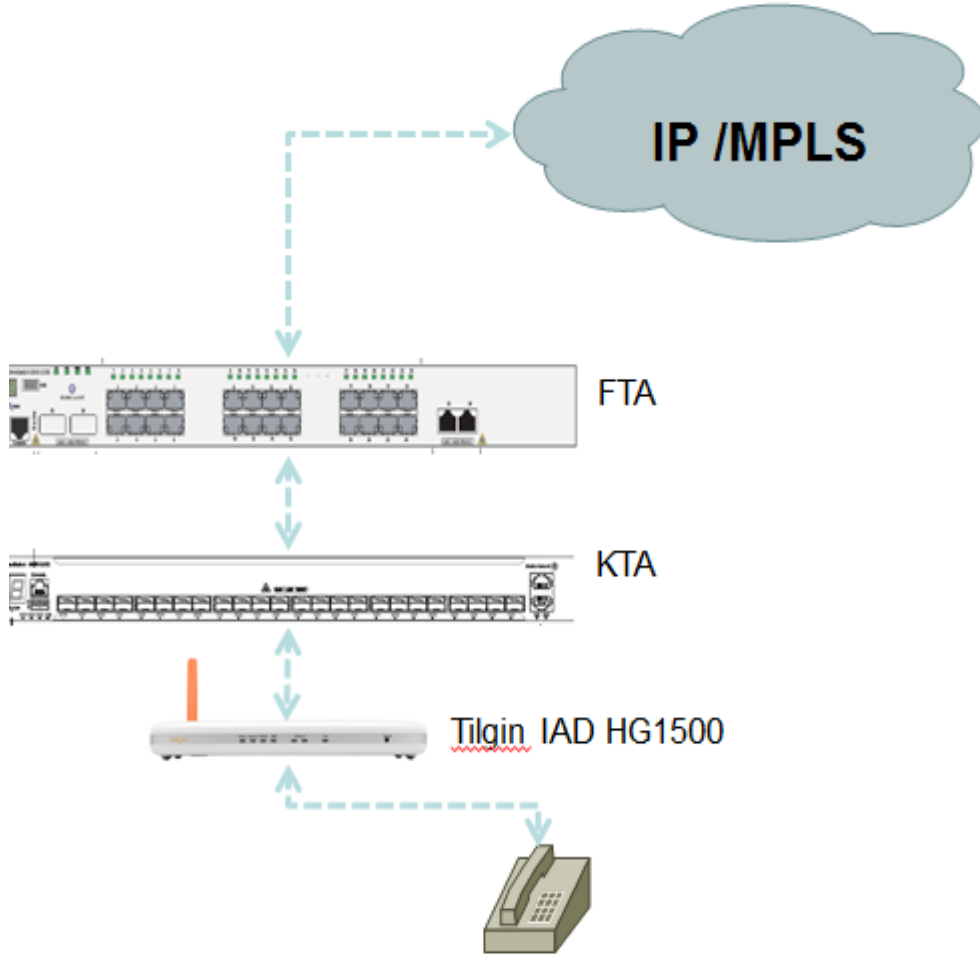
Çizelge 3.2'de bulunan sonuçlar üzerinde tünel yapısının oluşturulması ile paket kaybı ciddi oranda azalmış ve bu durum ses kalitesine olumlu yönde yansımıştır. Gecikme ve titreme değerlerinin de tünel yapısı üzerindeki ses iletiminde azalması tez amacını doğrulamaktadır. Aynı altyapı konfigürasyonunun korunarak sadece ONT cihazı üzerinde kodak tipi G.729 seçilerek testler yeniden tekrarlandığında çizelge 3.3'de belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.3 Pasif ethernet ses VLAN'ı tanımlı fiber altyapı ve VPN üzerinden G.729 koduyla yapılan testte paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme değeri ve ortalama titreme değerleri

İletilen RTP paketleri	Alınan RTP Paketleri	Paket kaybı oranı	Maksimum Ortalama Gecikme değeri (ms)	Ortalama titreme değeri (ms)
2423	2374	% 2,02	34,882	1,114

Diğer konuta bağlantılı fiber altyapı tipi olan aktif ethernet topolojisi şekil 3.9'deki gibi oluşturulmuştur. Aktif ethernet yapısında fiber toplama anahtarı, kenar toplama anahtarı ve ev ağ geçidi mevcuttur. Fiber toplama anahtarı birden fazla kenar toplama anahtarından gelen fiberlerin toplanarak IP/MPLS ağına iletilmesini sağlamaktadır.

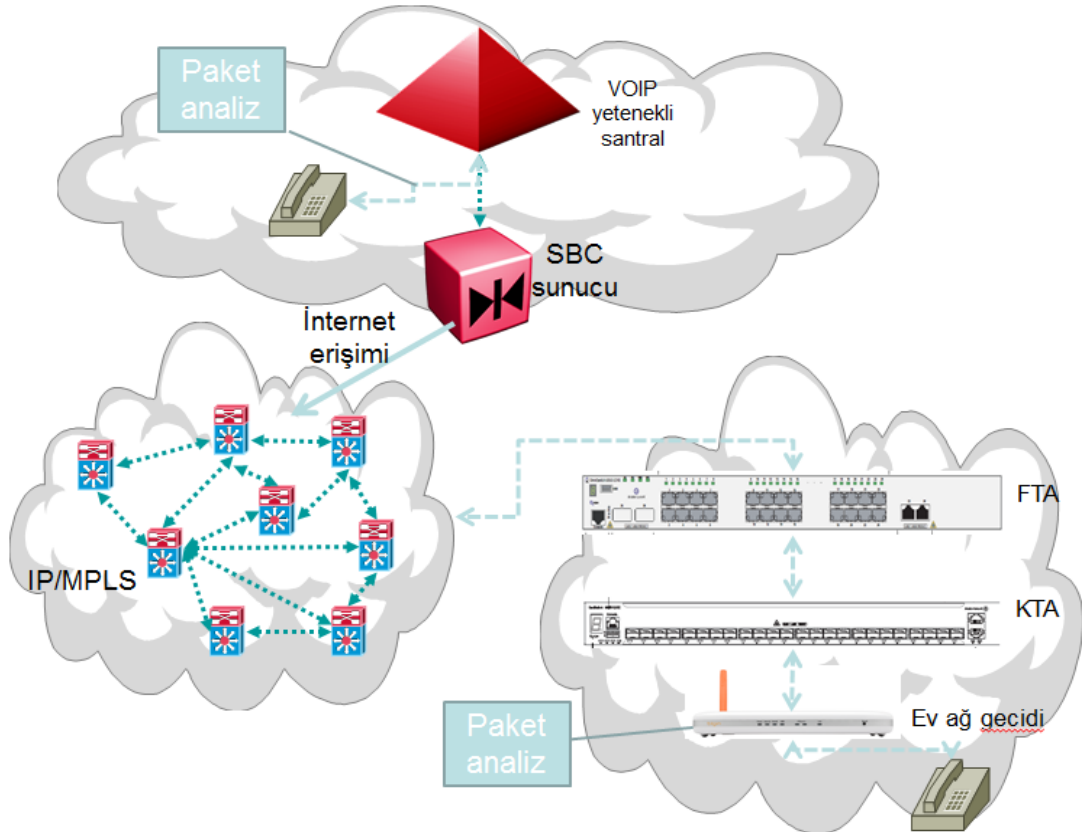
Pasif ethernet yapısı ile eşleştirildiğinde OLT'nin görevini FTA yapmaktadır. Kenar toplama anahtarı dallandırıcı görevini üstlenmekte ve her bir ev ağ geçidine fiber portu tahsis etmektedir. Pasif ethernet yapısındaki dallandırıcı işlevini kenar toplama anahtarı yapmaktadır. Ev ağ geçidi ise fiber sonlandırıcı bir modemdir. 4 port rj-45 ve 2 port rj-11 portlarına sahiptir. RJ-45 portlarına CAT5 kablo ile ethernet bağlantısı yapılarak internet ve internet televizyon hizmeti için kullanılmakta, rj-11 portuna ise analog telefon bağlanmaktadır. Testler ilgili analog telefon üzerinden yapılmıştır. Fiber toplama anahtarı olarak Alcatel Omniswitch 6850, kenar toplama anahtarı olarak Alcatel Omniswitch 6855 ve son kullanıcı cihazı olarak Tilgin HG1500 kullanılmıştır.



Şekil 3.9 Aktif ethernet test yapısı

İlk olarak internet üzerinden ses iletimi sağlanacak şekilde oluşturulan aktif ethernet test topolojisinde FTA ile IP/MPLS ağı arasındaki konfigürasyonda herhangi bir ayrı tünel yapısı oluşturulmamıştır. Santral üzerinde tanımlanan ikinci bir SIP hesap, ev ağ geçidi arayüzünde ihtiyaç duyulan kullanıcı adı, şifre, sunucu IP adresi ve alan ismi ile ayarlanmıştır. Şekil 3.10'da belirtildiği üzere ilk testler internet üzerinden yapılacaktır ve ev ağ geçidi üzerinde sunucu IP adresi olarak SBC sunucusunun internet IP adresi yazılmıştır. Fiber altyapı üzerinde ilave bir ses VLAN'ı ve IP/MPLS üzerinde VPN tünel olmadan ses paketleri internet trafiği üzerinden IP/MPLS ağında işlem görerek santrale ulaşmaktadır.

Çizelge 3.4’de bulunan sonuçlara göre aktif ethernet altyapısı üzerinden sesin internet üzerinden iletiminde yüksek paket kayıpları görülmüştür. Gecikme değerlerinin ve titreme değerlerinin de yüksek olması pasif ethernet üzerinde yapılan benzer testin sonuçlarını teyit etmektedir. Her iki fiber altyapısında da internet üzerinden ses iletiminde kalite sorunları ortaya çıkmaktadır.

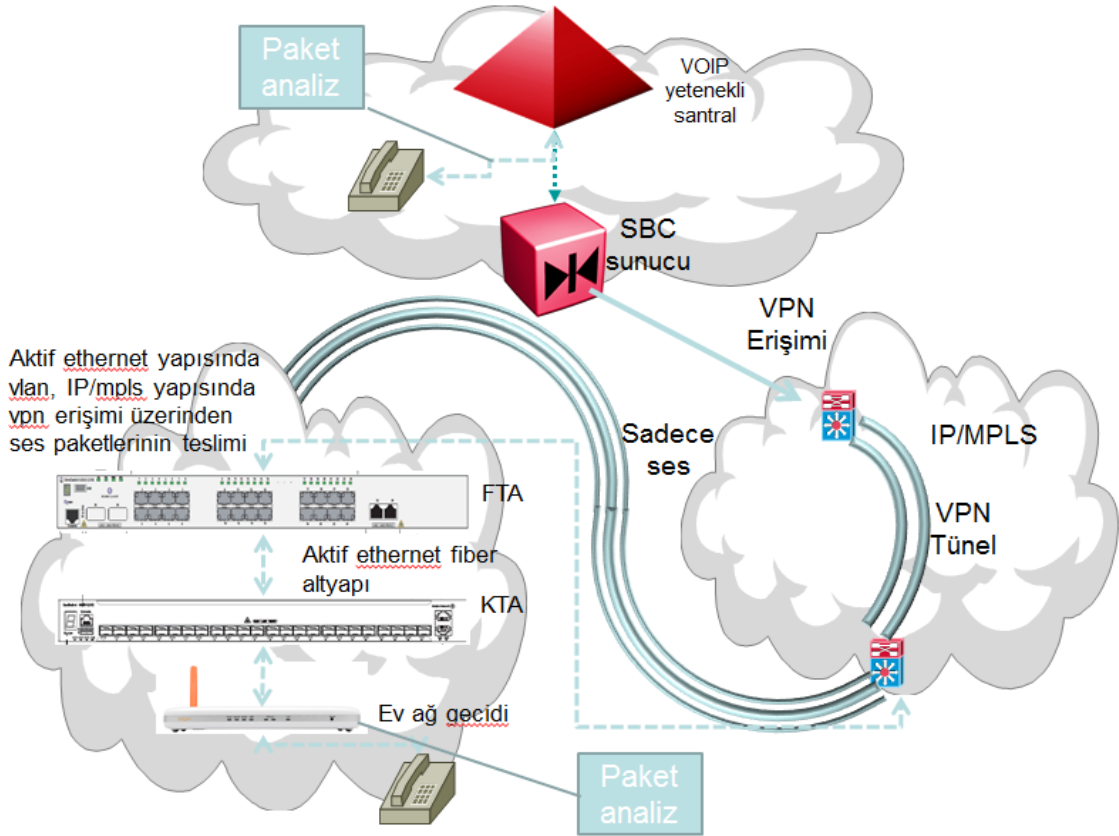


Şekil 3.10 Aktif ethernet fiber altyapısı ve internet üzerinden test topolojisi

Çizelge 3.4 Aktif ethernet fiber altyapısı ve internet üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri

İletilen RTP paketleri	Alınan RTP Paketleri	Paket kaybı oranı	Maksimum Ortalama Gecikme değeri (ms)	Ortalama titreme değeri (ms)
8283	6858	% 17,2	51,418	5,07

Fiber toplama anahtarı ve kenar toplama anahtarı üzerinde ses paketlerinin tünelle üzerinden iletilmesi için gerekli VLAN konfigürasyonu yapılmıştır. İlgili VLAN ev ağ geçidi üzerinde FXS portlarına atanmıştır. Fiber toplama anahtarı ile IP/MPLS arasında ses paketleri ayrı teslim alınarak VPN tünelle SBC sunucusunun VPN portuna ulaştırılmaktadır. Şekil 3.11’de ses VLAN’ı tanımlı aktif ethernet fiber altyapısı ile IP/MPLS ağında VPN konfigürasyonu tanımlı test topolojisi gösterilmektedir.



Şekil 3.11 Ses VLAN’ı tanımlı aktif ethernet fiber altyapı ve VPN üzerinden ses iletimi test topolojisi

Çizelge 3.5 Ses VLAN’ı tanımlı aktif ethernet fiber altyapı ve VPN üzerinden paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri

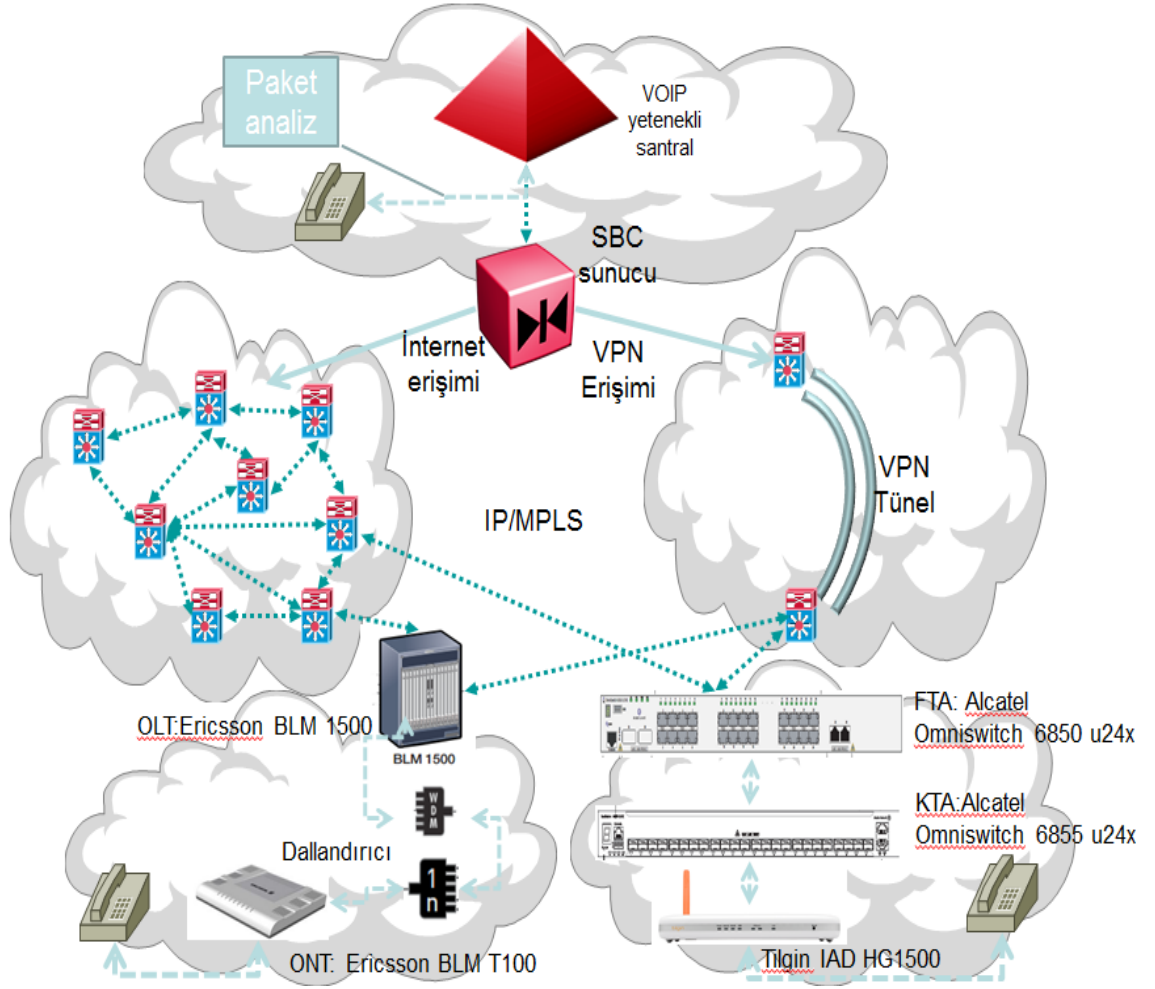
İletilen RTP paketleri	Alınan RTP Paketleri	Paket kaybı oranı	Maksimum Ortalama Gecikme değeri (ms)	Ortalama titreme değeri (ms)
9274	9151	% 1,32	38,128	2,684

Çizelge 3.5’de tünel yapısının ses kalitesi olumlu etkisi görülmüştür. Paket kaybı, gecikme ve titreme değerlerinde azalmalar olmuştur. Kodek tipi G.729 olarak testler aktif ethernet fiber altyapısında yeniden tekrarlandığında çizelge 3.6’da belirtilen sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 3.3’de pasif ethernet üzerinden yapılan testlerle benzerlik göstermektedir. G.729 kodek ile daha az gecikme ve titreme değerleri elde edildiği gözlemlenmiştir. Paket kaybı ise G.729 kodek yapısı gereği artmıştır.

Çizelge 3.6 Ses VLAN’ı tanımlı aktif ethernet fiber altyapı ve VPN üzerinden G.729 kodekle yapılan testte paket kaybı oranı, maksimum ortalama gecikme ve ortalama titreme değerleri

İletilen RTP paketleri	Alınan RTP Paketleri	Paket kaybı oranı	Maksimum Ortalama Gecikme değeri (ms)	Ortalama titreme değeri (ms)
2495	2442	% 2,12	32,862	0,952

Sonuç olarak yapılan çağrılarda her iki taraftan alınan ses trafiğine ilişkin paket kaybı, gecikme ve titreme değerleri wireshark programı ile çıkartılmıştır. Şekil 3.12 genel test topolojisinde gösterilen her iki fiber alt yapısında internet üzerinden ve tünel üzerinden olmak üzere iki çeşit erişim altyapısı üzerinden testler yapılmıştır. Pasif ethernet ve aktif ethernet üzerinden de iki farklı kodek seçilerek toplamda onsekiz adet sonuç elde edilmiştir. Tüm test sonuçları karşılaştırmalı olarak Sonuç bölümünde yorumlanmış ve çizelge 4.1-4.2’de gösterilmiştir. İnternet üzerinden iletilen ses trafiğinin maruz kaldığı etkiler ile ses tüneli üzerinden iletilen sesin maruz kaldığı etkiler farklı olduğu ve bu durumun test sonuçlarına yansıdığı görülmektedir. Ses tüneli üzerinden iki farklı kodek ile iletilen ses trafiğinin de maruz kaldığı etkinin farklı olduğu çizelge 3.3-3.6’da bulunan sonuçlar ile analiz edilmiştir.



Şekil 3.12 Genel test topolojisi

4. SONUÇ

Sonuç olarak aktif ethernet ve pasif ethernet fiber altyapıları üzerinden testler yapılmıştır. Çizelge 4.1-4.2’de karşılaştırmalı olarak bulunan sonuçlarda internet üzerinden çağrılarda daha fazla paket kaybı, gecikme ve titreme değerlerine sahip olduğu, ses tüneli tanımlaması sonrası yapılan analizlerde ise kalite değerlerinin olumlu yönde arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.1 Aktif ethernet test sonuçları

Aktif Ethernet	Kodek tipi	Paket kaybı oranları %	Gecikme değerleri (ms)	Titreme değerleri (ms)
İnternet	G.711	17,2	51,418	5,07
Ses tüneli	G.711	1,32	38,128	2,684
	G.729	2,12	32,862	0,952

Çizelge 4.2 Pasif ethernet test sonuçları

Pasif Ethernet	Kodek tipi	Paket kaybı oranları %	Gecikme değerleri (ms)	Titreme değerleri (ms)
İnternet	G.711	16,86	57,476	5,178
Ses tüneli	G.711	1,96	37,462	2,408
	G.729	2,02	34,882	1,114

Ses kalitesine etki eden en önemli parametrelerden paket kaybı oranı ses tüneli tanımlaması sonrası yaklaşık 8, 9 kat azaldığı görülmüştür. Çizelge 4.3’de pasif ethernet üzerinden yapılan test sonuçları karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.4’de aktif ethernet altyapısı üzerindeki paket kaybı oranları gösterilmiştir. Her iki sonuca göre tünel yapısının ses kalitesi değerlerinden paket kaybı oranını azalttığı görülmektedir.

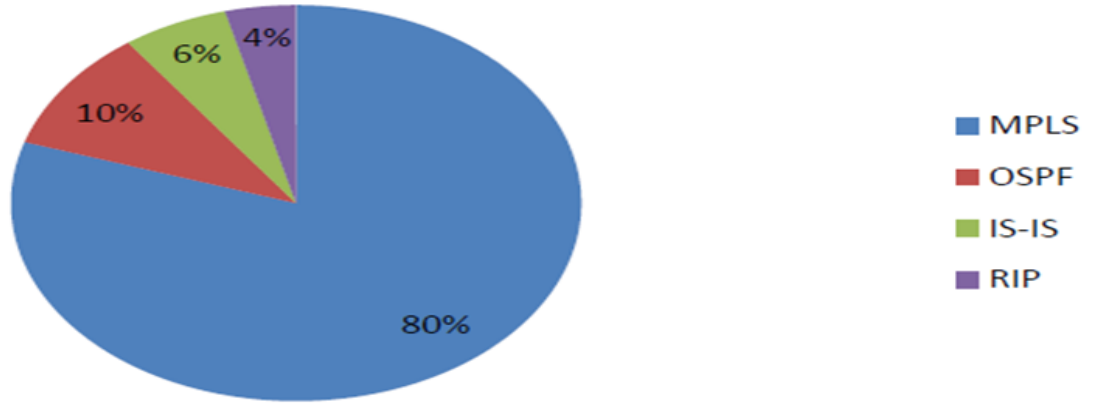
Çizelge 4.3 Pasif ethernet paket kaybı oranları

Pasif Ethernet	Paket kaybı oranları %
İnternet	16,86
Ses tüneli	1,96

Çizelge 4.4 Aktif ethernet paket kaybı oranları

Aktif Ethernet	Paket kaybı oranları %
İnternet	17,2
Ses tüneli	1,32

İnternet trafiği ile ses trafiğinin ayrılmasını sağlayabilmek için ilgili konfigürasyonu tüm fiber erişim ve IP/MPLS'teki cihazlarda olacak şekilde VLAN ve VPN tünel yapısı kurulmuştur. VPN yapısının sağlanması, ses iletişimde güvenliği arttırmakta ve servis kalitesinin sunulabilmesini sağlamaktadır (Rehman 2010). Bu şekilde yapılan testlerde internet trafiği ile ses trafiği tamamen ayrıştırılmış ve iletilen paketlerde daha yüksek bir oran elde edilerek kaliteli bir ses iletimi sağlanmıştır. Şekil 4.1'de çeşitli yönlendirme protokolleri üzerinden yapılan teknik değerlendirmeler neticesinde 3.5G mobil haberleşmesinde ağ hızı, ölçeklendirme ve servis kalitesi tanımlama desteği sayesinde MPLS üzerinden iletişim %80 oranda en iyi iletim protokolü olarak seçilmiştir (Fiati 2010).



Şekil 4.1 İletim protokolleri karşılaştırması (Fiati 2010)

Ses paketlerinin alıcı tarafından verici tarafına beklenen zamandan daha geç ulaşması sebebiyle ses kalitesi etkilenmektedir. VLAN ve VPN ile tünel yapısının oluşturulması ile çizelge 4.5-4.6’da belirtilen sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre hem pasif ethernet hem aktif ethernet altyapılarındaki tünel yapısı üzerinden iletilen ses paketlerinde daha az gecikme değerleri elde edildiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.5 Pasif ethernet gecikme değerleri

Pasif Ethernet	Gecikme değerleri (ms)
İnternet	57,476
Ses tüneli	37,462

Çizelge 4.6 Aktif ethernet gecikme değerleri

Aktif Ethernet	Gecikme değerleri (ms)
İnternet	51,418
Ses tüneli	38,128

Tünel yapısı üzerinde sıkıştırılmamış kodek olan G.711'den sıkıştırılmış ses kodeği olan G.729 kodek tipi ile testler yapılmış, sıkıştırılmış bir kodekte de aynı ses kalite başarısının elde edilmesini gözlemlemek amaçlanmıştır. Bölüm 2.4.2'de bahsedilen aynı altyapı ve iki farklı kodek tipi ile yapılan testte paketleme gecikmesi ve kodlama gecikmesi analiz sonuçlarını farklılaştırmıştır. Paketleme gecikmesinde paket büyüklüğü nedeniyle gecikme değeri artmaktadır. G.711 kodek tipinde paket büyüklüğü daha fazla olduğundan G.729 kodek tipine göre gecikme değerleri test sonucunda yüksek çıkmıştır. Bu durum çizelge 4.7-4.8'de gösterilmektedir. Benzer sonuçlar çizelge 4.9'da G.711 ve G.729 kodek kullanımında paket kaybı oranı %0,1 olan bir ortamda gecikme değerleri sırasıyla 282 ms ve 221 ms olarak ölçümlenmiştir (Janssen 2002).

Çizelge 4.7 Pasif ethernet G.729 gecikme değerleri

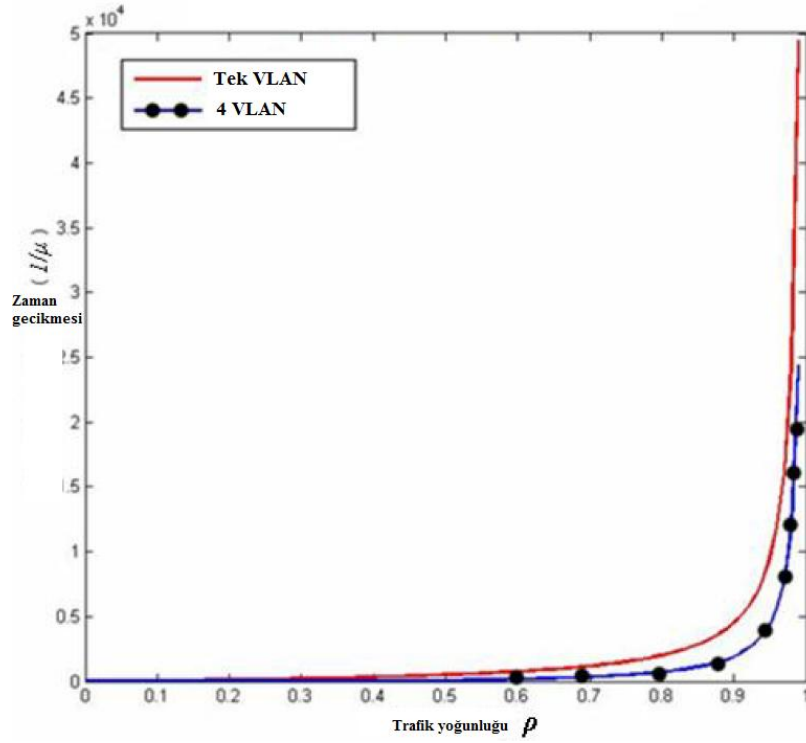
Pasif Ethernet	Kodek tipi	Gecikme değerleri (ms)
Ses tüneli	G.711	37,462
	G.729	34,882

Çizelge 4.8 Aktif ethernet G.729 gecikme değerleri

Aktif Ethernet	Kodek tipi	Gecikme değerleri (ms)
Ses tüneli	G.711	38,128
	G.729	32,862

Yapılan çalışmada tünel yapısını oluşturabilmek için fiber altyapı üzerinde ses için VLAN konfigürasyonu yapılmıştır. Bu durumda fiber sahası içerisindeki tüm cihazlar üzerinden ses ve veri olmak üzere iki çeşit VLAN mevcuttur. Tünel üzerinden yapılan testlerde ses kalitesini arttıran bu durumun fiber ağında farklı VLAN kullanılması ile gecikme değerlerinin azalması, tek VLAN yapısı ile 4 VLAN yapısı arasındaki

verimliliği analiz ederek yorumlayan çalışmayı doğrulamaktadır. Şekil 4.2’de ağda toplam gecikme süresinin trafik yoğunluğuna göre dört ayrı VLAN tanımlanarak iletilmesi daha avantajlı olduğu gösterilmektedir (M.Abdul-Jabbar vd. 2011).



Şekil 4.2 VLAN sayısının artırılmasının avantajı (M.Abdul-Jabbar vd. 2011)

Ses paketlerinin alıcı ve verici arasında ağ içerisindeki etkilerden ötürü farklı zamanlarda ulaşması neticesinde oluşan titreme tünel yapısı ile azaldığı görülmektedir. Aktif ethernet ve pasif ethernet üzerinden yapılan testler neticesinde bulunan sonuçlar Çizelge 4.9-4.10’da görülmektedir.

Çizelge 4.9 Pasif ethernet titreme değerleri

Pasif Ethernet	Titreme değerleri (ms)
İnternet	5,178
Ses tüneli	2,408

Çizelge 4.10 Aktif ethernet titreme değerleri

Aktif Ethernet	Titreme değerleri (ms)
İnternet	5,07
Ses tüneli	2,684

G.729 kodek tipinin kodlama gecikmesi G.711 kodek tipine göre daha yüksek olsa da toplam da yaşanan gecikme değerinde etkisi az olduğu gözlemlenmiştir. G.729 kodeğinin daha az bant genişliği ihtiyacı duyduğu için daha düşük ses kalitesi elde etmesine rağmen servis dışı bırakma ataklarına karşı daha direnç göstermektedir. Çizelge 4.11’de bulunan sonuçlara göre herhangi bir atağa maruz kalmadan VPN üzerinden G.711 kodeği ile daha kaliteli bir ses elde edilmiştir (Miroslav vd. 2008).

Çizelge 4.11 Ses kalite değerleri (Miroslav vd. 2008)

100 eş zamanlı çağrı (R değerleri)	Sadece ses	VPN	4 Mbps trafik ile
G.729	82,6	82,5	82,3
G.711	93	90,8	62,3

Taylandlı kullanıcılar üzerinden yapılan bir çalışmada paket kaybına maruz kalınan bir ağda G.711 ile G.729 kodek arasındaki ses kalite algılaması ölçümlenmiştir. %0, %2 ve %6 paket kaybına sahip bir ağda her iki kodek yakın kalite değerlerine sahipken, %10 ve %20 paket kaybı olan bir ağda G.711 kodeği ile daha kaliteli bir ses elde edilmiştir (Daengsi vd. 2012). Tezde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığı paket kaybının düşük olduğu ses tüneli üzerinde iki kodek arasında yakın ses kalite değerleri bu durumu teyit etmektedir.

Aktif ethernet ve pasif ethernet fiber altyapılarındaki yüksek bant genişliği imkanı ve tünellemenin desteği sayesinde testlerde yakın ses kalite değerleri elde edilmiştir. Her iki yapı arasındaki farklılıklar test süresince gözlemlenmiştir. Yatırım maliyeti pasif optik networkte daha az olduğu için tercih edildiği ayrıca tasarım, planlama ve kurulum

konularından bakıldığında pasif optik fiber altyapının avantajlı olduğu görülmektedir (Kocher 2012).

Günümüzde servislerin kullandıkları bant genişliği ihtiyacı artmakta ve servis kalitesi önem kazanmaktadır. IP üzerinden iletimde paket anahtarlamalı bir iletim söz konusu olduğu için ve ses kalitesi PSTN'de olduğu gibi devre anahtarlamalı ve sadece ilgili ses devresine özgü bir bağlantı kurulduğu için ilgili kaliteyi günümüze taşımak için VLAN ve VPN konfigürasyonları ile servislerin ayrıştırılması ile mümkün olabileceği görülmüştür. VoIP haberleşmesi tüm ağ üzerinde gerekli servis kalitesinin tanımlanması ile kaliteli ve PSTN ses kalitesine yakın sorunsuz ses elde edilmesi sağlanabildiği anlaşılmıştır.

Gelişen haberleşme ihtiyaçlarına paralel olarak artan bant genişliği ihtiyacı ve servislerin hizmetine devam edilebilmesi verilecek servis kalitesindeki memnuniyetle mümkün olacağı kesindir. Bu amaçla gelecek çalışmada sesin tünel tanımlamaları olmadan internet üzerinden iletim kalitesi artırılarak verilmesi analiz edilecek ve sonuçlar mevcut tez sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Bu amaçla ses trafiğinin internet üzerinden verilmesi durumlarında ses kalitesinin artırılabilmesi için ses paketlerine öncelik verilmesi gerekmektedir. Ses paketlerine öncelik ayrılmış servisler kod noktası tanımlamasının tüm ağ üzerindeki cihazlarda tanımlanarak yapılmasıyla sağlanabilecektir. İlave olarak MPLS altyapısında ise farklı VPN teknikleri ile elde edilecek sonuçlar tezde elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılabilecektir.

Bir diğer ilave çalışma olarak internet trafiği üzerinden yapılan testlerde fiber altyapıda bulunması planlanan diğer abonelerin ses trafiği ve ses ile iletilecek internet trafiğinin de olması durumlarında ses kalitesi daha fazla bozulacağı öngörüldüğünden böyle bir ortamın oluşturulması ve analiz edilmesi ve mevcut tez sonuçlarıyla karşılaştırılması sağlanabilecektir. Testler sırasında diğer kodek tipleri ile testler devam ettirilebilir. Bu şekilde en uygun kodek seçimi ile en uygun bant genişliği kullanımı ve kalite değerleri elde edilmiş olacaktır. İlaveten trafik analizi yapılacak nokta sayısının artırılması ile kaliteye etki eden durumun tespiti ve bu doğrultuda alınacak önlem ile daha kaliteli ses değerleri elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Abdul-Jabbar,J.M.,Al-Karim,W.Y.A. and Mohamed,R.A., 2011.Efficiency of Four Virtual LANs with Equal Processing Times.Musul Üniversitesi,10,İrak.
- Anonim,2002.Web Sitesi. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261>. Erişim Tarihi 10.01.2013.
- Anonim,2003.Web sitesi. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550>. Erişim tarihi 10.01.2013.
- Anonim,2011.Web Sitesi. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1Q-1998.pdf> Erişim tarihi 10.01.2013.
- Cale, I.,Salihovic, A. and Ivekovic, M. 2009.Gigabit Passive Optical Network - GPON. Universidade Tecnica De Lisboa , 6, LISBOA.
- Chen, K. 2011.A study of Skype over IEEE 802.16 networks: voice quality and bantwidth usage . Iowa State University, 42, Iowa.
- Cisco,2013.Web sitesi http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking_Technology_Handbook . Erişim tarihi 10.01.2013.
- Daengsi,T.,Sukparungsee,S.,Wutiwiwatchai,C. and Preechayasomboon,A.2012. Comparison of Perceptual Voice Quality of VoIP Provided by G.711 and G.729 Using Conversation-Opinion Tests, International Journal of the Computer, the Internet Management , 20 (1); 21-26
- De Ghein, L.2006.MPLS Fundamentals, Cisco Press
- Dechjaroen,C.2002.Performance Evaluation Of Voice Over Internet Protocol.Navy Üniversitesi,115,Kaliforniya
- Egbenyon, D. 2011. Implementing QoS for VoIP in a Local Area Network (LAN). Turku University Of Applied Sciences, 54 , Finlandiya.
- Fiati,P.2010. Satisfying End-to-End Quality of Service Requirements in Mobile Packet Networks. Kwame Nkrumah University Of Science And Technology, 104, Afrika
- Garcia,J.P.S.2011.Implementation and evaluation of a mechanism to boost voice capacity in 802.11WLANs.Madrid Carlos 3 Üniversitesi,42,İspanya.
- Gupta, M., Malhotra, N. and Pathak, A.N.2010. Performance Analysis of FTTH at 10 Gbit/s by GEAPON Architecture. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, 7 (5); 268-271
- He,Q.2007.Analysing the Characteristics of VoIP Traffic.Saskatchewan Üniversitesi, 95,Saskatchewan.
- Janssen, J. 2002.Delay Bounds for Voice over IP Callss Transported over Satellite Access Networks.Journal on Mobile Networks and Applications, 7(1);79-89
- Jay,S.,Neumann,K. and Plückebaum,T.2011. Comparing FTTH Access Networks based on P2P and PMP Fibre Topologies. Cost Modelling and Internet Economics WIK-Consult GmbH , 9,Almanya.
- Kocher,D.2012. Investigation of FTTH Architectures Based on Passive Optical

- Latif,T.,Malkajiri,K.K.2007.Adoption of VOIP. Lulea Teknoloji Üniversitesi,75,İsveç.
- Malik,D.,Dung,S. and Waila,R.2012. Quality of Service in Two-Stages EPON for Fiber-to- the-Home.IJSCE, 2(2) 387-390
- Maritz,G.S.H.2011.A Network Traffic Analysis Tool for the Prediction of Perceived VoIP Call Quality.Stellenbosch Üniversitesi,122,Afrika.
- Miroslav,V., Allessandro,R. and Antonio,N. 2008Performance comparison of secure and insecure VoIP environments. TERENA Networking Conference,10,Hollanda
- Networks. THAPAR UNIVERSITY,67,Hindistan
- Nocito, C.D. 2011. A Network Conditions Estimator for Voice Over IP Objective Quality Assessment. University of Miami, 87, Miami.
- Ogunjimi,Y.2012.Practical Analysis of Voice Quality Problems of Voice over Internet Protocol (VoIP).Turku University Of Applied Sciences , 57 , Finlandiya.
- Optical Network (GEAPON) system with triple play services.IJECT,2(3) 154-160
- Rahman, S.R.U. 2010.Investigation of different VPN Solutions And Comparison of MPLS, IPSec and SSL based VPN Solutions. Blekinge Institute Of Technology,70,İsveç
- Ramakrishnan, R.S. and Kumar, P.V. 2008. Performance analysis of different codecs in VoIP using SIP. TIFAC-CORE: The Conference on Mobile and Pervasive Computing. sayfa 142-145.
- Shah,M.A.2011. Performance of Voice & Video over IP using various IP Transition Mechanisms .UNITEC Institute of Technology, 179, Yeni Zelanda
- Shaik,J.S. and Patil,N.R.2008.FTTH deployment options for telecom operators. Sterlite Optical Technologies Ltd,9, Almanya
- Tao,S.,Apostolopoulos,J. and Guerin,R.A.2005.Real-Time Monitoring of Video Quality in IP Networks.University of Pennsylvania,7,Amerika
- Taşyumruk,L.2003.Analysis of Voice Quality Problems of Voice Over Internet Protocol. Naval Postgraduate School,79,California
- Vadivelu,S.2011.Evaluating the Wuality of Service in VOIP and comparing various encodeing techniques. University of Bedfordshire,66,İngiltere
- Varshney, U., Snow, A., McGivern M. and Howard., C. 2002. “Voice over IP” ACM, The Communications of the ACM, 45(1), 89-96,
- Verma,N.,Singhal,A.2011.Performance analysis of FTTH Gigabit Ethernet Passive
- Wikipedia,2013, Web sitesi. http://en.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP Erişim tarihi 10.01.2013.
- Wireshark, 2013, Web sitesi. <http://www.wireshark.org> Erişim tarihi: 10.01.2013.
- Zeadally, S., Siddiqui, F. ve Kubher, P. 2004. “Voice over IP in intranet and internet environments” IEE, Journal on Communications, 151(3), 263-269,

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Mustafa Aytaç KARAMAN

Doğum Yeri :Burdur

Doğum Tarihi :31.08.1985

Medeni Hali :Bekar

Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Kütahya Ali Güral Anadolu Lisesi 2003

Lisans :Kayseri Erciyes Üniversitesi Elektronik Mühendisliği 2008

Yüksek Lisans :Ankara Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Anabilim Dalı (Eylül 2008 – Ağustos 2013)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Türk Telekom A.Ş Network Direktörlüğü VAS Sistemleri Müdürlüğü 2008 –
devam ediyor