

# MPLS AĞLARI ÜZERİNDE SERVİS KALİTESİNİN ANALİZİ

Özge GÜRE<sup>1</sup>

Burak Kaan BOYACI<sup>2</sup>

N. Özlem ÜNVERDİ<sup>3</sup>

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Elektrik-Elektronik Fakültesi  
Yıldız Teknik Üniversitesi, 34349, Beşiktaş, İstanbul

<sup>1</sup> e-posta: ozgegure@ieee.org

<sup>2</sup> e-posta: bkaanboyaci@gmail.com

<sup>3</sup> e-posta: unverdi@yildiz.edu.tr

*Anahtar sözcükler : İletişim teknolojileri, MPLS, QoS, VoIP*

## ÖZET

*Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, işletmeler veri hızlarında artışa, ağ yönetimlerinin kolaylaştırılmasına, değişik veri tipi ve yollarına uyum sağlayabilmeye ve ekstra güvenlik getirilerine ihtiyaç duymaktadırlar. Son yıllarda gelişen MPLS ağ topolojileri tarafından bu ihtiyaçlar bir arada sunularak gelişmiş hizmetler verebilen veri ağları oluşturulmaktadır. Özellikle bir MPLS ağından istenilen trafiğin önceliklendirilebilmesi, bir başka deyişle QoS (Quality of Services, Servis Kalitesi) uygulamaları, bu teknolojiyi daha önemli bir hale getirmektedir.*

*Bu çalışmada, MPLS teknolojisi çeşitli yönleriyle irdelenmiştir. Çalışmada, bir MPLS ağı oluşturularak, bu ağ üzerinden VoIP (Voice over IP, İnternet Üzerinden Ses Aktarımı) ve video trafiği gönderilmiştir. Bu trafikler arasında VoIP trafiğine çeşitli servis kalitesi konfigürasyonlarıyla öncelik verilmiş ve bu şekilde elde edilen çıktılar yorumlanmıştır. Uygulamaya zemin oluşturmak adına çeşitli konfigürasyon programları üzerinde çalışılmış ve protokol analizine imkan veren programlardan yararlanılarak VoIP senaryoları irdelenmiştir.*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde veri, ses ve çoklu ortam ağlarının yaklaşması sonucu oluşacak ağlarda IP (İnternet Protocol, İnternet Protokolü) temelli iletişim teknolojisi protokollerinin egemen olacağı açık bir şekilde gözlenmektedir. Bu şekilde gelişen teknolojiler ile birlikte servis sağlayıcılar, müşterilerine çok kullanıcı ortamlar sunarak pazar paylarını artırmak istemektedir. Ayrıca veri iletim servisleri tasarlanırken servisin, yüksek performans göstermesi, dayanıklı olması, ölçeklenebilir olması, en önemlisi de bu servislerin hızlı ve güvenilir olması dikkate alınmaktadır. Tüm bunların yanında maliyetlerin de en aza indirilmesine çalışılmaktadır. Hızlı ve güvenli bir iletişimin sağlanması istenirken MPLS (Multiprotocol Label Switching, Çok

Protokollü Etiket Anahtarlama) teknolojisi önemli bir rol üstlenmektedir.

MPLS teknolojisi, basit olarak OSI (Open System Interconnection, Açık Sistemler Bağlantısı) 2. katmanındaki anahtarlama ve OSI 3. katmanındaki yönlendirme işlemlerinin entegre edilmesi olarak açıklanabilir [1]. MPLS, günümüz ihtiyaçlarına cevap vermek ve IP omurgalarındaki hız ve servis kalitesi problemlerini çözmek amacıyla tasarlanmış IETF (İnternet Engineering Task Force, İnternet Mühendisliği Görev Gücü) standardı bir protokoldür. IP temelli ağlar için birçok faydayı beraberinde getiren MPLS'in trafik mühendisliği, VPN (Virtual Private Network, Sanal Özel Ağ) gibi yönleriyle ilgili çeşitli hizmetler verilmeye başlanmıştır. Bir MPLS ağının çalışmasının daha etkin şekilde kullanılması, çeşitli QoS ayarlarıyla mümkün olmaktadır. QoS, bir akışın ağ tarafından taşınmasında karşılaşılan bir takım servis gerekliliklerinin toplamıdır.

Çalışmanın uygulama aşamasında kullanılan trafikler arasında yer alan VoIP, PSTN (Public Switched Telephone Network, Genel Aktarmalı Telefon Şebekesi) tabanlı geleneksel ses iletimi yerine sesin IP paketlerine çevrilerek IP tabanlı şebekeler üzerinden veri halinde iletilmesi hizmetidir [2].

Bu çalışmada, MPLS ağı üzerinde Eyebeam yazılım telefonu ile VoIP yani ses trafiği ve VLC Player programı ile video trafiği, aynı ağ üzerinden gönderilerek ses trafiği, video trafiğine göre öncelikli kılınmıştır. Çalışmanın 2. Bölümü'nde, MPLS teknolojisi açıklanmıştır. 3. Bölüm'de, MPLS teknolojisi için QoS konusu hakkında yapılan araştırmalar anlatılmıştır. 4. Bölüm'de, MPLS ağı üzerinde servis kalitesi uygulaması açıklanmış ve 5. Bölüm'de, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

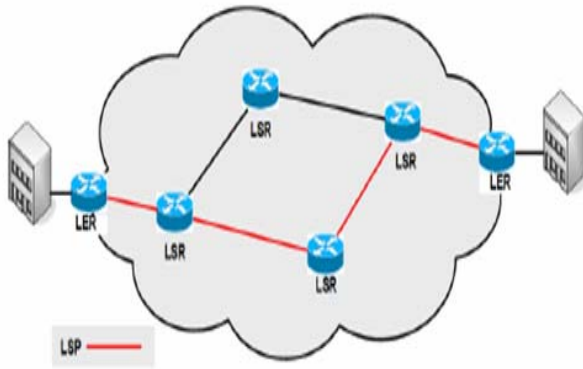
## 2. MPLS TEKNOLOJİSİ

IP omurgada hızlı ve kontrol edilebilir bir yapı oluşturması amacıyla birçok fikrin sentezi olarak ortaya konmuş bir protokol olan MPLS, ağ üzerinden

paketleri iletmek için kullanılan bir yüksek performans metodudur. MPLS, klasik noktadan noktaya işlem yapan metodlardan çok farklıdır. MPLS'in kısa, sabit uzunlukta ve kolaylıkla iletilebilecek etiketleri, IP paket başlıklarının kısa yoldan tanıtımını sağlamaktadır. Bu durum, posta adreslerinde bina, cadde, sokak ve şehir isimlerinin yanına yazılan posta kodlarına benzetilebilir. Pek çok üretici firma kendilerine özel etiket sistemi geliştirme yolunu izlemişlerdir ve bunun sonucu harekete geçen IETF, tüm ağlarda uygulanabilir bir standart geliştirme çalışmalarına başlamış ve bu teknoloji, MPLS olarak isimlendirilmiştir [3].

## 2.1 MPLS TEKNOLOJİSİNİN ÇALIŞMA MEKANİZMASI

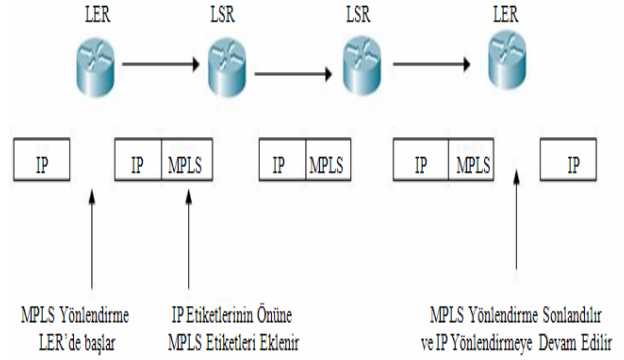
MPLS, Çok Protokollü Etiket Anahtarlama, adından da anlaşıldığı gibi, etiket yönlendirme esasına göre çalışmaktadır. Buna göre, IP paketi, gidilmek istenen hedef ağlara ulaşmaya kadar MPLS paketinin içinde taşınmaktadır. MPLS, IP mimarisinin üzerine yenilikler ekleyen bir protokol olarak da düşünülebilir.



Şekil-1 : MPLS omurgası.

Klasik bir MPLS omurgası örneğinin yer aldığı Şekil-1'de görüldüğü gibi, LER (Label Edge Router, Etiket Kenar Yönlendiricisi), MPLS omurgasının kenar noktalarında bulunan ve etiketlemenin başladığı veya bittiği yönlendiricilerdir. LER'de etiketleme ile başlayan yönlendirme, MPLS omurgası boyunca devam eder ve yine bir başka LER'de etiket bilgisiyle yapılan anahtarlama sonlandırılır. LSR (Label Switch Router, Etiket Anahtar Yönlendiricisi) ise, bütün arayüzleri MPLS omurgasının içinde yer alan yönlendiricilerdir ve temel işlevleri, kendilerine gelen MPLS paketlerini anahtarlamaaktır. LSP (Label Switch Path, Etiket Anahtar Patikası), iki LER arasında MPLS omurgası boyunca oluşturulan tek yönlü patikalardır.

Şekil-2'de, omurgada bulunan yönlendiriciler ile IP ve MPLS paketleri dönüşümü yer almaktadır. Bu dönüşüme göre, LSR'lere kadar IP yönlendirilmiş



Şekil-2 : IP ve MPLS paketleri dönüşümü.

olan paketler, MPLS omurgasına dahil oldukları LER'lerde MPLS paketi başlıkları eklenerek MPLS yönlendirilmesine tabi tutulmaktadır. Omurgada taşındıktan sonra MPLS yönlendirmesi yine bir LER'de sonlandırılmakta ve bu aşamadan sonra IP paket başlığındaki hedef adrese doğru yönlendirme yapılmaktadır. Başka bir ifadeyle, MPLS ağlarında omurgaya giren paket, giriş noktasındaki yönlendirici tarafından bir FEC'e (Forwarding Equivalence Class, Yönlendirme Denklik Sınıfları) atanmakta ve bu işlem sadece omurgaya giriş sırasında ve bir kere yapılmaktadır. Diğer yönlendiriciler, yani LSR'ler, sadece kendilerine gelen bu pakete etiket takas işlemi uygulayarak bir sonraki yönlendiriciye aktarmaktadır. Takas işlemleri, etiket yığınının en üstündeki bir etiketin çıkartılması ve eklenmesi şeklinde gerçekleşen işlemlerdir.

Tüm bu etiket işlemleri yapılırken yönlendiricilerin veya diğer omurga elemanlarının konuşmaları gereken ortak dillere ihtiyaçları vardır. Bu diller de şüphesiz protokollerdir. MPLS teknolojisinde kullanılan önemli iki protokolden birisi olan LDP (Label Distribution Protocol, Etiket Dağıtım Protokolü), dinamik bir etiket dağıtım protokolüdür ve omurga üzerinde yönlendiricilerin tutarlı bir etiket veri tabanı oluşturması ve iki yönlendiricinin etiket anlamları konusunda anlaşmaları için kullanılmaktadır. Diğer önemli protokol ise, yönlendiriciler arası trafik aktarımında kullanılmak üzere patika üzerindeki bütün yönlendiricilerde gerekli servis kalitesinin sağlanması ve istenen kaynakların ayrılması için kullanılan prosedürleri tanımlayan bir ağ işaretleme protokolü olan RSVP (Resource Reservation Protocol, Kaynak Ayırma Protokolü)'dir [4, 5].

## 2.2 MPLS TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI

Birçok önemli yenilikler ve yetenekler barındıran MPLS teknolojisinin asıl tarzı, paketlere birer etiket eklemektir. Paketlere ya da hücrelere kısa ve sabit uzunlukta etiketler tahsis edilmiştir. Anahtarlama varlıkları, verinin nereye iletileceğini belirlemek için

baştan sona kadar tablo taraması gerçekleştirilmelidir [3]. Etiketler paket yönlendirilmesinde çeşitli zorunlu bilgiler içermektedir. Bunlar varış, öncelik, sanal özel ağ üyeliği, RSVP'den gelen QoS bilgileri ve trafiği yöneten tarafından seçilen paket rotasıdır. Etiket anahtarlamayla, her bir ağın girişinde bulunan etiket anahtarlama yönlendiricisiyle 3. katman başlığındaki tüm analizler, klasik yönlendirmelerden farklı olarak tek bir seferde yapılmaktadır. Klasik yönlendirmelerle MPLS yönlendirmenin karşılaştırılması, Tablo-1'de verilmiştir.

**Tablo-1** : *Klasik yönlendirme ile MPLS yönlendirmenin karşılaştırılması.*

	<b>Klasik Yönlendirme</b>	<b>Etiket Anahtarlama</b>
<b>Tam IP Başlık Analizi</b>	Her düğümde uygulanır.	Sadece etiket anahtarlama aşamasında ağın en ucunda uygulanır.
<b>Tekli ve Çoklu Dağıtım</b>	Çoklu karmaşık dağıtım algoritmasına gerek vardır.	Sadece bir tane gönderim algoritmasına gereksinim vardır.
<b>Yönlendirme Kararları</b>	Sadece adres üzerine dayalıdır.	QoS ve VPN üyeliği gibi herhangi bir parametrenin numarası kullanılabilir.

MPLS teknolojisi, trafik mühendisliği yetenekleri sunmaktadır. Buna göre, kullanılan dahili yönlendirme protokolünün seçtiği en kısa yoldan değil, IP paketlerinin istenilen yoldan yönlendirilmesi imkanını sağlamaktadır. Bir diğer yenilik, ATM omurgaların sağladığı güçlü servis kalitesi, yeteneklerinin IP seviyesinde de yapılabilir kılınmasıdır.

MPLS teknolojisi, VPN'lerin omurgada oluşturularak güvenli bir şekilde kullanılmasına imkan vermektedir. İntranet, extranet, ses, multimedya ve ağ ticaretini de içeren katma değerli geleneksel IP servislerinin hızlı bir açılım yapması için bir platform sağlanması, bir servis sağlayıcı üzerinde binlerce servisin ve VPN sitelerinin artırılmış ölçeklenebilirliği MPLS VPN'lerin yararları arasında yer almaktadır.

OSI 3. katmanı üzerinden 2. katman emülasyonu sağlayan MPLS teknolojisi, çoklu teknolojiler için yakınsamış ağ olanağı da sunmaktadır. 4. Bölüm'de gösterileceği gibi, bir yanda VoIP bloğu çalışırken, diğer yanda MPLS ağı faaliyetlerine devam etmekte

ve bu da yakınsamış bir ağ deneyimini bize sunmaktadır.

Tüm bu özelliklerin yanında uçtan uca servis kalitesi sağlayan bir MPLS ağı, kullanıcılara düşük maliyetli hizmet sağlamaktadır.

### **3. MPLS TEKNOLOJİSİ İÇİN QOS (QUALITY OF SERVICES, SERVİS KALİTESİ)**

IP, en iyi çaba ilkesine (best-effort) dayalı olarak çalışmaktadır. Buna göre, ağ üzerinde bir sıkışma meydana geldiği anda meydana gelen paket kayıpları trafik tipinden bağımsızdır. Servis sağlayıcılar, farklı trafik tiplerine farklı önceliklerin verilmesi, dolayısıyla servis kalitesinin sağlanması amacıyla hizmet vermektedir. Servis kalitesi uygulamalarında, IntServ (Integrated Service, Tümleşik Servis) ve DiffServ (Differentiated Service, Ayrılmış Servis) olarak adlandırılan iki tip yaklaşım söz konusudur.

IntServ, servis kalitesi sağlanmasında gerçek-zamanlı uygulamalara hizmet vermek ve farklı trafik sınıfları arasında bant genişliği dağıtımını kontrol etmek için tanımlanmıştır.

DiffServ, servis kalitesi uygulamasında, IntServ ve RSVP uygulamalarının zorluğuna alternatif olarak bir modeldir. Amacı, kullanıcıların performans ihtiyaçlarını karşılamak olan DiffServ modeli, servis sağlayıcıların farklı müşteriler için farklı servis sınıfları sunmasına imkan vermektedir. DiffServ modeli, farklı özelliklerdeki trafiği işaretleyerek farklı sınıflara atamakta ve bu sınıflar her yönlendiricide PHB (Per Hop Behaviour, Düğüm Davranışı) almaktadır. DiffServ mimarisi, yönlendiricilerde PHB'lerin tanımlanması ve atanması, paket sınıflandırması ve trafik durumuna göre koşullandırmaları içeren işlemler topluluğudur. PHB'ler trafiğe omurga giriş noktasında daha önceden belirlenmiş olan politikaya kriterlerine uygun olarak atanmaktadır. Mevcut uygulanan iki tip PHB, EF (Expedited Forwarding, Çabuklaştırılmış Yönlendirme) ve AF (Assured Forwarding, Pekiştirilmiş Yönlendirme) olarak adlandırılmaktadır.

DiffServ sahası, birbirinin dilinden anlayan ve aynı servis kalitesi servislerini tanımlamak için kullanılan yönlendiricilerden oluşan alandır. DiffServ bu saha içinde tanımlanmakta ve kullanılmaktadır. DiffServ ağlarında bir pakete nasıl davranılacağına gelen IP paketinde işaretlenmiş olan DSCP (Differentiated Services Code Point, Farklılaşmış Servisler Kod Noktası) değerine göre karar verilmektedir.

Aynı DSCP değerine sahip olan paketler topluluğu BA (Behavior Aggregate, Davranış Toplamları) oluşturmaktadır. DiffServ modeli, IntServ modeline göre daha ölçeklenebilir bir modeldir. Akışların

sınıflandırılması, politikaların uygulanması ve işaretleme gibi servis kalitesi işlevleri DiffServ sahası sınır yönlendiriciler tarafından gerçekleştirilmektedir. Sınır yönlendiricilerin dışında kalan yönlendiriciler, sadece DSCP değerine göre yönlendirme işinden sorumludurlar. IntServ modelinde, en küçük servis kalitesi uygulanan birim, *akış* iken DiffServ modelinde en küçük birim *sınıftur*.

MPLS ağlarında omurgaya giren paket, giriş noktasındaki yönlendirici tarafından bir FEC'ye atanmakta ve bu işlem sadece omurgaya giriş sırasında ve bir kere yapılmaktadır. Diğer yönlendiriciler, sadece kendilerine gelen bu pakete etiket takas işlemi uygulayarak bir sonraki yönlendiriciye aktarmaktadırlar. DiffServ ile MPLS bu noktada benzerlik göstermektedir. DSCP değerleri DiffServ sahasına girişte atanmakta ve DiffServ sahası terk edilinceye kadar bu alanla ilgili işlem yapılmamaktadır. RFC 3270, MPLS ağlarında DiffServ kullanımı ile ilgili çözüm sunmaktadır. Bu çözüm, MPLS ağlarında davranış toplamları ile LSP'ler arasında en iyi DiffServ eşleştirmesinin sağlanmasına imkan vermektedir. Şekil-3'te MPLS paket yapısı görülmektedir.



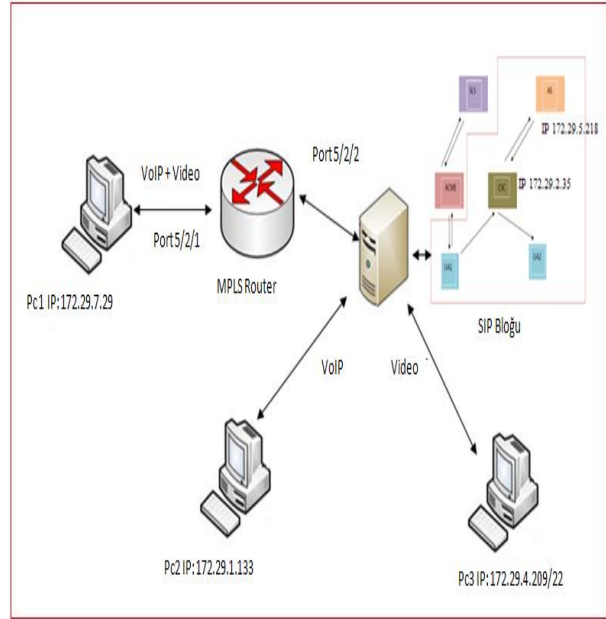
Şekil-3 : MPLS paket yapısı.

IP paketi, MPLS omurgasında taşınmak üzere LER'e geldiğinde LER, IP paketinde TOS (Type of Service, Servis Tipi) alanına bakmakta ve DSCP değerini öğrenerek buna göre uygun bir LSP'ye atanmaktadır.

#### 4. MPLS AĞI ÜZERİNDE SERVİS KALİTESİ UYGULAMASI

Bu uygulamada, Alcatel-Lucent Telekomünikasyon A.Ş. Laboratuvarları'ndan yararlanılarak, bir MPLS router üzerinden VoIP diye de tabir edilebilecek ses trafiği ve video trafiği gönderilmiştir [2]. Bu trafiklerin gönderiminde Eyebeam soft telefon programı ve VLC Player programları kullanılmıştır. Ses, gecikmelere ve hatalara duyarlı olduğu için diğer verilerin yanında önceliklendirilmesi gerekmektedir. Uygulamadaki amaç da ses ve veri trafiğini birlikte sağlamak ve ses trafiğinin öncelikli bir şekilde geçtiğini gözlemleyebilmektir. Bunu yapabilmek için Alcatel-Lucent Telekomünikasyon A.Ş.'nin ürettiği 7750 SR yönlendirici üzerinde QoS ayarlarının yapılması gerekmektedir.

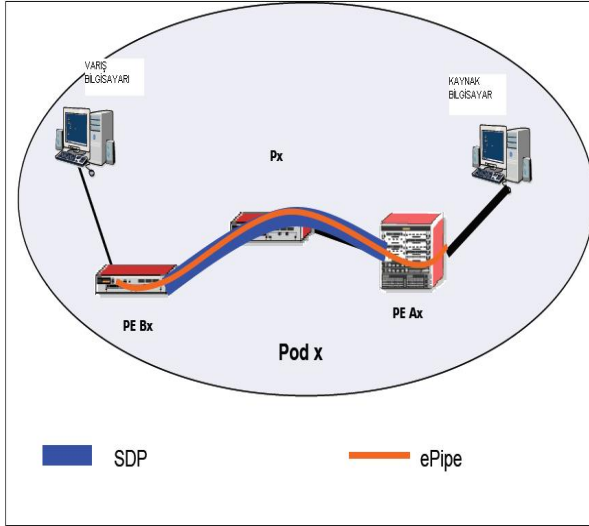
Uygulamadan önce Packet Tracer ve Dynamips isimli simülasyon programlarıyla konfigürasyon mantığı, MPLS router komutları ve Eyebeam soft telefon programı üzerinde çalışılmıştır. Uygulamada, basit çağrı ve yönlendirilmiş çağrı gibi çeşitli senaryolar yaratılmış ve gerekli çıktıları alınarak ses trafiğinin geçtiği yollar gözlenmiştir. Uygulamaya geçilmeden birçok topoloji üzerinde düşünülmüş ve sonuçta istenilen en iyi sonucu verecek olan Şekil-4'te gösterilen topolojide karar kılınmıştır.



Şekil-4 : Uygulama topolojisi.

Topolojide, üç adet bilgisayar, bir MPLS router ve bir softswitch kullanılmıştır. Ayrıca içinde CSS (Call Session Controller, Arama Oturumu Denetleyici) ve AS (Application Server, Uygulama Sunucusu) gibi birimler bulunan VoIP protokollerinden SIP (Session Initiation Protocol, Oturum Başlatma Protokolü) protokolü ile çalışan blok kullanılmıştır.

Uygulamada Pc1, Video+VoIP trafiği yayarak Pc2'ye VoIP ve Pc3'e video trafiği gönderecektir. Bunu en kolay şekilde yapması için öncelikle MPLS router içinde bir tünelle açılması gerekmektedir. Bu tünelle 5/2/1 ve 5/2/2 portları arasında konan bir boru şeklinde de düşünülebilir. Bu tünelle sistemine *e-pipe* denilmektedir ve Şekil-5'de PE (Provider Edge, Kenar Sağlayıcı) denilen servis sağlayıcı uç cihazlar arasında açılan *e-pipe* hizmeti gösterilmiştir. Bu servis açıldıktan sonra MPLS router üzerinde QoS konfigürasyonları gerçekleştirilmiş ve çıktıları alınmıştır. Konfigürasyonlar yapılırken SecureCRT adı verilen bir programdan yararlanılmıştır. SecureCRT programı kullanıcıların, CSC'nin veya AS'ın IP adreslerini kullanarak arayüzlerine girmeyi de sağlamaktadır.



Şekil-5 : E-pipe servisi.

Yapılan QoS konfigürasyonlarında, öncelikle “sap-ingress 300 create” komutuyla numarası 300 olarak atanan 5/2/1 portunun içine doğru girecek trafiği yaratmak için kullanılan “sap-ingress” komutu kullanılmıştır. Bu numara yaratılarak o giriş noktasına ait tüm trafiğin konfigürasyonları yapılmıştır. Yapılan konfigürasyonları detaylı bir şekilde açıklamadan önce “sap-ingress 400 create”, “sap-egress 300 create” ve “sap-egress 400 create” komutların açıklanması gerekmektedir. “Sap-ingress 400 create” komutu, yukarıda bahsedilen komutla aynı işlevdedir. Buradaki tek fark, 5/2/1 numaralı portun yerine 5/2/2 port üzerinde konfigürasyonlar yaparken rastgele seçilen 400 numarasının o port girişini temsili olarak tayin edilmesidir. “Sap-egress 300 create” ve “sap-egress 400 create” komutları ise sırasıyla 5/2/1 numaralı port ve 5/2/2 numaralı portlardan çıkacak trafiğin yaratılması için kullanılan komutlardır. Sonuçta iki port üzerinden giren ve çıkan trafik sayısı 4 olduğundan hepsi için ayrı ayrı konfigürasyonların yapılması gerekmektedir. Yukarıda anlatılan her bir komutun içinde o noktaların giriş ve çıkışlarına hangi trafiklerin gireceğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu trafiklere de *queue 1* (video trafiği) ve *queue 2* (VoIP trafiği) adları verilmiştir. Her *queue 1* trafiği için sabit 1000 kbpslik bir rate (hız) değeri ve her *queue 2* için 100 kbps hızı ile CIR 64 kbps’lık değerler verilmiştir. Burada, band genişliği garantisi anlamında kullanılan CIR (Committed Information Rate, Kabul Edilen İletişim Kapasitesi), paylaşılan bir iletim yolu üzerinde, bir iletim kanalına en yoğun trafikte bile garanti edilen bant genişliğidir.

İletim sınıfları “fc” (Forwarding Class) oluşturularak her bir trafik, bir iletim sınıfına atanmıştır. 1. trafik için “be” (Best effort) ve 2. trafik için “h1” (High-1) değerleri atanmıştır. “H1” iletim sınıfı “be” iletim sınıfına göre çok daha önceliklidir. Burada, 2. trafiği, 1. trafiğe göre bir başka ifadeyle, VoIP aramasını (*queue 2*), video trafiğine (*queue 1*) göre

önceliklendirmek için iletim sınıflarının atanması gerekmektedir. İletim sınıfları, Destination-IP (Gidilecek-IP) ve Source-IP (Kaynak-IP) kriterlerine göre değerlendirilmiş ve IP adresleri atanarak istenilen trafik akışı iletim sınıflarını kullanarak önceliklendirilmiştir. Yukarıda bahsedilen tüm işlemler her bir trafiğin giriş ve çıkış noktaları için ayrı ayrı uygulanmaktadır. 5/2/1 ve 5/2/2 portları, 1 Mbit’lik kapasite ile sınırlanarak trafik düşmeleri net olarak gözlenmiştir.

Konfigürasyonlar sonunda, istenilen porta ait trafik görüntüleme çıktıları, “monitor service id (istenilen port örneğin 5/2/1)” komutuyla görülmüştür. Bu çıktıların göre, iki adet trafik oluştuğu, normalde önceliklendirme olmasaydı tüm trafiklerin otomatik olarak “be, best effort” atanarak sadece trafik 1’in gösterileceği ancak “h1, high priority” atanması ile VoIP trafiğinin de çok küçük bir trafik yaratsa bile çıktılarda görüldüğü gözlenmiştir. Bu kısımda, VoIP trafiğinin küçük olması, üzerinde çalışılan uygulamanın, laboratuvar ortamındaki tek bir VoIP görüşmesiyle gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca uygulama çıktılarında, video trafiğinde, ikinci durumda, VoIP önceliklendirilmesi nedeniyle bazı paket düşürümleri yaşandığı da gözlenmiştir. Bu durum da yine servis kalitesine ilişkin konfigürasyonların doğal sonuçlarıdır.

Çıktılarda, *queue 1*, otomatik olarak tüm trafiği gösterdiği için, başlangıçta büyüktür. Sonraki saniyelerde yapılan ayarlar sonucunu vermiş ve VoIP trafiğini temsil eden *queue 2*’de yükselmeler görülmüştür.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, VoIP ve MPLS teknolojilerinin çalışma prensipleri, kullanım alanları ve avantajları incelenmiştir. Gerekli önlemler alındığında güvenli, kurum maliyeti düşük ve mobilitiyi artıran bir teknoloji olan VoIP, birçok ülkede olduğu gibi tamamen hayata geçmelidir. 3. katman IP ağları üzerinden 2. katman emülasyonu sağlayan, güvenli özel ağlar, trafik mühendisliği ve uçtan uca QoS sunan, indirilmiş maliyetler getiren, çoklu teknolojiler için yakınsanmış ağlara olanak sağlayan, esnek yönetilebilir ve ölçeklenebilir olan MPLS teknolojilerinden de en etkin şekilde yararlanılması gerektiği görülmüştür.

Bu çalışma ile MPLS ağı üzerinden VoIP hizmeti sağlanmış, ayrıca ses trafiği, video trafiğine göre önceliklendirilerek servis kalitesi uygulaması da gözlenmiştir. Bu sayede istenilen zamanda istenilen verinin öncelikli olarak alınabilmesi çok basit hale gelmiştir.

Yapılan uygulamalar genişletilerek, özellikle açılan tünel (*e-pipe*) sistemi ile daha birçok bilgisayar ve uzak varış noktaları için aynı konfigürasyonlarla

gerçekleştirilebilir. Bunun için de binlerce kullanıcı büyük trafiklerin oluşturulması gerekmektedir. Bu şekilde, özellikle VoIP'nin önceliklendirildiği servis kalitesi sonuçları, çok daha çarpıcı rakamlarla görülecektir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında verdiği laboratuvar desteğinden dolayı Alcatel-Lucent Telekomünikasyon A.Ş.'ne teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

[1] Rosen E., Viswanathan A. and Callon R., *RFC 3031-Multiprotocol Label Switching Architecture*, IETF, 2001.

[2] Güre Ö. ve Boyacı B. K., *MPLS Ağları Üzerinden Yapılan VoIP Hizmeti*, Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2009.

[3] Cisco Corporation, *Cisco MPLS Controller Software Configuration Guide*, San Jose, 2000.

[4] Alvarez S., *QoS for IP/MPLS Networks*, Cisco Press, Indianapolis, 2006.

[5] Rosenberg, J., Peterson, J., Schulzrinne, H. and Camarillo, G., *RFC 3725- Best Current Practices for Third Party Call Control (3pcc) in the Session Initiation Protocol (SIP)*, IETF, 2002.