

Gönderim Tarihi: 06.05.2016 Kabul Tarihi: 26.10.2017

HABERLEŞME SEKTÖRÜNDE REKABET VE TEKNOLOJİK GELİŞMELER: OPTİMİZASYON ÖRNEĞİ¹

Recep BENZER*

Doğan VARLI**

COMPETITIVE AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS IN COMMUNICATION SECTOR: OPTIMIZATION EXAMPLE

Öz

Haberleşme sektöründe rekabet sağlanması için çeşitli etkin çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de internettir. İnternet üzerindeki trafik gün geçtikçe artmaktadır. Teknolojik ilerlemeler ve internet kullanımı arttıkça haberleşme sektöründe hızlı iletişim talebini karşılamak kaçınılmaz olmuştur. Yeni teknoloji ve modern donanım mimarisinin haberleşmedeki gecikme ve veri kayıplarını en aza indirmek için yeterli olmadığı durumlarda MPLS (Çok Protokollü Etiket Anahtarlama) mimarisi geliştirilmiştir. Gecikme zamanlarına olan tahammülsüzlük nedeniyle artan noktadan noktaya devre talepleri internet sağlayıcılarına ekstra cihaz maliyeti getirmekte aynı doğrultuda da kullanıcının ödediği bedeller artmaktadır. Bu çalışmada haberleşme sektöründeki teknolojik rekabet ve bunun sonucu olarak geliştirilen MPLS teknolojisine ait bir performans (daha hızlı ve az maliyet ile) değerlendirmesi yapılmıştır. Söz konusu performansı test etmek için MPLS kullanılan ve kullanılmayan ağlarda trafik testleri yapılmış ve test sonucunda ortaya çıkan değerler karşılaştırılarak etiketleme özelliğinin yönlendiricilere bir katkısının olup olmadığı sorgulanmıştır. Çalışma ile MPLS kullanımı maliyet etkin olması nedeniyle karar vericilere destek olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Haberleşme, Rekabet, MPLS Teknolojisi.

Abstract

Some effective works have been done in communication sector in order to provide competency. One of them is internet. Traffic on the internet is increasing day by day. As technology advances and the use of the internet increases, it is inevitable to meet the demand for rapid communication in the communication sector. MPLS (Multi-Protocol Label Switching) architecture is developed when

¹ Bu çalışma, 28 Eylül - 02 Ekim 2016 tarihlerinde Kırşehir'da International Congress on the World of Technology and Advanced Materials (WITAM 2016) konferansında sunulmuştur.

* Dr., Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu Dekanlığı, Bilgisayar Mühendisliği Bölüm, e-posta: rbenzer@kho.edu.tr.

** Türk Telekom, e-posta: dogan1985@hotmail.com.

the new technology and modern hardware architecture is not enough to reduce communication latency and data loss. Increased point-to-point circuit requirements due to intolerance to delay times add extra equipment cost to internet providers; in parallel with this, the price paid by the user increases. In this study, a performance evaluation (with more speed and less cost) for MPLS technology which is developed as a result of technological competency in communication sector is done. For the evaluation of traffic, tests have been done in networks which use MPLS and other networks. It is questioned that whether labeling feature contributes to routers or not by comparing obtained test results. The study shows that the use of MPLS is economically cost-effective and can be used to support decision makers of businesses.

Keywords: Communication, Competitive, MPLS Technology.

1. Giriş

İletişim dünyada ve ülkemizde en temel ihtiyaçlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin her geçen saniye değiştiği gerçeği unutulmamalıdır ve bu değişiklikleri sürekli takip edebilmek için de iletişim ihtiyaçları karşılanmalıdır. İşletmeler ve kurumlar birçok ihtiyaçlarını iletişim teknolojileri kapsamında gerçekleştirmektedir. İnternetin olmadığı dönemlerde, işletmelerde yönetim fonksiyonlarının gerçekleştirilmesi günümüze göre daha zor, zaman alıcı ve çok işgücü kaybına neden olmaktadır (Özhan 2014: 265).

Günümüzde, bilgi ve iletişim teknolojilerinin geliştirilmesi iş dünyası ve kamuda kalıcı dönüşümlerin yaşanmasına neden olmaktadır (Şahinli 2013: 2323). İnsanlar geçmiş yıllardan beri bilgiyi iletmenin yollarını araştırmışlardır. Tüketicilerin yeni teknolojiyi yakından takip etmesi, firmaların sürekli değişen tüketici zevklerine hitap eden yenilikçi ürünlerini piyasaya sürmesi, haberleşme sektörünü devamlı olarak dinamik ve aktif tutmaktadır. Tüketicilerin haberleşme işletmelerinden beklentilerini de çeşitlendirmiş, hatta değiştirmiştir. İlk zamanlarda yalnızca telefon görüşmesinin kesintisiz sağlanması yeterli görülürken, artık günümüzde sesin yanı sıra görüntü transferi, mobil veri, çekim kalitesi ve buna benzer hizmetler ön plana çıkmıştır (Altunbaş vd. 2015:42).

Haberleşme sektörü her geçen yıl büyümeye devam etmektedir. 2014 yılı verilerine göz atıldığında; Türkiye’de toplam mobil abone sayısının bir önceki yıla göre %3,2 oranında arttığı ve yaklaşık 72 milyon kişiye ulaştığı görülmektedir. Sektörde faaliyet gösteren Turkcell’in 34,63 milyon, Vodafone’nun 20,92 milyon ve Avea’nın ise 16,33 milyon abonesi bulunmaktadır. Mobil iletişim sektöründe yaygın olarak kullanılan abone kayıp oranı, farklı tarifeler, hizmet çeşitliliği ve hizmet

kalitesi açısından önemli bir göstergedir. 2014 sonu itibariyle Turkcell %2,67, Vodafone %4,81 ve Avea %2,90 oranında abone kaybetmiştir (Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü 2015, <https://www.btk.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/-Elektronik-Haberlesme-Sektorunde-Pazar-Analizleri> 26 Ekim 2017'de erişildi).

Kalite kavramı, hizmet sektöründe de hak ettiği yeri bulmaya doğru hızla ilerlemektedir. Haberleşme işletmeleri, hedefledikleri pazar paylarına ulaşmanın yolunun müşteri memnuniyetinden geçtiğini, müşteri memnuniyetinin ise sunulan hizmetin kalitesine bağlı olduğunu anlayarak kendilerini geliştirmekte ve yatırımlarını bu doğrultuda yapmaktadır (Meral ve Baş 2013: 41-70). Meral ve Baş (2013) çalışmalarında söz konusu rekabet ve kalite unsurunu ele aldığı basamaklardan biriside hizmet sunumu yapılan ürüne ait teknoloji gelişimi olduğunu belirtmişlerdir. Teknolojik gelişmelerin en çok etkilendiği alanlardan birisi de iletişim ve bilişim sistemleri sektörleridir. Bu sektörlerin başında da haberleşme sektörü gelmektedir.

Operatör firmaları da teknolojinin sektörler için ne denli önemli olduğunun farkında oldukları için, teknolojik yenilikleri hizmetlerine yansıtarak teknolojiyi rekabet üstünlüğü sağlamanın önemli bir aracı olarak kullanmaktadırlar. Bu da müşterilere hizmet etmek için müşteriye verilen hizmetin kalitesinin yüksek olması buna paralel olarak yapılan harcamaların minimumda tutulması önem kazanmaktadır.

Haberleşme; enerjinin elektriksel/optik olarak uzak mesafelere gönderilmesi işlemine verilen isimdir. Elektriksel veya optik bilgi hedefe iletim hatları, fiber optik kablolar veya iletken kullanmadan atmosfer içerisinde yayılan dalgalar ile gönderilir (Taşkın 2012: 242).

Bu çalışmada haberleşme sektöründeki teknolojik rekabet ve bunun sonucu olarak geliştirilen MPLS teknolojisine ait bir performans değerlendirmesi yapılmıştır. Söz konusu performansı test etmek için MPLS kullanılan ve kullanılmayan ağlarda trafik testleri yapılmış ve test sonucunda ortaya çıkan değerler karşılaştırılarak etiketleme özelliğinin yönlendiricilere bir katkısının olup olmadığı sorgulanmıştır.

2. Haberleşme Sektöründeki Önemli Faktörler

İletişim altyapı ve hizmetlerinin geliştirilebilmesi ve yaygın kullanımının sağlanması için haberleşme sektöründe hizmet ve altyapılarda etkin rekabet ortamının tesis edilmesi, bu yolla hızlı, güvenli, sürekli ve kaliteli iletişim hizmetlerinin uygun maliyetlerle sunulmasının yanı sıra yeni teknolojilere dayalı telekomünikasyon altyapılarının kurulması için uygun ortam yaratılması önemlidir.

2.1. Rekabet

Haberleşme sektöründe rekabetin anlamı, ekonomik karar alma gücünün başka bir ifade ile kontrolünün, işletmeler arasında el değiştirerek belirli işletmelerde toplanması ve bu durumun haberleşme sektöründe işletmelerin sayısını azaltacak yapısal değişikliklere sebebiyet vermesi olarak açıklanmıştır (Aslan 2007: 482).

Rekabet kuralları ile haberleşme sektöründe düzenleyici kurallar arasında bir bütünlük olmalıdır. Bu kapsamında, rekabet kurallarının sektörel düzenlemeye gidilmesinde, kullanıcılara uygun fiyatlandırma ile teknolojik bütünlüğü sağlamış olarak hizmet vermesi sağlanmalıdır. Türkiye’de Rekabet Kurulu’nun Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun düzenleyici işlemleri ve görüşleri dikkate alınarak söz konusu rekabet unsurları sağlanmaktadır (Özek 2011: 15).

2.2. Teknolojik Gelişmeler

Haberleşme sektörü bilgi ve iletişim sektörünün altyapısını oluşturduğu için bilgiye olan talepteki muazzam artış ile birlikte haberleşme hizmetlerine olan talepte artmaktadır. Haberleşme sektöründeki bu ihtiyacın karşılanması için birçok akademik çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca haberleşme sektöründeki firmalar bu teknolojik gelişmeyi yakalamak ve yenilikleri yakalamak için ARGE çalışmaları da yapmaktadır.

Teknolojideki yüksek hızlı bu değişim ile birlikte haberleşme sektöründe hukuki bazı düzenlemeleri yapmak ve sektördeki ticari ve rekabetin kontrol altında tutulması için Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı’na bağlı kurullar bulunmaktadır.

2.3. Haberleşme Hizmeti Ve Optimizasyon

Haberleşme hizmetleri, sinyallerin haberleşme şebekeleri üzerinden iletilmesi olarak tanımlanmasından da anlaşılacağı üzere elektronik haberleşme, hizmet, altyapı ve şebekelerin oluşturduğu elektronik haberleşme sektörünün en belirgin özelliği şebeke endüstrisine bağlı olmasıdır (Özek 2011: 48).

Teknolojiler ilerledikçe internet kullanıcılarında hız ihtiyacı kaçınılmaz olmuştur. İnternet üzerindeki trafik gün geçtikçe artmaktadır. Zaman, gecikme ve kayıpları en aza indirmek için yeni teknolojiler devreye girmektedir. Bunlardan birisi de MPLS mimarisidir. MPLS mimarisi etiketleme teknolojisi ile büyük networklerin ana omurgalarında

kullanılan yönlendiricilerin üzerine gelen paketlerin yönlendirme işlemini en aza indirerek paketlerin gönderilmesini sağlayan bir teknolojidir. Diğer bir ifade ile MPLS mimarisi; 2.katmandaki (layer 2) anahtarlama ve 3.katmandaki (layer 3) yönlendirme işlemlerinin belirli kurallar çerçevesinde entegre edildiği bir teknolojidir. 1990 yıllarında yönlendirme sorunlarının sebep olduğu gecikmelerden sakınmak için MPLS teknolojisi ortaya çıkmıştır. Günümüz servis sağlayıcıları ise, tercih edilen internet sağlayıcılar ile fiber optik hatlar kullanılarak bağlantı kurulmakta ve farklı kullanıcıların trafiği ile kullanılan ağ trafiği aynı hat üzerinden iletilmektedir. Bu durumda bazı kullanıcıların paketlerinin aynı hat üzerinden gönderilmesi, paketlerin kaynak ve hedef arasında bir gecikmeye neden olmakta bu kullanıcıların gecikmelere tahammülü olmamaktadır. Bu nedenle her geçen gün artan noktadan noktaya devre talepleri internet sağlayıcılarına ekstra cihaz ve maliyet getirmektedir. Bu maliyetler kullanıcılara yansıtıldığı için hizmet bedelleri artmaktadır.

Sonuç olarak haberleşme sektöründe bulunan karar vericilere (yönetim bilişim yöneticilerine) daha az maliyetle daha iyi hizmet verilebilmesi için kararlarında ihtiyaçları bulunan teknolojik altyapı sağlanmalıdır.

3. Yöntem

Performans örgütün belirlenen zaman diliminde iş ile ilgili hedeflenen ve planlanan noktaya ne kadar varabildiğinin nicel ve nitel anlatımıdır. İş oluşturulan görevlerin ne derecede başarıyla yerine getirildiği belirlenmektedir (Mayatürk Akyol, 2011). Geleneksel yönlendirme protokollerine (OSPF, BGP, IS-IS... vs) ek olarak MPLS kullanımı ile yüksek performans değerleri elde edilmektedir (Oğul 2010: 76).

Bu çalışmada; MPLS protokolü ile 2.katman seviyede noktadan noktaya olan devrelerin ihtiyacını MPLS teknolojisi ile gerçekleştirerek kullanıcıya hız, servis sağlayıcılara da büyük maliyetlerden kurtararak ilave cihaz kullanmadan ağ içerisinde 2.katmanda noktadan noktaya devreler açarak maliyeti düşürmektir. Performansını test etmek için MPLS kullanılan ve kullanılmayan ağlarda trafik testleri yapmak ve test sonucunda çıkan değerleri karşılaştırarak etiketleme özelliğinin yönlendiricilere bir katkısının olup olmadığını sorgulamaktır.

Araştırmada; Daugherty ve Metz (2005) tarafından tanımlanan MPLS teknolojisi kullanılmıştır. MPLS teknolojisi öncelikli olarak GNS3 (Graphical Network Simulator - The software that empowers network professionals) ağ simülasyon programında denenmiş ve olumlu sonuçlar alındığı için laboratuvar ortamında denemesi yapılmıştır.

MLPS teknolojisi, IP ve ATM (Asynchronous Transfer Mode) yapılarının birleştirilmiş bir hali olarak da açıklanmaktadır. MPLS teknolojisi ile TCP/IP protokolünün sağladığı esneklik ve yönetim kolaylığı, yüksek veri transfer hızları ve servis kalitesi sunulmaktadır. Choi (2016) MPLS ile ağ tasarımı ve performansını, Girao-Silva vd. (2015) MPLS ile birlikte kullanılan ağın kullanımında yeni bir yaklaşım önerisi, Moon ve Kang (2015) MPLS kullanılan ağın yönetim yaklaşımı önerisi, Kocak vd. (2011) MPLS ile çoklu görsel yönetimin kullanımını, Akar ve Toksoz (2011) MPLS ile bant genişliğinin yönetilmesi konusunda çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında MPLS ile birlikte kullanılan ağ yapılandırmalarında yüksek veri hızı ve servis kalitesinin sağlandığını ve MPLS teknolojisinin maliyet etkin olduğunu ifade etmektedirler.

3.1. Araştırmanın Örneklemi

Laboratuvar ortamına geçmeden önce tasarlanan uygulama yazılım desteği ile izlenmiş daha sonra laboratuvar ortamında denenmiştir. Kullanılan yazılımlarda ve laboratuvar ortamının oluşturulmasında Türkiye’de Telekomünikasyon alanında hizmet veren Milens İnşaat İletişim A.Ş ve Türk Telekomünikasyon A.Ş'den istifade edilmiştir.

4. Yönlendirme Temelleri

Yönlendirici cihazları, uygun yönlendirme protokolleri kullanarak Routing Information Base (RIB) yönlendirme veri tabanı oluşturur. IP adres bilgilerini, veri paketlerini yönlendiren ara cihaz bilgilerini, ağ alt maskelerini, komşu yönlendirici bilgilerini kullanarak veri tabanı oluşturulur. Oluşturulan veri tabanı bilgilerinde meydana gelen değişiklikler RIB tablolarında yeniden düzenlenerek gerekli hesaplamalar yapılır ve en uygun yol seçilerek yönlendirme işlemleri gerçekleştirilir. Kullanılan ya da kullanılmak üzere belirlenen yollar çeşitli yöntemler kullanılarak bilgisayar ağındaki komşu yönlendiricilere veya bilgisayar ağındaki diğer yönlendiricilerle tanıtılmış olmalıdır. Böylece yönlendiriciler farklı yönlendiricilere de giden yolları tanımış olur. Yönlendiriciler arasındaki bu el sıkışma işlemine yönlendirme güncellemeleri denir. Yönlendiriciler tek bir yönetici grubunun kontrolünde olup tüm tanımlama, yönetim kural belirleme işlemleri sadece bu gurup tarafından yapılırsa yönlendirici etki alanı RD (Routing domain) oluşturulmuş demektir. Her farklı yönlendiricinin etki alanı da farklı bir özerk sistem olarak kullanılır (Çölkesen ve Örencik 2012: 211).

Her yönlendirici kullandığı yönteme bağlı olarak diğer yönlendiriciden aldığı güncellemelere istinaden RIB tablosu oluşturur. Bu tablo sayesinde gönderilecek bilginin hedefe ulaşması için en uygun yol tanımlanmış

olur. Yönlendirme protokolleri belirlenen yolları kullanmak ve yeni yollar belirlemek için iki temel protokol kullanır. Statik Yönlendirme Protokolü (Static Routing Protocol) ve Dinamik Yönlendirme Protokolü (Dynamics Routing Protocol).

4.1. Statik Yönlendirme Protokolü

Bu protokolde ağ yöneticisi kaynaktan hedefe kadar izlenecek yolu kendi yaptığı planlamasına göre belirler. Her hangi bir protokolün hesaplama veya işlem yapmasına gerek yoktur. Yönlendirme tabloları ağ yöneticisi tarafından önceden hesaplanır veya önceden belirler. Veri paketlerine yol bilgisi başlığı eklenerek hangi yolların kullanılacağı tanımlanmış olur. Statik yönlendirme esnasında yönlendiriciye bir sonraki yönlendirici (Next hop) bilgisi ağ yöneticisi tarafından tanımlanır. Böylece farklı bir ağa bilgi transfer edilmesi esnasında bir sonraki yönlendiriciye veriyi göndermiş olur. Statik Yönlendirme Protokolü küçük kapasiteli, yönlendirici sayısında değişiklik olmayan ve daha geniş uygulamalar kullanmayan ağlar için kullanılır (Çöl ve Ünver 2005:124; İlkhan 2008: 47).

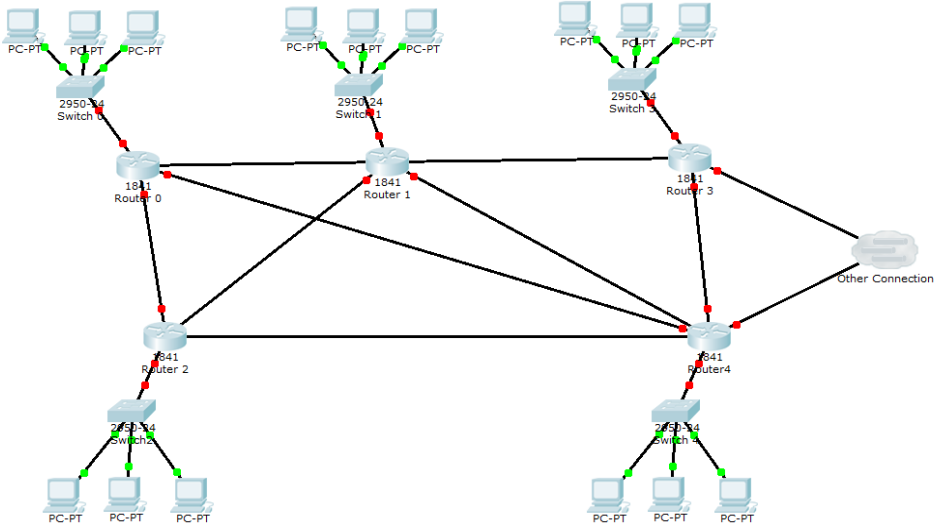
4.2. Dinamik Yönlendirme Protokolü

Ağların daha geniş alanlarda uygulama çalıştırmaları ve kullanılmasıyla birlikte giderek daha fazla işlemler bu ağlar üzerinden yapılır hale gelmiştir. Statik yönlendirme protokolü daha geniş kapsamlı uygulamalarda yetersiz kalmış ve yapılacak işlemleri daha hızlı hale getirmek için Dinamik Yönlendirme Protokolü yapısı ortaya çıkmıştır. Dinamik Yönlendirme Protokolü yapısında yönlendirme protokol mesajlarını kullanarak yönlendiricilerin ağlar hakkında bilgi sahibi olmasını ve belirli periyotlarda güncellemeler yapılmasını sağlamış, yapılan güncellemelerle seçilecek en uygun yolun belirlenmesini sağlar. Bu sayede yönlendirme tabloları güncellenerek güncellenen tablolarında diğer yönlendiricilere aktarılmasını sağlamaktadır. Bu işlemler sonucunda verinin kaynaktan hedefe gitmesi için seçilecek en uygun yolu dinamik olarak belirlemiş olur.

Tüm bu yönlendirme işlemlerin yapılabilmesi için ağ içinde bulunan tüm yönlendiricilerin aynı yönlendirme protokollerini kullanması, içeriği belirlenen mesajlar uygun ara yüzler üzerinden göndermesi, diğer yönlendiricilerin bu mesajları zamanında doğru olarak alması ve alınan bilgileri yönlendirme veri tabanında güncellenmesi gerekmektedir (Tutkun 2013: 19).

Dinamik yol seçiminde her bir paket için ayrı hesaplamalara göre yol belirlenebilir. Yönlendirme bilgisini oluşturmak için de yönlendirme hesaplamaları kullanılır. Şekil 1.'de olduğu gibi büyük ve karmaşık bir ağda Statik Yönlendirme Protokolü kullanımı çok fazla problemler ortaya çıkarabilir. Dinamik Yönlendirme Protokolü yapısında veri paketleri gönderilirken o an için en uygun olan yol seçilir.

Şekil 1: Dinamik Yönlendirme Protokolü Örneği



Yönlendiriciler arasındaki paketler ağın o andaki durumuna göre farklı yollardan gidebilir. Dinamik yol seçimi yapan yönlendirici yolları öğrenerek verileri farklı kurallara göre işleme sokar. Çok sayıda yönlendiricinin ve diğer bağlantıların bulunduğu ağda Dinamik Yönlendirme Protokolü sayesinde ağ hızlı ve doğru çalışır. Statik Yönlendirme Protokolü yapısında eklenecek her bir yönlendirici için ayrı ayrı yönlendiricilere yön protokolü uygulanması gerekir.

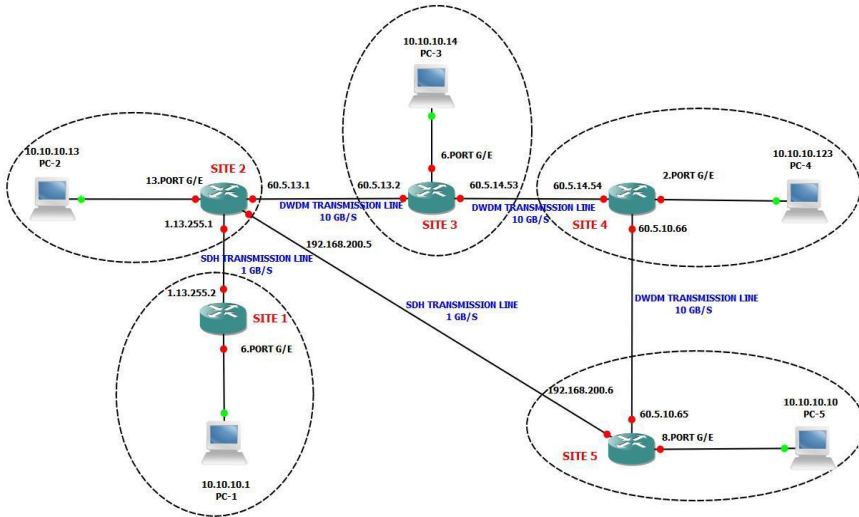
5. Laboratuvar Ortamında Kurulan MPLS Örneği

Bu çalışmadaki MPLS uygulaması önce GNS3 (The software that empowers network professionals) ağ simülasyon programında denenmiş ve olumlu sonuçlar alındığı için laboratuvar ortamında denemesi yapılmıştır. Laboratuvar ortamında yani gerçek bir network üzerinde, transmision hatları üzerinden Point to Multipoint Ethernet over MPLS L2 VPN hizmetini gerçekleştirmek için Şekil 2'de görüldüğü gibi bilgisayarlar ayrı lokasyonlarda omurga yönlendiricilerine bağlanmıştır.

Bu bağlantılar için gerekli olan MPLS konfigürasyonları omurga yönlendiricileri üzerinde tamamlanmıştır.

5 adet farklı lokasyona (Site) 5 adet bilgisayar konumlandırılmıştır. Öncelikli olarak her bir bilgisayara aynı IP bloklarında olacak şekilde IP adresleri tanımlanmıştır. Point to Multipoint uygulaması için omurga yönlendiricileri üzerindeki kartların uygun portlarını belirleyerek, bilgisayarlar bu portlara bağlanmıştır. Bu ilk uygulamamızda omurga yönlendirici ile direk bilgisayarlar arasında bağlantı 40x1 GE Portu üzerinde yapılmıştır. Kullandığımız omurga yönlendirici CISCO markasının ASR9010 modelidir.

Şekil 2: Ethernet Over MPLS L2 VPN Uygulaması



Lokasyonlar arasındaki mesafeler ve gecikme süreleri Tablo-1'de görülmektedir. Site 1-Site 2 ve Site 1-Site 5 arasındaki transmisyon hattı ASR 9010 yönlendirici üzerindeki 40x1 GE kartı üzerinden iletişim sağlamak ve hızı 1Gb/S olarak SDH üzerinden iletişim kurmaktadır. Site 2-Site 3, Site 3-Site 4 ve Site 4-Site 5 arasındaki transmisyon hattı ASR 9010 yönlendiricilerin üzerindeki 4x10 GE kartı üzerinden DWDM hattı ile 10Gb/S iletişim hattı üzerinden veri iletimini sağlamaktadır. Site 2-Site 5 arasındaki bağlantı herhangi bir kesintiye uğradığında MPLS Pseudowires tünelleri diğer güzergâhtan iletimi sağlamak ve gecikme süresi mesafeye göre artış göstermektedir.

Tablo1: Lokasyonlar (Site), Mesafeler ve Gecikme Süreleri

Site No	Lokasyon A	Lokasyon B	Mesafe	Gecikme süresi	Site 2-Site 5 Link Failure Gecikme süresi
1	Site 1	Site 2	2 km	<1ms	<1ms
2	Site 2	Site 3	20 km	=1ms	=10ms
3	Site 2	Site 4	227 km	=4ms	=7ms
4	Site 4	Site 5	258 km	=4ms	=4ms
5	Site 5	Site 2	135 km	=6ms	=6ms

Tablo 2'de 20 MB bir devre için noktadan noktaya devre ile MPLS ağ içerisinde alınabilecek hizmet ücreti karşılaştırılması gösterilmektedir. Yapılan çalışma ile aynı hizmetin daha az ücretle güvenli ve maliyet etkin bir şekilde almak mümkün olmuştur.

Tablo 2: Noktadan Noktaya Devre Ücretleri

Site No	Lokasyon A	Lokasyon B	Mesafe	Bant Genişliği (BW)	Noktadan noktaya devre ücreti	MPLS (Ağ) içerisinde verilen hizmet ücreti
1	Site 1	Site 2	2 km	2 km	1970 TL	985 TL
2	Site 2	Site 3	20 km	20 km	1970 TL	985 TL
3	Site 2	Site 4	227 km	227 km	3500 TL	1700 TL
4	Site 4	Site 5	258 km	258 km	3500 TL	1700 TL
5	Site 5	Site 2	135 km	135 km	1970 TL	985

6. Tartışma ve Öneriler

Yeni bir servis sağlayıcı gibi tasarlanan transmisyon hatlarında omurga kurulurken servis sağlayıcının kullanıcılara vereceği hizmetler göz önünde bulundurularak planlama yapılmış, SDH (Synchronous Digital Hierarchy) üzerinden veya DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) üzerinden iletişim sağlanmıştır.

Transmisyon bağlantıları planlandıktan sonra, yönlendiricilere bilgisayarların bağlantıları yapılmıştır. Yönlendiricilerin birbirleri ile iletişiminin sağlanması için konfigürasyonları tamamlanmıştır. Öncelikli olarak Site 1 lokasyonundaki yönlendirici için MPLS ve diğer konfigürasyonlar tamamlanmıştır. Daha sonra sırasıyla Site-2, Site-3, Site-4 ve Site 5 yönlendirici üzerindeki konfigürasyonlarında gerekli komutlar eklenerek Pseudowire tüneli (Tünellerin genel ismidir) oluşturulmuştur.

Noktadan noktaya alınan devre hizmetinin aksine transmisyon teçhizatlarının üzerine ilave Ethernet kartı gerektirmeden ağ içerisinden MPLS servisi sayesinde yalnızca yönlendirici üzerindeki portlardan hizmet verilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak; L2 Ethernet over MPLS uygulaması 5 farklı lokasyonda gerçekleştirilerek, bilgisayarların aynı ağ içerisindeymiş gibi davranmasını, güvenli, maliyet etkin bir çözüm üretilmesi sağlanmıştır. Kullanıcı ve servis sağlayıcı açısından veri güvenliği (IP adres mimarisi ve yönlendirme bilgileri) sağlanmıştır. Ayrıca kullanıcı istediği yönlendirme protokolünü ve uygulamaları servis sağlayıcıdan bağımsız olarak çalıştırabilmektedir. Burada diğer servis sağlayıcıların dışında, yeni bağımsız bir servis sağlayıcı yaratılmış gibi tasarım yapılmıştır.

Söz konusu hizmeti almak isteyen işletmelerin karar vericilerine destek olması açısından bu hizmetin ikiden fazla noktalarda ve şehirler arasında kullanılacağı düşünülürse, ekonomik açıdan maliyetin etkin olduğu değerlendirilmektedir. Servis sağlayıcıların noktadan noktaya ve sadece bir noktaya vermiş olduğu hizmeti, MPLS teknolojisi ile gerçekleştirilen bu örnek çalışmada 1/3 fiyat azalması sağlanmıştır. Burada en önemli nokta ise lokasyon sayısını da herhangi bir maliyet olmadan artırabilme olanağının olmasıdır. MPLS ile kullanılan sistemlerde diğer ağların bu tünel içerisine erişiminin olmaması güvenliği sağlayarak, ağ üzerinde bir trafik oluşturduğunda paket kayıplarının en aza indirilerek MPLS içerisinde QoS ile istenilen verinin iletimi önceliklendirilmiştir.

Gelecek çalışmalarda; servis sağlayıcının kullandığı yönlendiriciler üzerinden açılan tünelleri MPLS uygulaması için otomatik olarak tanımlatılabilir. Otomatik bulma özelliği ile tam önceliklendirmeli tüneller oluşturulabilir. Buda yönlendirici sayısı arttıkça hata yapma olasılığını azaltacaktır. Böylece ağa eklenen her bir yönlendirici için yeni bir pseudowire tünel tanımlamadan ölçeklenebilirliğinin artması engellenmiş olacaktır.

Kaynaklar

- Akar, Nail ve Toksöz, M. Altan (2011). “MPLS Automatic Bandwidth Allocation Via Adaptive Hysteresis”. *Computer Networks*. Vol. 55 No.5: 1181-1196.
- Altunbaş, Başar, Karaarslan, Mustafa, H. ve Özdemir, Halil Özcan (2015). “Yerel Pazarlarda Tüketicilerin GSM Operatörlerini Algılamalarını Belirlemeye Yönelik Bir Çalışma”. *Business & Management Studies: An International Journal*. Vol. 3 No.1 : 39-55.
- Aslan, İ.Yılmaz (2007). *Rekabet Hukuku*. Ekin Kitabevi, Bursa.
- Choi, Jin Seek (2016). “Design and Implementation of a Stateful PCE-Based Unified Control and Management Framework for Carrier-Grade MPLS-TP Networks”. *Journal of Lightwave Technology*. Vol.34 No.3 : 836-844.
- Çöl, Muhterem ve Ünver, Mustafa (2005). “Genişbant Erişimi ve Pazarı”. *Telekomünikasyon ve Regülasyon Dergisi*, Vol. 1 No.2 : 124-132.
- Çölkesen, Rıfat ve Örencik, Bülent (2012). *Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri*, Papatya [İTİ] Yayınları, İstanbul.
- Daugherty Brian ve Metz, Chris (2005). “Multiprotocol Label Switching and IP, Part1: MPLS VPNs over IP Tunnels”. *IEEE Internet Computing*, Vol. 9 No.3 : 68-72.
- Girao-Silva, Rita, Craveirinha, Jose, Climaco, Joao ve Captivo, M. Eugenia (2015). “Multiobjective Routing In Multiservice MPLS Networks With Traffic Splitting - A Network Flow Approach”. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. Vol.24 No.4 : 389-432.
- İlkhan, Can (2009). *Geniş Bant Erişim Teknolojilerinde Yeni Nesil Ağ Servisleri ve Türkiye Telekomünikasyon Sektörüne Etkileri*. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- Kocak, Cemal, Erturk, Ismail ve Ekiz, Hüseyin (2011). “MPLS over ATM and IP over ATM Methods for Multimedia Applications”. *Computer Standards & Interfaces*. Vol.31 No.1 : 153-160.
- Mayatürk Akyol, Evrim (2011). *Yetkinliğe Dayalı Performans Yönetimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Ltd. Şti.
- Meral Berceste, Ayşe ve Baş, Mehmet (2013). “Türkiye’de Faaliyet

Gösteren GSM Operatörlerinin Hizmet Kalitesi Bakımından Karşılaştırılması ve Uygulanan Rekabet Stratejileri”. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* Vol.15 No.2 : 41-70.

Moon, Sungnam ve Kang, Namhi (2015). “Design and Implementation for Construction Method of Management Network in MPLS-TP Network”. *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*. Vol.15 No.3 : 59-65.

Oğul, Murat (2010). *MPLS-TE-FRR ve Qos Kullanarak Veri İletim Optimizasyonu*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

Özek, Mahmut Esad. (2011). *Elektronik Haberleşme Sektöründe Yoğunlaşmalar (Birlik ve Devralmalar):Türkiye incelemesi*. Bilişim Uzmanlığı Tezi. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

Özhan, Erhan (2014). “Türkiye için Fiber Optik Kaos Senaryosu: Riskler ve Çözüm Önerileri” *7. Uluslararası Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı*, İstanbul, Türkiye 17-18 Ekim 2014.Vol.1 No.1 : 263-268.

Şahinli, Mehmet Arif (2013). “Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanımı: Türkiye”. *Turkish Studies - International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*. Vol.8/9 : 2323-2330.

Taşkın, Cebail (2012). *Ağ Teknolojileri ve Telekomünikasyon* Pusula Yayıncılık İstanbul.

Tutkun, Hakan Koray (2013). *Telekomünikasyon Sistemleri Sistem Uzmanı El Kitabı*, Seçkin Yayıncılık Ankara.

<https://www.btk.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/-Elektronik-Haberlesme-Sektorunde-Pazar-Analizleri>. Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü (2015). Üç Aylık Pazar Verileri Raporu. 26 Ekim 2017 tarihinde erişilmiştir.

Teşekkür:

Çalışmada yardımlarını esirgemeyen Milens İnşaat İletişim A.Ş. ve Türk Telekomünikasyon A.Ş.’ye teşekkür ederiz.

