

IPv4, IPv6 ve IPv6 Geçiş Yöntemleri Performans Karşılaştırmaları

Emre Yüce

Özet—Yeni nesil internet protokolü IPv6 kullanımı, özellikle IPv4 adreslerinin hızla tükenmesi sebebiyle, zorunlu hale gelmektedir. IPv6 kullanımı yaygınlaştıkça, bu konuda bilgi birikimi artmaktadır. Bu bilgi birikiminin önemli bir parçasını IPv6 ve IPv6 geçiş yöntemleri performans değerleri oluşturmaktadır. Hali hazırda kullanılan IPv4 protokolü ile IPv6 protokolü ve IPv6 geçiş yöntemleri performans değerlerinin karşılaştırılmasının kullanıcılara ve servis sağlayıcılara yol göstereceği öngörülmektedir. Bu çalışmada IPv4, IPv6 protokollerinin ve 6to4, Teredo geçiş yöntemlerinin performansı oluşturulan test ağında ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler—6to4, IPv6, IPv4, performans, Teredo

I. GİRİŞ

MEVCUT internet altyapısında yaygın olarak kullanılan IPv4 protokolü [1] gelişen internet altyapısının ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Bu sebeple geliştirme çalışmalarına 90'lı yılların sonunda başlanan yeni nesil internet protokolü IPv6 [2] kullanıma sunulmuştur. Yeni protokol üzerinden servis verilmesini mevcut IPv4 adreslerinin tükenmesi zorunlu hale getirmektedir.

IPv6 protokolü ile gelen yeniliklerden bazıları ve bu yeniliklerin sağladığı avantajlar Tablo I 'de belirtilmiştir. Bu yenilikler göz önüne alındığında, IPv6 ile elde edilecek performans verilerinin IPv4 'e göre daha iyi olacağı düşünülmektedir.

Haziran 2007 – Haziran 2008 arasında yapılan bir çalışmada IPv6 kullanımı artış hızının beklenenden düşük olduğu belirtilmiştir [3]. Bu durumun sebepleri arasında IPv6 geçiş maliyeti, IPv6 üzerinden verilen servislerin azlığı ve IPv4 protokolünün halihazırda çalışıyor olması sayılmaktadır.

IPv6 kullanımının yaygınlaşmasındaki bir diğer önemli konu ise mevcut altyapıya IPv6 desteği sağlanmasıdır. Bu sürecin problemsiz atlatılması için IPv4 ve IPv6 protokolleri ağıda belirli bir süre birlikte kullanılacaktır. Bu geçiş sürecini

Çalışma 30 Ekim 2010 tarihinde gönderilmiştir. Bu çalışma Türkiye çapında IPv6 altyapısı oluşturmak ve Türkiye'nin IPv6 protokolüne geçişini planlamak amacıyla TÜBİTAK – ULAKBİM'in yönetici, Gazi Üniversitesi ve Çanakkale 18 Mart Üniversitesi'nin yürütücü, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu'nun müşterisi kurum olarak katıldığı "Ulusal IPv6 Protokol Altyapısı Tasarımı ve Geçiş Projesi" kapsamında gerçekleştirilmiştir [4]. Bu proje TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir.

Emre Yüce, TÜBİTAK ULAKBİM bünyesinde araştırmacı olarak çalışmaktadır. Aynı zamanda ODTÜ Uygulamalı Matematik Enstitüsü Kriptografi Bölümü'nde doktora çalışmalarına devam etmektedir (Tel: 0312 298 93 92 Fax: 0312 298 93 93 E-mail: emre@ulakbim.gov.tr).

TABLO I
IPv6 İLE GELEN YENİLİKLER

Özellik	IPv4 durumu	IPv6 durumu	Sağladığı avantaj
Adres uzunluğu	32 bit	128 bit	Daha büyük adres uzayı
Başlıktaki sağlama (checksum) bilgisi	Başlıktaki sağlama (checksum) bilgisi içeriyor	Başlıktaki sağlama (checksum) bilgisi içermiyor	Hızlı yönlendirme
Başlıkta yer alan opsiyonlar	IP opsiyonları başlıkta yer alıyor	Kullanılacak IP opsiyonları ek başlık ile ekleniyor.	Hızlı yönlendirme
Parçalama (fragmentation)	Parçalama (fragmentation) yönlendiriciler ve uçlar tarafından yapılıyor	Parçalama (fragmentation) sadece uçlarda yapılıyor	Hızlı yönlendirme
Adresleme	Adresleme elle veya DHCP ile yapılabilir.	Adresleme elle, otomatik veya DHCP ile yapılabilir.	Kolay yapılandırma
IPsec desteği	IPsec desteği opsiyonel	IPsec desteği zorunlu	Kurulumda gelen IPsec desteği
Unicast, multicast, broadcast	Paketler unicast, multicast ve broadcast olarak gönderilebilir.	Paketler unicast, multicast ve anycast olarak gönderilebilir.	Az paket trafiği.
Adres çözümleme	Adres çözümlemede ARP protokolü kullanılır.	Adres çözümlemede komşu keşfi (neighbor discovery) mesajları kullanılır.	Az paket trafiği.

kolaylaştırmak için IETF tarafından bazı geçiş yöntemleri önerilmiştir [5]. Önerilen geçiş yöntemleri ikili yığın, tünelleme ve çeviri başlıkları altında incelenmektedir.

İkili yığın yönteminde ağ cihazlarına doğrudan hem IPv6 hem de IPv4 bağlantısı sağlanmaktadır. Bu yöntem kullanıldığında cihazların her iki protokole ait paketleri işlemesi gerekmektedir. Bu sebeple ikili yığın yöntemini kullanan cihazların; yalnız IPv4 veya yalnız IPv6 kullanan cihazlara göre daha düşük performans sergilemesi beklenmektedir.

Tünelleme başlığı altında IP paketlerinin IP paketlerine sarmalanarak iletiildiği çeşitli yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemleri tünelin kurulduğu noktalara göre (istemci – istemci, istemci – yönlendirici, yönlendirici – yönlendirici arasında) sınıflandırmak mümkündür. Kullanılan tünel yöntemine göre gönderilen paketler yolun bir kısmında IPv4 protokolü, bir kısmında IPv6 protokolü ile iletilecektir. Bu durum, tünelleme yönteminin kullanıldığı ağlarda, yalnız IPv4 veya yalnız IPv6 ağlarında elde edilen verilerden farklı performans verileri elde edilmesine yol açacaktır. Özellikle elle ayarlanmış sabit bir tünel kurulduğunda performansın, sarmalama ve sarmalama açma işlemlerini gerçekleştiren uç cihazlarının işlem gücüne bağlı olacağı öngörülmektedir.

Çeviri yöntemleri kullanılarak uygulama veya ağ katmanında gerçekleştirilen işlemler ile IPv4 ve IPv6 ağları arasında iletişim kurulmaktadır. Bu başlık altında incelenen yöntemlerin başka bir geçiş yönteminin uygulanmasının mümkün olmadığı ağlarda kullanılması önerilmektedir. Örneğin IPv6 bağlantısı sağlanamamış bir IPv4 sunucusuna, bir IPv6 istemcisi bu yöntemi kullanarak bağlanabilir. Bu durumda çeviri işlemini gerçekleştiren cihazın işlem gücü bağlantı performansını doğrudan etkileyecektir.

Literatürde yer alan çalışmalarda IPv4, IPv6 protokollerinin ve geçiş yöntemlerinin performans ölçümleri round trip time (RTT), throughput, işlemci (CPU) kullanımı ve TCP bağlantı zamanı başlıkları altında gerçekleştirilmiştir [6-11]. Bu çalışmalarda IPv6 protokolünde büyük paketler kullanılarak elde edilen RTT ve throughput değerlerinin IPv4 protokolündeki değerlerden daha iyi olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi olarak IPv6 protokolünde parçalama işleminin sadece uçlarda yapılıyor olması ve IPv6 başlığında sağlama bilgisinin yer almaması belirtilmektedir.

Yönlendiriciler üzerinde yapılan işlemci kullanımı testleri IPv4 protokolü ile IPv6 protokolüne nazaran daha az işlemci kullanımı gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Tünelleme yöntemi kullanıldığında, IPv4 ve IPv6 kullanımına göre, daha yüksek işlemci kullanımı gözlemlendiği belirtilmektedir [12].

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde performans ölçümlerinin testlerin yapıldığı ağ yapısı ve kullanılan donanım ile doğrudan ilişkili olduğu gözlenmektedir. Örneğin paket sarmalama ve sarmalama açma işlemlerinin performansı düşüreceği öngörülmektedir. Ancak istemciden istemciye kurulan tünel ile elde edilen değerlerin sadece IPv6 protokolü kullanımı ile elde edilen değerlerden daha iyi olduğu bir test ağı kurmak da mümkündür [13].

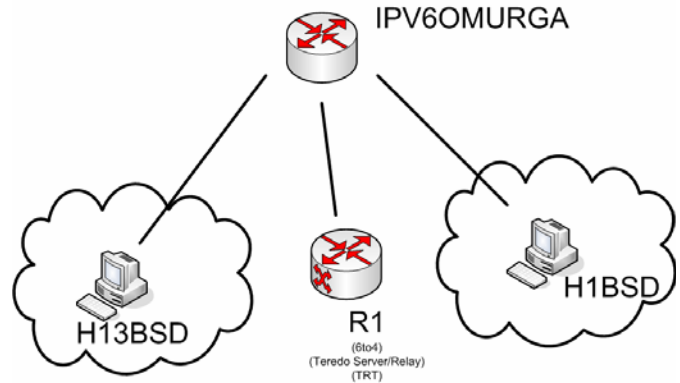
Bu çalışmada IPv4 protokolü, IPv6 protokolü, 6to4 [14] ve Teredo [15] geçiş yöntemlerinin performansları RTT, throughput, jitter, paket kaybı oranı başlıkları altında test edilmiş ve elde edilen performans değerleri yorumlanmıştır. Testler “Ulusal IPv6 Protokol Altyapısı Tasarımı ve Geçiş Projesi” kapsamında kurulan IPv6 Geliştirme Ortamı (IPv6-GO) [16] bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın devamında; 2. bölümde performans testlerinin gerçekleştirildiği test ortamı olan IPv6-GO’dan ve test topolojisinden bahsedilmiştir. 3. bölümde test yöntemleri ve testleri gerçekleştirmek için kullanılan araçlarla ilgili bilgi yer almaktadır. 4. bölümde test sonuçları verilmiş ve bu sonuçlar değerlendirilmiştir.

II. TEST LABI KURULUMU

Geçiş yöntemlerinin performans testlerini yapmak amacıyla IPv6-GO bünyesinde H1BSD ve H13BSD adlı test bilgisayarları IPV6OMURGA adlı anahtarlarma cihazı üzerinden birbirine bağlanmıştır. Topolojide yer alan R1 adlı bilgisayar 6to4 nakledici yönlendirici ve Teredo sunucu/yönlendirici olarak ayarlanmış ve kullanılmıştır. Test labı ağ yapısı Şekil 1 ‘de gösterilmiştir.

Testlerde kullanılan bilgisayarlarda FreeBSD 7.1 işletim sistemi koşturmaktadır. Kullanılan bilgisayarlarda Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2.60GHz işlemci, 512MB RAM ve 100Mbps kapasiteye sahip ağ arayüz kartı yer almaktadır. Test ağı ikili yığın olarak çalışmakta olup, test bilgisayarlarının ilgili testin gereksinimlerine göre yalnız IPv4, yalnız IPv6 veya tünelleme yöntemleri ile iletişimi sağlanmıştır.



Şekil 1. IPv6-GO bünyesinde oluşturulan test topolojisi

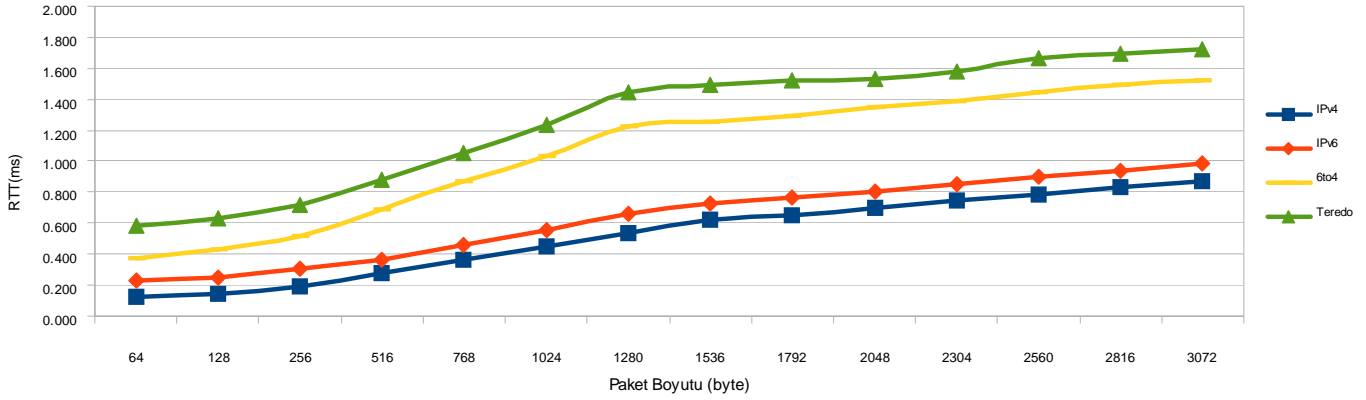
III. ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ VE ARAÇLARI

Çalışmada IPv4, IPv6 protokolleri ve 6to4, Teredo geçiş yöntemleri round trip time (RTT), TCP throughput, UDP throughput, jitter ve paket kaybı oranı başlıkları altında test edilmiştir. Testler ping, ping6 ve iperf araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

6to4 geçiş yöntemi, yönlendirici – yönlendirici veya istemci – yönlendirici arasında kurulan tünel ile ağa IPv6 bağlantısı sağlamaktadır. Bu yöntem kullanılarak IPv6 desteği olan ancak IPv6 bağlantısı bulunmayan uçlar IPv6 ağına bağlanabilir. Ölçeklendirilebilirliği, kullanım ve yapılandırma kolaylığı diğer tünelleme yöntemlerine göre daha çok tercih edilmesinin sebeplerindedir.

Teredo geçiş yöntemi; yönlendirici ile istemci arasında kurulan bir tünelleme yöntemidir. Bu yöntemin 6to4 ve diğer tünelleme yöntemlerinin kullanılmadığı senaryolarda son çare olarak kullanılması önerilmektedir. Teredo yönteminin temel amacı NAT veya ateş duvarı arkasında kalan istemcilerin IPv6 ağına bağlanmalarını sağlamaktır.

6to4 ve Teredo geçiş yöntemleri desteği Linux, Windows, BSD işletim sistemlerinin güncel versiyonlarında bulunmaktadır. Özellikle Windows işletim sisteminin Vista ve 7 sürümlerinde IPv4 adresi alan istemcinin, IPv4 adresinin özelliğine göre, yönlendirilebilir ise 6to4 arayüzünü, sanal ise Teredo arayüzünü otomatik olarak aktiflemesi bu yöntemlerin gelecekte de yaygın olarak kullanılacağını göstermektedir.



Şekil 2. IPv4, IPv6, 6to4 ve Teredo protokolleri RTT değerleri

Round trip time (RTT) değeri, bir paketin kaynaktan hedefe gidip cevabının tekrar kaynağa dönmesi esnasında geçen süredir. RTT ölçümü ping ve ping6 araçlarını kullananan kabuk betikleri ile yapılmıştır. H13BSD 'den H1BSD 'ye 60 saniye boyunca farklı boyutlarda ICMP paketleri gönderilmiştir. Bu test belirli bir ortalama değere erişilene kadar tekrarlanmıştır. Bu testler sonunda elde edilen RTT değerlerinin ortalaması hesaplanmış ve ilgili paket boyutu ile kaydedilmiştir. Testlerde 60 byte ile 3072 byte arasında değişen büyüklükte paketler kullanılmıştır. Farklı paket boyutları kullanılarak test edilen yöntemlerin paket parçalama gerçekleştirildiği zamanki performanslarının gözlemlenmesi ve karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Throughput değeri, belli bir zamanda bir uçtan bir uca başarı ile iletilen trafik miktarıdır. Throughput ölçümü iperf aracı kullanılarak hem TCP paketleri hem de UDP paketleri için yapılmıştır. UDP throughput değerini iperf aracı ile hesaplamak için tahmini bant genişliği iperf aracına argüman olarak verilmiştir. Bu tahmini değer sonucunda elde edilen UDP throughput değerindeki değişim göz önünde bulundurularak yeni bant genişlikleri ile test tekrarlanmıştır. Tekrarlanan testler sonucunda TCP ve UDP trafiği için throughput değerleri elde edilmiştir.

Jitter, iki istemci arasında ölçülen ortalama RTT değerindeki değişim miktarıdır. Sabit RTT değeri olan bir ağda jitter değeri sıfır olarak ölçülecektir.

Paket kaybı oranı (PKO), bir uçtan diğer uca iletilmeyen paketlerin tüm paket miktarına oranını ifade etmektedir. Paket kaybı nedenleri arasında donanımsal arıza veya bir cihaza kapasitesinin üzerinde trafik gönderilmesi yer almaktadır.

Bu çalışmadaki testlerde farklı protokollerdeki jitter ve PKO değerlerini ölçmek için test bilgisayarları arasında 10 – 100 Mbps aralığında trafik üretilmiştir. Her iki kriter için ortalama değerlere ulaşıncaya kadar testler tekrarlanmıştır.

IV. TEST SONUÇLARI VE YORUMLAR

A. Round-Trip-Time

RTT değeri bir paketin ağda bir uçtan bir uca gitmesi ve paketin cevabının geri isteği yapan uca ulaşması arasında geçen süredir. Bu süreyi aradaki cihazların işlem gücü, paket parçalaması yapıp yapılmaması, paket sarmalama ve sarmalama açma işlemleri etkilemektedir. Ölçümler

sonucunda elde edilen grafik Şekil 2 'de verilmiştir.

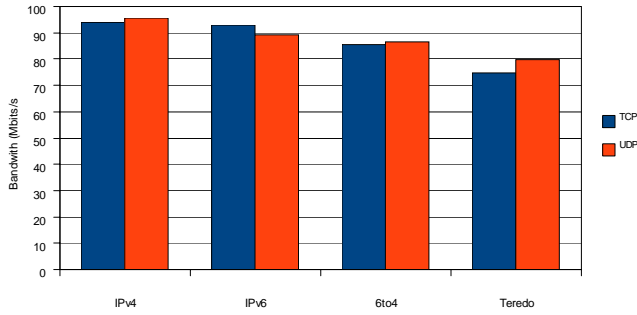
IPv4 protokolünde MTU değeri her ara uca ölçülmekte ve eğer paketin büyüklüğü bu değerden büyük ise parçalama işlemi ilgili uca gerçekleştirilmektedir. IPv6 protokolünde ise paketin geçeceği yol için desteklenen en küçük MTU değeri olan PMTU (Path MTU) değeri hesaplanmakta ve gerekli olan paket parçalama işlemi sadece istemci ve alıcı taraflarında gerçekleştirilmektedir. Bu durumun küçük paketler için IPv4 lehine; IPv4 MTU değerinden büyük paketler için IPv6 lehine işleyeceği öngörülmektedir. Ancak testler sonucunda elde edilen değerlerde IPv4 MTU değerinden büyük boyutlu paketler kullanıldığında dahi IPv4 RTT değerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun test bilgisayarları arasında yer alan ara uç sayısının düşük olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Test edilen bilgisayarların arasındaki ara uç sayısının artırılıp ölçümün tekrarlanması halinde grafikte IPv6 lehine bir değişim olacağı öngörülmektedir.

Performans testlerinde istemciden yönlendiriciye otomatik tünel açarak IPv6 bağlantısı sağlayan 6to4 ve Teredo yöntemleri de test edilmiştir. Bu yöntemler ile yalnız IPv6 yönteminde elde edilen RTT değerlerinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. RTT değerlerinde gözlenen artışa sarmalama ve sarmalama açma noktalarında yaşanan gecikme yol açmaktadır. 6to4 ve Teredo yöntemleri arasındaki farkın oluşmasındaki esas neden ise Teredo yönteminin, 6to4 yönteminde olmayan, Teredo sunucunun istemciye adres ataması gibi iletişimi karmaşıklaştıran basamaklar içermesidir.

B. Throughput

Yapılan testler sonucunda IPv4, IPv6, 6to4 ve Teredo protokollerini kullanan uçlar ile elde edilen throughput değerleri Şekil 3'te verilmiştir. Elde edilen değerler göz önüne alındığında IPv4 ve IPv6 TCP throughput değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın 6to4 ve Teredo yöntemleri kullanılarak elde edilen TCP throughput değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. 6to4 ve Teredo yöntemi kullanıldığında paketlerin sarmalama ve sarmalama açma işlemlerinden geçmeleri performans kaybına yol açmaktadır.

UDP throughput değerlerinin, TCP throughput değerlerine paralel olduğu görülmektedir.



Şekil 3. IPv6-GO bünyesinde oluşturulan test topolojisi

C. Jitter ve Paket Kaybı Oranı

Jitter ve PKO değerleri VoIP, medya iletimi (media streaming) ve benzeri paket kaybı ve paket gecikme süresi toleransı düşük olan uygulamaların gerçekleştirildiği ağ yapılarında kritik öneme sahiptir [17]. Testler sonucunda elde edilen jitter ve PKO değerleri Tablo II'de verilmiştir. Bu değerler göz önüne alındığında yüksek bant genişliği değerlerinde Teredo istemcilerin paket kaybı problemi yaşayabileceği görülmektedir.

TABLO II

IPv4, IPv6, 6TO4 VE TEREDO JITTER VE PAKET KAYBI ORANI DEĞERLERİ

		Trafik Bant Genişliği (Mbps)				
		60	70	80	90	100
IPv4	Jitter (ms)	0.005	0.009	0.007	0.003	0.007
	PKO (%)	0.000	0.000	0.000	0.000	4.200
IPv6	Jitter (ms)	0.009	0.008	0.008	0.007	0.019
	PKO (%)	0.000	0.000	0.010	1.500	11.000
6to4	Jitter (ms)	0.008	0.010	0.007	0.008	0.025
	PKO (%)	0.006	0.011	0.029	4.200	14.000
Teredo	Jitter (ms)	0.017	0.017	0.009	11.626	39.766
	PKO (%)	0.290	0.290	5.600	21.000	34.000

V. SONUÇ

Bu çalışmada IPv4, IPv6 protokolleri ve tünelleme başlığı altında incelenen 6to4 ve Teredo geçiş yöntemlerinin performans değerleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Testler sonucunda elde edilen veriler IPv6 ile gelen yeniliklerin beklenen performans iyileştirmesini sağlayamadığını göstermektedir. Yapılan literatür taramasında incelenen çalışmaların bir kısmı bu sonucu doğrularken, bir kısmında da farklı bulgular paylaşıldığı görülmektedir. Performans ölçümlerinin farklı ağ yapılarında, farklı cihazlarla yapıyor olmasının bu sonucu doğurduğu düşünülmektedir.

6to4 ve Teredo yöntemleri testlerinde istemciye, istemci – yönlendirici arasında tünel kurularak IPv6 bağlantısı sağlanmıştır. Tünel sarmalama ve sarmalama açma işleminin istemcide gerçekleştirildiği için elde edilen değerlerin istemci işlem gücüne bağlı olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak her tünel kurulumunda gerçekleştirilmesi gereken adımların da ağ performansını düşürdüğü gözlenmiştir.

Gelecekte yapılacak çalışmalar arasında diğer geçiş

yöntemlerinin performans analizi yer almaktadır. Ek olarak IPv6 ileri seviye özelliklerinin (QoS, mobil IPv6) geçiş yöntemleri ile birlikte kullanımında elde edilen performans değerlerinin incelenmesi planlanmaktadır.

REFERANSLAR

- [1] J. Postel, "INTERNET PROTOCOL", RFC 0791, September 1981
- [2] S. Deering ve R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6, (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998
- [3] I.Johnson (2009) The Ripe website. [Online] Available: http://www.ripe.net/ripe/meetings/ripe-57/presentations/Iekel-Johnson-A_One-Year_Measurement_Study_of_IPv6_Inter-Domain_Traffic.pdf
- [4] TÜBİTAK - ULAKBİM, Gazi Üniversitesi ve Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, "Ulusal IPv6 Protokol Altyapısı Tasarımı ve Geçiş Projesi", <http://www.ipv6.net.tr/>
- [5] R. Gilligan, E. Nordmark, "Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers", RFC 4213, Ekim 2005
- [6] Myung-Ki Shin; Hyoung-Jun Kim; Santay, D.; Montgomery, D.; , "An empirical analysis of IPv6 transition mechanisms," Advanced Communication Technology, 2006. ICACT 2006. The 8th International Conference , vol.3, no., pp.6 pp.-1996, 20-22 Feb. 2006
- [7] Sailan, M.K. and R. Hassan, 2009b. Impact of TCP window size on IPv4 and IPv6 performance. Int. J. Comput. Sci. Network Secur., 9: 129-133.
- [8] Sailan, M.K.; Hassan, R.; Patel, A.; , "A comparative review of IPv4 and IPv6 for research test bed," Electrical Engineering and Informatics, 2009. ICEEI '09. International Conference on , vol.02, no., pp.427-433, 5-7 Aug. 2009
- [9] B. Çalışkan ve O. Bektaş, IPv6 İkili Yığın Geçiş Yönteminde Uygulamaların Saldırı Altında Performans Analizi, 3. Uluslararası Katılımlı Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı, Aralık 2008. Sayfa 145-150
- [10] Jiann-Liang Chen; Yao-Chung Chang; Chien-Hsiu Lin; , "Performance investigation of IPv4/IPv6 transition mechanisms," Advanced Communication Technology, 2004. The 6th International Conference on , vol.2, no., pp. 545- 550, 2004
- [11] Mackay, M.; Edwards, C.; Dunmore, M.; Chown, T.; Carvalho, G.; , "A scenario-based review of IPv6 transition tools," Internet Computing, IEEE , vol.7, no.3, pp. 27- 35, May-June 2003
- [12] I. Raicu, S. Zeadally. "Evaluating IPv4 to IPv6 Transition Mechanisms", ICT2003, Tahiti Papeete, French Polynesia, February 2003.
- [13] M.K.Sailan, R.Hassan, "Design of Accurate End-to-End IPv4 and IPv6 Performance Test" in ATUR09, 2009.
- [14] B. Carpenter, K. Moore, "Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds", IETF Request for Comments 3056, Şubat 2001
- [15] C. Huitema, Microsoft, Teredo: Tunneling IPv6 over UDP through Network Address Translations (NATs), Request for Comments 4380, Şubat 2006
- [16] Onur BEKTAŞ, Emre YÜCE, Neşe Kaptan KOÇ, İlknur GÜRCAN, Serkan ORCAN, "IPv6-GO Test Ağı Kurulumu", 3. Haberleşme Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu, Aralık 2009, İstanbul
- [17] Tomic, S.; Hoehner, T.; Menedetter, R.; Maslenka, R.; Banfield, M.; Lauster, R.; , "Study of SIP-based VoIP Application Interworking with IPv4-IPv6 Transitioning Mechanisms," Sarnoff Symposium, 2006 IEEE , vol., no., pp.1-4, 27-28 March 2006