

IPv4'TEN IPv6'YA GEÇİŞ SÜRECİ İÇİN BÜTÜNSEL BİR YAKLAŞIM

Kenan ERDOĞAN¹

Nursel AKÇAM²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Gazi Üniversitesi, 06570, Ankara
e-posta: kenanerdogan2002@yahoo.com e-posta:ynursel@gazi.edu.tr

ABSTRACT

While internet is growing fast, finishing of addresses have lead to stop this growing. By this growing speed, computers and networks over internet will arrive a state where present IP structure can't stand. It is needed a structure which is new and have wider address space for continuity of fast growing of internet. In addition, requests such as to distinguish voice and video which are needed to be transmitted instantly from other data types and to determine priorities of transmission according to service types by defining rules on the routers over transmission way need modifications over internet structure. While growing of IPv6 is going on, a question "how will transition be from IPv4 to IPv6" has been occurred. In this study, general structures of these two protocols have been examined and a total approach for transition process from internet protocol version 4 to internet protocol version 6 has been done.

Key words: Internet protocols, IPv4, IPv6

1. GİRİŞ

Günümüzde yeni hizmet gereksinimleri IPv4'ün genel yapısında değişiklik isterken, adres aralığının tükenmesi nedeniyle de daha geniş adres aralığı ihtiyacı doğurmuştur. Bu gereksinimlere cevap verebilecek şekilde, esnek bir yapıda olan yeni bir İP versiyonu, internet protokol versiyon 6 (IPv6) oluşturulmuştur.

IPv6 protokolünün detayları olgunlaştırılırken mevcut internet altyapısının yeni altyapıya geçiş sürecinin optimize edilmesi ile ilgili çalışmalar da sürdürülmektedir. Geçişin nasıl olacağı ve nasıl fazlardan geçeceği tam olarak belirlenmemiştir, ancak yeni geçiş mekanizmaları (ikili yığın yaklaşımı, tünel yaklaşımı ve dönüştürücü yaklaşımı) ile IPv6'ya geçiş mümkün kılınmıştır [1,2]. IPv4'ten IPv6'ya geçiş sürecinde, internetin dünya çapında yaygınlığı, geçiş sürecinin tüm dünyada homojen olmaması ve mevcut sistemlerin ekonomik ömürlerini tamamlamadan değiştirilmek istenmemesi gibi gerekçeler IPv4 ve IPv6 sistemlerin bir süre beraber çalışmasını gerektirmektedir. Geçiş esnasında mevcut internet ve yeni nesil internet arası haberleşme en ekonomik

yoldan sağlanmalıdır. Bu çalışmada önerilen modelde ise, günümüze kadar bu konuda yapılan çalışmalar birleştirilmiş, geçiş esnasında oluşabilecek tüm durumları da kapsayacak şekilde genişletilmiştir.

2. GEÇİŞ SÜRECİ İÇİN ÖNERİLEN BÜTÜNSEL MODEL

Tasarım üzerinde geliştirilen çözümler genel olarak tünel metodu ve ikili yığın metodu üzerine inşa edilmiştir. Tünel başında ve sonunda bulunan yönlendiriciler ikili yığın mimaridedir ve çok fonksiyonludur. IPv6 tünel ve IPv4 tünel içerisindeki yönlendiriciler ise sadece veri hattı görevi görmekte ve paketler üzerinde işlem yapmamaktadır. Şekil 1'de önerilen yapıda, geçiş sürecinde karşılaşılabilecek olası tüm durumlar sistemine erişmek isteyeceğinden, otuz iki muhtemel senaryo göz önüne alınmıştır. Bu durumlar sırasıyla incelenip, bütünsel bir geçiş önerisi ortaya konmuştur. Dört farklı türde istemci bilgisayarı iki ayrı ağ üzerinden, dört farklı sunucudan oluşmaktadır.

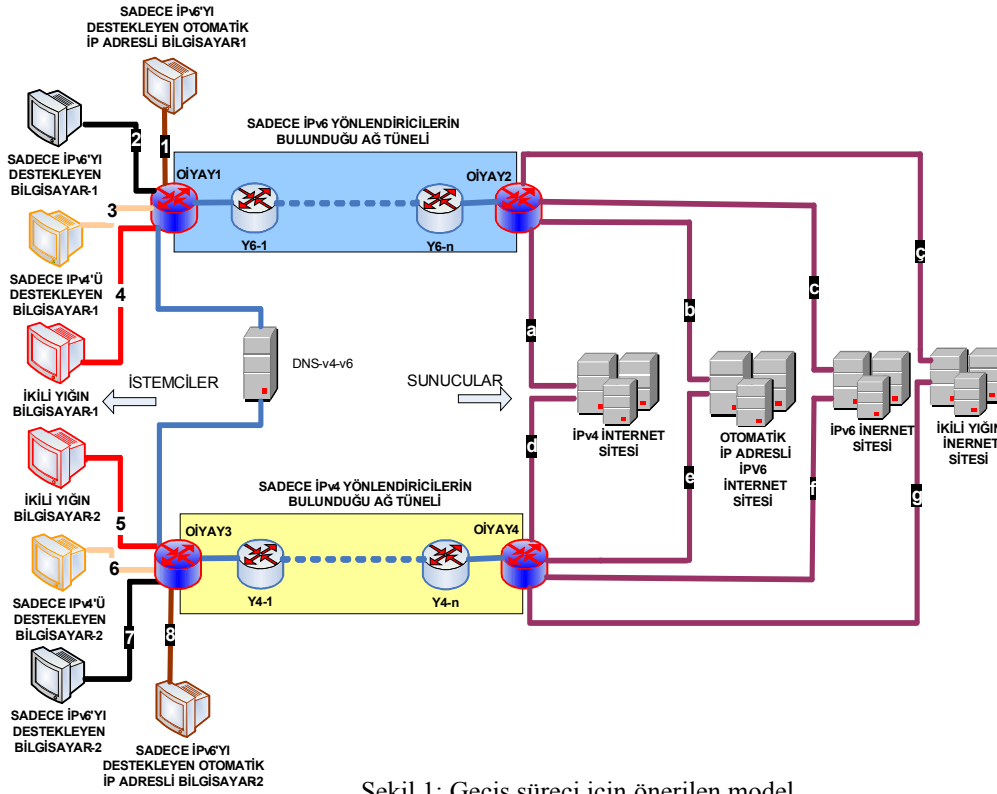
2.1. Önerilen Sistemde Kullanılan İP Adresleri

Çizelge 1'de İP adresler belirlenirken IPv4 adresler 3.3.3.0 İP bloğundan seçilmiştir. İkili yığın olan, yani hem IPv4 hem IPv6 adrese sahip bilgisayarlarda iki adres bulunur. 3.3.3.5 IPv4 adrese sahip OİYAY1 (otomatik ikili yığın anahtarlama yönlendiricisi) cihazının otomatik IPv6 adresi 2002:0303:0305:0:0:0:0:0 seçilmiştir ve içindeki 0303:0305 kısmı IPv4 adresi ile aynıdır. Bu durum aşağıdaki eşleşmede görülmektedir:
2002:0303:0305:0:0:0:0:0 → 2002:3.3.3.5:0:0:0:0
→ 3.3.3.5

2.2. Şimdiye Kadar Çözümü Belirlenmiş Durumlar

2.2.1. Dinamik tünelleme;

IPv4 paketin IPv6 ile kaplanmasını içerir. Bu yaklaşımla IPv4 uygulamaları, IPv6 ağlardan geçerek diğer IPv4 uygulamaları ile sorunsuz çalışır (Şekil 1: 4-a). IPv6 ağda sadece IPv6 haberleşme olabileceği için ikili yığın bilgisayarda üretilen IPv4 paketi, yine aynı makinede IPv6 ile kaplanır. OİYAY, bu paketin IPv6 başlığını ayıklar ve kendine bağlı olan IPv4 siteye yollar.



Şekil 1: Geçiş süreci için önerilen model

Çizelge 1. Önerilen sistemde kullanılan İP adresleri

Cihaz	İPv4 Adresi	İPv6 Adresi
Sadece İPv6'yı Destekleyen Otomatik Adresli Bilgisayar-1	-	2002:0101:0101:0:0:0:0:0
Sadece İPv6'yı Destekleyen Bilgisayar-1	-	0001:0:0:0:0:0:0202:0201
Sadece İPv4'ü Destekleyen Bilgisayar-1	3.3.3.1	-
İkili Yığın Bilgisayar-1	3.3.3.2	0001:0:0:0:0:0:0303:0302
İkili Yığın Bilgisayar-2:	3.3.3.3	0001:0:0:0:0:0:0303:0303
Sadece İPv4'ü Destekleyen Bilgisayar-2	3.3.3.4	-
Sadece İPv6'yı Destekleyen Bilgisayar-2	-	0001:0:0:0:0:0:0202:0202
Sadece İPv6'yı Destekleyen Otomatik Adresli Bilgisayar-2	-	2002:0101:0102:0:0:0:0:0
OİYAY1	3.3.3.5	2002:0303:0305:0:0:0:0:0
OİYAY2	3.3.3.6	2002:0303:0306:0:0:0:0:0
OİYAY3	3.3.3.7	2002:0303:0307:0:0:0:0:0
OİYAY4	3.3.3.8	2002:0303:0308:0:0:0:0:0
İPv4 İnternet Sitesi	3.3.3.9	-
Otomatik İPv6 Adresli İnternet Sitesi	-	2002:0101:0103:0:0:0:0:0
İPv6 İnternet Sitesi	-	0001:0:0:0:0:0:0202:0203
İkili Yığın İnternet Sitesi	3.3.3.10	0001:0:0:0:0:0:0303:030A

2.2.2. İPv6'dan İPv4'e otomatik tünelleme;

Otomatik İPv6 adresli bir site 2002 ile başlayan özel İPv6 adrese sahip bilgisayardır. OİYAY kendine otomatik İPv6 adresli siteden gelen İPv6 paketini İPv4 ile kaplar ve tünele verir. Tünelin ucunda biri otomatik İPv6 adrese sahip site, diğeri İPv6 internet sitesi veya ikili yığın internet sitesidir. Bu iki siteyi ayırmak için gerekli olan yönlendiricilere anahtarlama yönlendiricisi denir [3]. 2002:0101:0101:0:0:0:0:0 adresli sadece İPv6'yı Destekleyen Otomatik Adresli Bilgisayar-1; Otomatik İP Adresli İnternet Sitesi, İPv6 internet sitesi ve İkili Yığın İnternet Sitesi ile haberleşecekken, İPv6 başlığının içine kaynak adresi, kendisinin hedef adresi ise bu üç hedeften birinin İPv6 adresini koyar. OİYAY3, kaynak

adrese kendi İPv4 adresini, hedef adrese OİYAY4'ün İPv4 adresini koyarak İPv4 başlık ile kaplar ve tünelden geçmesini sağlar. OİYAY4 İPv4 başlığı açar ve orijinal İPv6 paketine ulaşılır (Şekil 1: 8-e, 8-f, 8-g).

2.3. Herhangi bir Ayar Gerektirmeden Çalışabilecek Durumlar

2.3.1. İstemci, sunucu ve ağın tamamen İPv6 olması: İstemci, sunucu ve geçilen ağ tamamen İPv6 desteği sağladığında, İPv6 paketleri normal yönlendirme prosedürleri ile hedefe ulaştırılır (Şekil 1: 1-b,1-c, 1-ç,2-b,2-c,2-ç,4-b,4-c, 4-ç).

2.3.2. İstemci, sunucu ve ağın tamamen İPv4 olması: Tüm cihazlarda İPv4 desteği olması nedeniyle haberleşme sağlanır (Şekil 1: 5-d, 5-g, 6-d, 6-g).

2.4. Yeni Çözüm Önerileri

2.4.1. IPv6 ağına bağlı otomatik IPv6 adresli bilgisayar ve IPv4 internet; Şekil 1: 1-a bağlantıda 2002:0101:0101:0:0:0:0:0 otomatik IPv6 adresli istemci, IPv6 ağı üzerinden 3.3.3.9 IPv4 adresine erişmek istemektedir. İstemci bilgisayar sadece IPv6 paket oluşturabildiği için IPv4 adresini doğrudan hedef yapamaz. Ancak bu adresi içeren 2002:0303:0309:0:0:0:0:0 otomatik IPv6 adresi belirlenebilir. OİYAY2 önce IPv6 adrese sahip bu hedefi arar, olmadığında, bu adresin içerdiği 3.3.3.9 IPv4 adresine sahip hedeflere bakar. Önce paketteki veri IPv6 başlıktan ayıklanır. Kaynak adresi OİYAY2, 3.3.3.6 IPv4 hedef adresi IPv4 internet sitesinin 3.3.3.9 IPv4 adresine, yeni bir IPv4 paketi oluşturur ve IPv4 internet sitesine gönderir.

2.4.2. IPv6 ağına bağlı IPv4 bilgisayarın bağlantıları; IPv4 bilgisayarın IPv6 ağı üzerinden IPv4 internet ile haberleşmesi; Ağ sağlayıcı IPv6'ya geçtiğinde IPv4 bilgisayara sahip istemcilerin bu ağ üzerinden IPv4 interneti kullanmak istemeleri durumudur (Şekil 1: 3-a, 3-b, 3-ç). Haberleşme için IPv4 paketlerin IPv6 ile kaplanması gerekir. 3.3.3.1 IPv4 adrese sahip bilgisayar sadece IPv4 paketi oluşturur. Hedef 3.3.3.9 IPv4 paketi oluşturup ağa verir. OİYAY1, paketin IPv6 ağda iletilebilmesi için IPv4 başlığı IPv6 başlığı ile kaplar. IPv6 başlığın kaynak adresi OİYAY1'in 2002:0303:0305:0:0:0:0:0 IPv6; hedef adres, OİYAY2'nin 2002:0303:0306:0:0:0:0:0 IPv6 adresidir. OİYAY2, paketin IPv6 başlığını kaldırır ve IPv4 başlıktaki asıl hedefe yollar.

IPv4 bilgisayarın IPv6 ağı üzerinden otomatik IPv6 adresli internet ile haberleşmesi; IPv4 adresli bilgisayarın otomatik IPv6 internet sitesine erişmek istemesidir (Şekil 1: 3-b). IPv4 bilgisayarın kaynak adresi 3.3.3.1 ve otomatik IPv6 internetin hedef adresi 2002:0101:0103:0:0:0:0:0'dır. Otomatik IPv6 adres yapısınca hedef adresin içerisinde bulunan 0101:0103 kısmı IPv4 adresi belirtir ve karşılığı 1.1.1.3 IPv4 adresidir. Ağ başında OİYAY1, IPv6 başlığı ekler. Kaynak adres OİYAY1'in 2002:0303:0305:0:0:0:0:0 IPv6; hedef adres OİYAY2'nin 2002:0303:0306:0:0:0:0:0 IPv6 adresidir. OİYAY2, paketin IPv6 başlığını kaldırıp IPv4 başlığını elde eder. Bu başlıktaki hedef IPv4 adres, 1.1.1.3'ün yönlendirme tablosuna bakar. IPv4 başlığını kaldırıp, paketi oluşturup hedefe yollar.

IPv4 bilgisayarın IPv6 ağı üzerinden ikili yığın internet ile haberleşmesi; Ağ sağlayıcı IPv6'ya geçtiğinde IPv4 bilgisayara sahip istemcilerin bu ağ üzerinden ikili yığın interneti kullanması durumudur (Şekil 1: 3-ç). İkili yığın internet sitesi 3.3.3.10 ve 0001:0:0:0:0:0:0:0:0303:030A IPv4 ve IPv6 adreslere sahiptir. 3.3.3.1 IPv4 adresli bilgisayar sadece IPv4 paketi oluşturur. Hedefi ikili yığın internet sitesinin 3.3.3.10 adresi olan bir IPv4 paketi oluşturup ağa verir. OİYAY1 paketin IPv6 ağda iletilebilmesi için IPv4 başlığı IPv6 başlığı ile kaplar. Kaynak adresi

OİYAY1'in 2002:0303:0305:0:0:0:0:0 IPv6 adresi; hedef adres OİYAY2'nin 2002:0303:0306:0:0:0:0:0 IPv6 adresidir. OİYAY2 paketin IPv6 başlığını kaldırır ve IPv4 başlıktaki hedefe yollar.

2.4.3. IPv4 ağına bağlı ikili yığın bilgisayarın bağlantıları;

IPv4 ağına bağlı ikili yığın bilgisayarın otomatik IPv6 adresli internet ile haberleşmesi; 3.3.3.3 ve 0001:0:0:0:0:0:0:0:0303:0303 IPv4 ve IPv6 adresleri bulunan İkili Yığın Bilgisayar-2'nin, 2002:0101:0103:0:0:0:0:0 IPv6 Adresli İnternet Sitesi'ne erişmek istemesi durumudur (Şekil 1: 5-e). Bu durumun iki türlü çözümü bulunur:

i) 0001:0:0:0:0:0:0:0:0303:0303 kaynak adresi ve 2002:0101:0103:0:0:0:0:0 hedef adresi içeren IPv6 paket oluşturulup OİYAY3'e verilir. OİYAY3 bu paketi IPv6 başlık ile kaplar. OİYAY4 paketin IPv4 başlığını kaldırır ve hedefe gönderir.

ii) ikili yığın bilgisayar kaynak IP adresi 3.3.3.3; hedef IP adresi 2002:0101:0103:0:0:0:0:0'nin içerdiği 1.1.1.3 olan IPv4 paketi oluşturur. OİYAY3, IPv4 pakete dokunmaz ve paket OİYAY4'e gelir. OİYAY4 IPv6 adresleri kontrol eder ve hedefe yollar.

IPv4 ağına bağlı ikili yığın bilgisayarın IPv6 internet ile haberleşmesi; İkili Yığın Bilgisayar-2'nin, 0001:0:0:0:0:0:0:0:0202:0203 IPv6 adrese sahip IPv6 internet sitesine erişmek istemesi durumudur (Şekil 1: 5-f). 0001:0:0:0:0:0:0:0:0303:0303 kaynak adresi ve 0001:0:0:0:0:0:0:0:0202:0203 hedef adresi içeren IPv6 paket oluşturulur. OİYAY3, paketin IPv4 ağda ilerleyebilmesi için, IPv6 başlık ile kaplar. OİYAY4, IPv4 başlığından ayırır ve hedefe gönderir.

2.4.4. IPv4 ağına bağlı IPv4 bilgisayarın otomatik IPv6 adresli internet ile haberleşmesi;

IPv4 adresli bilgisayar, IPv4 ağı üzerinden otomatik IPv6 internet sitesine erişmek istemesi durumudur (Şekil 1: 6-e). IPv4 kaynak adresi 3.3.3.4 ve otomatik IPv6 hedef adresi 2002:0101:0103:0:0:0:0:0 (1.1.1.3 IPv4)dir. İstemci bilgisayarda kaynak IP adresi 3.3.3.4; hedef IP adresi 1.1.1.3 olan IPv4 paketi üretilir. OİYAY3 bu adresi içeren otomatik IPv6 adresi kontrol eder ve hedef adres bulunur. IPv4 başlığı yok edilir ve yerine kaynak IP adresi OİYAY4'ün IPv6 adresi olan 2002:0303:0308:0:0:0:0:0 ve hedef IP adresi 2002:0101:0103:0:0:0:0:0 olan bir IPv6 başlığı üretilip veriye eklenir ve hedefe gönderilir.

2.4.5. IPv4 ağına bağlı global IPv6 adresli bilgisayarın bağlantıları;

IPv4 ağına bağlı global IPv6 adresli bilgisayarın otomatik IPv6 adresli internet ile haberleşmesi; IPv6 bir bilgisayarın, IPv4 ağ tüneli üzerinden otomatik IPv6 adresli internet sitesine erişmek istemesi durumudur (Şekil 1: 7-e). Kaynak bilgisayar 0001:0:0:0:0:0:0:0:0202:0201, hedef

bilgisayar ise 2002:0101:0103:0:0:0:0, IPv6 adreslere sahiptirler. Kaynak bilgisayar bu adresleri kullanarak veriyi IPv6 başlığı ile kaplar. OİYAY3, IPv6 paketini, kaynak adresi kendisinin IPv4 adresi 3.3.3.7, hedef adresi OİYAY4'ün IPv4 adresi 3.3.3.8 olan IPv4 başlığı ile kaplar. OİYAY4 paketin IPv4 başlığını imha eder, hedefe gönderilir.

IPv4 ağına bağlı global IPv6 adresli bilgisayarın

IPv6 internet ile haberleşmesi: IPv6 bir bilgisayarın IPv4 ağı tüneli üzerinden IPv6 internet sitesine erişmek istemesi durumudur (Şekil 1: 7-f). Kaynak bilgisayar 0001:0:0:0:0:0202:0201 ve hedef bilgisayar 0001:0:0:0:0:0202:0203, IPv6 adreslere sahiptirler. Kaynak bilgisayar bu adresleri kullanarak veriyi IPv6 başlığı ile kaplar. OİYAY3 IPv6 paketini, IPv4 adresi 3.3.3.7, hedef adresi OİYAY4'ün IPv4 adresi 3.3.3.8 olan IPv4 başlığı ile kaplar. OİYAY4 paketin IPv4 başlığını imha eder ve hedefe gönderilir.

IPv4 ağına bağlı global IPv6 adresli bilgisayarın ikili

yığın internet ile haberleşmesi: IPv6 bir bilgisayarın IPv4 ağı tüneli üzerinden ikili yığın internet sitesine erişmek istemesi durumudur (Şekil 1:7-g). Kaynak bilgisayar 0001:0:0:0:0:0202:0201 IPv6, hedef bilgisayar 3.3.3.10 ve 0001:0:0:0:0:0303:030A, hem IPv4 hem de IPv6 adreslere sahiptirler. Kaynak bilgisayar kendi IPv6 adresini ve hedefin IPv6 adresini kullanarak veriyi IPv6 başlığı ile kaplar. OİYAY3, IPv6 paketini IPv4 başlığı ile kaplar. OİYAY4, paketin IPv4 başlığını imha eder ve hedefe gönderilir.

2.4.6. IPv4 ağına bağlı otomatik IPv6 adresli bilgisayarın IPv4 internet ile haberleşmesi:

Otomatik IPv6'dan IPv4'e adresli bir istemci IPv4 ağı üzerinden IPv4 adresli internete erişmek istemesi durumudur (Şekil 1: 8-d). Otomatik IPv6 kaynak adresi 2002:0101:0103:0:0:0:0 ve hedef IPv4 adresi 3.3.3.9'dur. İstemci bilgisayarda hedef 2002:0303:0309:01:0:0:0:0 IPv6 adresi belirlenir. IPv6 pakete IPv4 ağıda ilerleyebilmesi için IPv4 başlık eklenir. OİYAY4'de paketin IPv4 başlığı açılıp orijinal IPv6 paketine ulaşılır. Hedef adres 3.3.3.9 IPv4 adresi belirlenir.

2.5. Yeni ve Kısıtlı Çözüm Önerileri

Oluşacak 4 durum mevcuttur. Bu 4 çözüm, istemci cihazların ikili yığın mimariye geçmeleridir. Ancak pahalı bir çözüm olacağından global IPv6 adreslerin son 32 bitlik kısmı IPv4 adres olacak şekilde tasarlanır. 0001:0:0:0:0:0303:0302 IPv6 adresinin son 32 biti 3.3.3.2 IPv4 adresi içerir. 0001 ile başlayan IPv6 adresler ise global IPv6 adreslerdir. Son 32 biti IPv4 olan global adresler otomatik IPv6 adrese benzer bir yapıdadır. İP adreslerde yapılan bu ayarlama, sadece bu 4 durumu çözmek içindir. Global IPv6 adresteki son 32 bitte IPv4 saklanması: 0001:0:0:0:0:0303:0302→0001:0:0:0:0:3.3.3.2 →3.3.3.2 biçimindedir. Böyle bir yapıya geçme, ikili yığın yapıya geçmekten daha kolaydır. Ancak

IPv6 adresleri IPv4 adrese hapsedme gibi kısıtlamayı da beraberinde getirir. Geçiş süreci boyunca oluşan bu 4 durumda kullanıcılar ve internet siteleri ikili yığın mimari veya IPv6 adresin IPv4'ü içermesi şeklinde iki çözümden kendine uygun olanını seçer.

2.5.1. IPv4 ve IPv6 ağına bağlı IPv6 bilgisayarların IPv4 internet ile haberleşmesi:

Global IPv6 adrese sahip bilgisayarların IPv4 ve IPv6 ağı geçerek IPv4 internet ile haberleşmek istedikleri durumdur. IPv6 paketin içerdiği başlıkta kullanılan İP adresler IPv6 adres olmak zorundadır. Bu durumda 0001:0:0:0:0:0202:0201 ve 0001:0:0:0:0:0202:0202 IPv6 kaynak adreslere sahip bilgisayarlar 3.3.3.9, IPv4 hedef adresine herhangi bir ağıdan doğrudan paket gönderemez. IPv6 adres üzerinde düzenleme yapılmazsa tek çözüm ya kaynak bilgisayarların ya da IPv4 internetin ikili yığın yapıya geçirilmesidir. Tasarımda bu iki global IPv6 adreslerin son 32 biti IPv4 adresdir. 0001:0:0:0:0:0202:0201→2.2.2.1 0001:0:0:0:0:0202:0202→2.2.2.2 Bu tasarım, kullanıcılarda IPv6 adreslerde IPv4 adres bulundurma zorunluluğu nedeniyle dezavantajdır. Ancak hala kullanılmamış IPv4 bloklarının varlığı; 127.0.0.1 gibi, sadece tek bir adresi kullanılıp, geri kalanı kullanılmayan adres bloklarının ve internet için kullanılmayan sanal İP adres blokları olması, (10.0.0.0 gibi) geçiş sürecinde bu çözümü mümkün kılar. Şekil 1: 2-a' da 0001:0:0:0:0:0202:0201 IPv6 kaynak adrese sahip bilgisayar, 3.3.3.9 hedef adrese paket göndereceği zaman paketi, adresi 0001:0:0:0:0:0303:0309 IPv6 adrese gönderecekmiş gibi oluşturup ağına verir. OİYAY1, IPv6 paketi, IPv6 ağı üzerinden OİYAY2'ye gönderir. Bu adrese sahip IPv6 bilgisayar olmadığından IPv6 adresin son 32 bitine bakar. Bu kısım 3.3.3.9 IPv4 adres içerir. OİYAY2 paketin IPv6 başlığını yok edip yerine kaynak adresi kendi IPv4 adresi 3.3.3.6, hedef adresi ise 3.3.3.9 olan IPv4 başlığı oluşturur. Şekil 1: 7-d'd'e ise 0001:0:0:0:0:0202:0202 IPv6 kaynak adrese sahip bilgisayar, 3.3.3.9 hedef adresine paket göndereceği zaman paketi, adresi 0001:0:0:0:0:0303:0309 IPv6 adrese gönderecekmiş gibi oluşturup ağına verir. OİYAY3, IPv6 paketin üzerine IPv4 başlığı ekler. OİYAY4'de IPv4 başlığı açılır. IPv6 başlıktaki 0001:0:0:0:0:0303:0309 hedef adresin son 32 bitine yani 0303:0309 kısmına bakar. Bu kısım 3.3.3.9 şeklinde IPv4 adres içerir. OİYAY4 paketin IPv6 başlığını yok edip yerine kaynak adresi kendi IPv4 adresi 3.3.3.6, hedef adresi ise 3.3.3.9 olan IPv4 başlığı oluşturur.

2.5.2. IPv4 ve IPv6 ağına bağlı IPv4 bilgisayarların IPv6 internet ile haberleşmesi:

IPv4 adrese sahip bilgisayarların IPv4 ve IPv6 ağı geçerek global IPv6 adresli internet ile haberleşmek istedikleri durumdur. IPv4 paketin içerdiği başlıkta kullanılan kaynak ve hedef İP adresler IPv4 adres

olmak zorundadır. Bu durumda 3.3.3.1 ve 3.3.3.4 IPv4 kaynak adreslere sahip bilgisayarlar, 0001:0:0:0:0:0:0202:0203 IPv6 hedef adresine doğrudan paket gönderemez. Pratikte, bu durum yaşanacağından ve IPv6 internetin tamamı hemen ikili yığın yapıda olmayacağından başka bir çözüm bulunmalıdır. Eğer global IPv6 internet sitesi IPv6 adresinin içinde IPv4 adresi bulundursa bu durum bazı kısıtlamalara yol açsada çözülür:

0001:0:0:0:0:0:0202:0203 → 2.2.2.3 Bu tasarımda yine bölüm 2.5.1’ bahsedildiği gibi bir dezavantajdır. Şekil 1: 3-c’de 3.3.3.1 IPv4 kaynak adrese sahip bilgisayar 0001:0:0:0:0:0:0202:0203 IPv4 hedef adrese erişmek istemesi durumudur. OİYAY1, IPv4 paketin üzerine IPv6 ağ üzerinden gönderilebilmesi için IPv6 başlık ekler. OİYAY2’de IPv6 başlığı açılır. Önce 2002:0202:0203:0:0:0:0:0 otomatik IPv6 adrese sahip hedefin olup olmadığı kontrol edilir. 0001:0:0:0:0:0:0202:0203 son 32 bitinde bu adresi içeren global IPv6 adreslere bakılır ve hedef bulunur. Hedef bulunduktan sonra OİYAY2 paketin IPv4 başlığını yok edip yerine kaynak adresi kendi IPv6 adresini, hedef adresin ise IPv6 başlığını oluşturur ve IPv6 internet sitesine yollar. Şekil 1: 6-f’de 3.3.3.4 IPv4 kaynak adrese sahip bilgisayar 0001:0:0:0:0:0:0202:0203 hedef adresine, 2.2.2.3 IPv4 adrese paket göndereceği gibi oluşturup ağa verir. OİYAY3 IPv4 paketi, IPv4 ağ üzerinden OİYAY4’e gönderilir. OİYAY4, 2.2.2.3 şeklindeki hedefini arar. Böyle bir adrese sahip IPv4 bilgisayar olmadığından otomatik IPv6 adrese sahip hedefin varlığı kontrol edilir. 0001:0:0:0:0:0:0202:0203, son 32 bitinde bu adresi içeren global IPv6 adreslere bakılır ve hedef bulunur. OİYAY4 paketin IPv4 başlığını yok edip yerine kaynak adresi, kendi IPv6 adresi 2002:0303:0306:0:0:0:0:0, hedef adresi ise 0001:0:0:0:0:0:0202:0203 olan IPv6 başlığını oluşturur ve IPv6 internet sitesine yollar.

2.6. Ağlar Arası Bağlantılar İçin Öneriler

Önerilen geçiş modelinde sadece IPv4 ve IPv6 ağa bağlı bilgisayarların haberleşmesi incelendi. Ancak internetin dünya çapında yaygınlığı düşünüldüğünde kaynak ve hedef arasında birden çok ağ sağlayıcının tünelinin bulunması durumu da olacaktır. Geçiş süreci dünyada homojen olmayacağından bir ülke IPv6’ya geçmişken diğer ülke IPv4 altyapıda devam ediyor olacaktır. Bu nedenle iki ağ sağlayıcının bağlantısı geçiş süreci için optimize edilmelidir. Geçiş süreci sonunda tüm alt ağ yapısı IPv6 olacaktır.

2.6.1. Aynı türden ağların bağlantıları

İki IPv4 ağın birbirine bağlanması: İki IPv4 ağın birbirine bağlanması durumudur. Kaynak ve hedef bilgisayarlar daha önce bahsi geçen dört çeşit bilgisayardan veya internet sitesinden biridir. Arada kaynak ve hedefin olup olmamasına göre:

**Arada kaynak ve hedef bilgisayarların var olması;* Bu durumda iki ağ sağlayıcı, ara bağlantı

noktasındaki iki OİYAY cihazının birini kaldırmak için anlaşılabilir. Böylece hem ekonomik hem de hızlı ve performanslı altyapı desteklenmiş olur. Bu durum, iki yerine n adet IPv4 ağı birbirine bağlı iken de uygulanabilir. Haberleşme daha önce anlatılan çözüm önerilerine göre gerçekleşir.

**Arada kaynak ve hedef bilgisayarlar yokken;* Bu bağlantıda iki ağ sağlayıcı, anlaşarak ortada bulunan OİYAY cihazlarını kaldırıp iki IPv4 tüneli tekmiş gibi yapabilir. Böylece hem ekonomik hem de hızlı ve performanslı altyapı desteklenmiş olur. Bu durumda kaynak ve hedef daha önce anlatılan çözüm önerilerine göre haberleşir. Bu tür bağlantı ağ sağlayıcı sayısı ikiden daha çok olduğunda da n adet bağlantıda, 2xn adet OİYAY cihazı kaldırılır.

İki IPv6 ağın birbirine bağlanması: İki IPv6 ağın birbirine bağlanması durumu, iki IPv4 ağın birbirine bağlanmasına benzerdir.

2.6.2. Farklı türden ağların bağlantıları

İki ağ sağlayıcıdan biri IPv4 yapıda devam ederken, diğeri IPv6’ya geçmiş olması durumudur. Ara kaynak ve hedefler varken, IPv4 ağın IPv6 ağa bağlanması, ara kaynak ve hedefler yokken, IPv4 ağın IPv6 ağa bağlanması gibi iki farklı durum vardır. Farklı iki ağ birbirine bağlandığından aradaki dönüştürmeler ve karar mekanizmaları için mutlaka OİYAY cihazı bulunmalıdır. Bu tarz bağlantılarda arada kaynak olsa da olmasa da şirket veya ülkeler ara bağlantılardaki iki OİYAY cihazından sadece birini kaldırabilir. Ortadaki iki OİYAY’dan birinin eksilmesi yine ağdaki performansı artıracak ve daha ekonomik olacaktır. Bu yaklaşım ikiden çok, farklı ağın bağlantısında da kullanılabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, IPv6’ya geçiş süreci için, günümüze kadar yapılan çalışmalar ışığında bütünsel bir çözüm tasarlanmıştır. IPv4’ten IPv6’ya geçiş süreci için temel çözümler olan tünel metodu ve ikili yığın metodu baz alınarak yapılan tasarımda geçiş sürecinde oluşacak 32 durum ele alınmış ve bu durumlara uygun çözümler önerilmiştir. Bu çözümlerden yola çıkılarak geçiş süreci boyunca ağlar arasında yapılacak haberleşmeler için kurallar belirlenmiş ve ağların nasıl optimize edileceği hakkında çözümler sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] International ed”, *Prentice Hall*, Pearson ,343-353, 2004
- [2] 10.Waddington, D. G., Chang, F., “Realizing the Transition to IPv6”, *IEEE JNL Communications Magazine*, volume 40, 138 – 147, 2002.
- [3] Stallings, W., “Computer Networking with Internet Protocols And Technology International ed.”, *Prentice Hall*, Pearson, 290-300, 2004.