

Türkiye'nin Otonom Sistem Seviyesinde İnternet Haritasının Çıkarımı ve İncelenmesi

Extraction and Analysis of Autonomous System Level Internet Map of Turkey

Hakan ÇETİN ve İbrahim Taner OKUMUŞ*

Muğla Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 48000, Muğla

Geliş Tarihi/Received : 21.08.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 27.10.2009

ÖZET

İnternet, üst seviyede incelendiğinde, Otonom Sistem (OS) olarak temsil edilen binlerce ağın birbirine bağlandığı, dünyayı saran her OS'nin bir düğüm ve Border Gateway Protokolü komşuluğu olan diğer OS'ler ile birleşmesinin bir link olarak kabul edildiği örgüdür. Bu örgünün incelenmesi ve grafiğe dönüştürülmesi, İnternet'in otonom sistem seviyesindeki topolojisini verir. İnternet topolojisi üzerinde yapılan çalışmalar son yıllarda ivme kazanmıştır. İnternet altyapısı üzerinde araştırma yapılması ve düzenli takip edilen bir sistemin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Türkiye'de bulunan OS'lerin bağlantı haritası çıkarılması adım adım aşamaları ile birlikte sunulmaktadır. Yapılan çalışmada öncelikle Türkiye'de bulunan OS'ler tespit edilmiş ve bu OS'ler arasındaki bağlantı yurtdışı uluslar arası bağlantıları ile birlikte elde edilmiştir. Tespit edilen OS'ler arası ilişkiler ortaya konularak, Türkiye'nin internet altyapısının yapısal özellikleri belirlenmiş ve bunlar belirlenirken kullanılan metotlar ortaya konulmuştur. Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda çeşitli analizler yapılmış, hazırlanan yazılım ile Türkiye'nin otonom sistem seviyesindeki internet topolojisi çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler : *İnternet haritası, Topoloji, Otonom sistem, BGP.*

ABSTRACT

At the high level, the Internet is a mesh that is composed of thousands of autonomous system (AS) connected together. This mesh is represented as a graph where each autonomous system is considered as a node and the connections with Border Gateway Protocol neighbored autonomous systems considered as an edge. Analysis of this mesh and visual representation of the graph gives us the AS level topology of the Internet. In recent years there are increasing numbers of studies that are focused on the structure of the topology of the Internet. It is important to study the Internet infrastructure in Turkey and to provide a way to monitor the changes to it over time. In this study we present the AS level Internet map of Turkey with explanation of each step. In order to get the whole AS level map, we first determined the ASs that geographically reside in Turkey and afterwards determined the interconnections among this ASs, along with international interconnections. Then we extracted the relations between connected ASs and analyzed the structural properties of AS infrastructure. We explained the methods we used in each step. Using the extracted data we analyzed the AS level properties of Turkey and we provide the AS level Internet map of Turkey along with a web-based software that can monitor and provide information of ASs in Turkey.

Keywords : *The Internet map, Topology, Autonomous system, BGP.*

1. GİRİŞ

İnternet, Otonom Sistem (OS) olarak temsil edilen binlerce ağın birbirine bağlandığı dünyayı saran bir örgüdür. İnternet trafiğinin bulunduğu ve daha küçük yerel ağların bir araya geldiği noktalara değişim noktaları denilmektedir. Ağlar, internet değişim noktaları vasıtasıyla birbirlerini trafik katarı yapıyorlar. Şu anda İnternet üzerindeki değişim noktalarının

sayısı 100'ün üzerindedir. Değişim noktaları servis sağlayıcıların veri alışverişini düzenlemekte ve aynı zamanda farklı telekomünikasyon şirketlerinin sunduğu web adreslerine ulaşmamızı sağlamaktadır. Bu internet değişim noktalarından biri devre dışı kaldığında herhangi bir sıkıntı yaşanmamaktadır. İnternet omurgasının alternatifli yapısı, veri trafiğini gerektiğinde diğer değişim noktalarına

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : okumus@mu.edu.tr (İ. T. Okumuş)

yönlendirebilmektedir. Bu yönlendirme bir saniyeden daha kısa bir sürede gerçekleştirildiğinden, hız kayıplarının süresi milisaniyeleri aşmamaktadır (Dönmez, 2006).

Son zamanlarda internet topolojisinin analizi ve modellemesi üzerinde yapılan araştırmalar dikkat çekmeye başlamıştır. Bu ilginin nedeni, internetin topoloji özellikleri ve değişiminin birçok pratik ve teorik ağ araştırması için köşe taşı olmasıdır.

Ağ üzerinde çalışan birçok protokolün, ağ güvenliği için kullanılan uygulamaların vb. performansları ağ topolojisine bağlıdır. İnternet topolojisi üzerine araştırma yapanlar internet topolojisi çıkarımı yapabilmek için çeşitli ölçüm teknikleri üzerinde odaklanmışlardır. Çeşitli metotlar kullanılarak elde edilen değişik internet topoloji kaynakları farklı internet topoloji görüşlerini ortaya çıkarmıştır.

Maalesef çoğu araştırmacı ya tek bir veri kaynağına bağlı kalmakta -ki bazen bu veriler eksik veya zamanı geçmiş oluyor -ya da farklı veri kaynaklarını bir topoloji içinde karıştırmaktadır. Bu da elde edilen topolojilerin yanlış olmasına ya da yeteri kadar güvenilir olmamasına yol açmaktadır (Huston, 2005).

Yapılan incelemeler doğrultusunda, Türkiye OS haritası ile ilgili sadece 2001 yılında bir çalışma yapıldığı (Temir, 2001) ve güncel bir çalışmanın olmadığı tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmayla internet topoloji konusunu ülkemizde de tartışmaya açarak bilim insanlarının dikkatlerini bu konu üzerine yoğunlaşmasını sağlamak amaçlanmıştır.

Projenin amacı tüm dünyayı saran uzun ve karmaşık yolun bir parçası olan ülkemizin internet haritasını çıkarmaktır. Yapılan çalışmada Türkiye'nin internet haritasını çıkarırken çeşitli veri kaynakları kullanılmıştır. Bu veri kaynaklarından bir tanesi Avrupa ve Orta Doğunun internet yönetimini ve Otonom Sistem numara takibini yapan organizasyon olan RIPE NCC'nin projesi olan Yönlendirme Bilgi Hizmeti (RIS - Routing Information Service)'in bütün OS yol birleşimlerini bize sunan veritabanıdır. Diğer bir veri kaynağımız ise CIDR (Classless InterDomain Routing) diye tabir edilen, her gün güncellenen ve BGP tablolarının verilerini içeren veri tabanıdır (Bates v.d., 2008).

Farklı veri tabanlarının kullanılması, ülkemize ait Otonom Sistem Numara (OSn)'lerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi içindir. Çünkü tek veri kaynağına dayanılarak yapılan topoloji haritalarının güvenilirliği tartışılmaktadır. Kullanılan 2 veri kaynağı karşılaştırıldığında, RIPE NCC'ye kayıtlı olup aktif kullanımda olmayan OSn'ler tespit edilmiştir. Bu da yapılan çalışmayı daha geçerli hale getirmektedir.

Tespit edilen Otonom Sistem Numaraları ile geliştirmiş olduğumuz ara yazılımı bir araya getirerek, çeşitli analizler yapılmış ve ülkemize ait olan internet omurgası çıkarılmıştır.

Araştırmayı yaparken kullanılan yöntemlerden ilki Türkiye'de mevcut olan OS numaralarını tespit etmek olmuştur. Bu numaraların tespiti araştırmada bir yol gösterici durumundadır. OS numaralarının tespitinin akabinde, bunların kullanıldığı BGP tablolarının tespiti yapılmış ve bu OS numaraları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Elde edilen bu numaralar ve ilişkiler doğrultusunda, ilk olarak, bu OS numaralarının veriliş sistemi ortaya dökülmüş ve çıkartılan ilişkiler ile OS'lerin birbirleri arasındaki yollar tespit edilmiştir. Elde edilen bütün bu veriler doğrultusunda, uygun bir yazılım programı ile bunlar birleştirilerek Türkiye'nin internet haritası çıkarılmıştır. Bu yazılımdan elde edilen harita internet ortamında paylaşılmaktadır.

Çalışmanın diğer kısımları şu şekilde sunulmaktadır. İkinci kısımda bu konuda daha önce yayınlanan kaynaklar incelenmiş ve bu çalışmalarla ilgili bilgiler verilmiştir. Üçüncü kısımda Otonom Sistemler ve bu sistemlerin numaralandırma sistemi ile ilgili bilgiler verilmiştir. Dördüncü kısım, çalışmada kullanılan veri kaynaklarını ve bu kaynaklardan elde edilen verilerin hangi yolla elde edildiğini açıklamaktadır. Beşinci kısımda, elde edilen verilerin analizi yapılmış ve veriler yardımıyla oluşturulan ülke içi ve ülke dışı bağlantılarıyla OS seviyesindeki İnternet haritası sunulmuştur. Altıncı kısımda ise sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İnternet haritası üzerine yapılan çalışmalarda genellikle traceroute sunucuların kullanıldığı görülmektedir. Aynı yöne hangi IP adreslerinin yönlendirildiğini bulmak için farklı çözüm teknikleri kullanılmaktadır. Rocketfuel ismi verilen internet servis sağlayıcılarının (ISS) topoloji haritası çalışmasında, belirli isim dönüştürücülerini anlamak ve ISS üzerine odaklanmak için yönlendirme bilgileri kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda 300 civarındaki traceroute web sunucuda bulunan 800 stratejik nokta çalışmanın kaynağını oluşturmaktadır. Çalışmaya Amerika, Avustralya, Avrupa'da bulunan 10 ISS haritalandırarak başlanmıştır. Bu işlemler sonucunda 50 bin IP adresi, 45 bin yönlendiricide, 537 bağlantı noktası ve 80 bin link, veri tabanına toplanmıştır (Spring v.d., 2002) .

CAIDA Skitter, internet topolojisini oluştururken kullandığı verilerin nasıl ve hangi yollarla toplanacağını açıklamaktadır (Huffaker v.d., 2001). Geliştirilen bu yazılımla İnternet'in topolojisi ve performansı takip edilmektedir.

Lumeta Map Viewer projesi İnternet haritasını görsel olarak çıkararak diğer bir çalışmadır (Burch ve Cheswick, 1999). Proje, internete kayıtlı bir bağlantıdan diğer bağlantılara araştırmayı kapsamaktadır. İnternette bulunan ağların hemen hemen hepsinin birbirine bağlantılarını ağaç şeklinde haritalamaktadır. Bu haritanın oluş sebebi internetin merkez topolojisini göstermektedir.

Hali hazırda iyi ve güçlü bir harita çalışması olan Opte, ARIN tarafından kontrol edilen ve listelenen IP alanlarını kullanarak, PHP ile geliştirilmiş bir programcıkla bu listeleri elde etmektedir. PHP kodu, traceroute aktivitelerini kontrol ederek verileri elde eder ve bunları bir veri tabanına depolar. Bu veri tabanındaki bilgiler LGL denilen bir java applet tarafından resme dönüştürülerek haritalama gerçekleştirilmektedir (Lyon, 2005).

Cybergeography, bilgisayar iletişim ağlarının uzaysal yapı çalışmasıdır (Web Sayfası, 2008a). Özellikle internet, web ve diğer elektronik yerlerin topolojilerinin çıkarımını yapmaktadır.

Mapnet çoklu ağ yapılarının coğrafi topolojilerini görüntülemek için kullanılan bir araçtır. CAIDA'nın eski bir projesidir (Claffy ve Huffaker, 2008). Mapnet projesine ek olarak geçersiz ve eski bilgilerin düzeltilmesi ve güncellenmesi için Mapnet Update tasarlanmıştır (Claffy ve Huffaker, 2008). Bu programın doğruluğu kullanılan kaynaklarla olan işbirliğine dayanmaktadır.

Türkiye'de internet topolojisi üzerine yapılmış tek bir çalışma bulunmaktadır. 4 Ağustos 2001 tarihinde web sayfasında yayınlanan İlker TEMİR'in yapmış olduğu "Türkiye'nin internet haritası" adlı çalışmadır. İlker TEMİR, yaptığı çalışmada yönlendirme veri sunucuları ve mercek sitelerinden topladığı veriler ile internet haritası çıkarımı yapmıştır (Temir, 2001).

İnternet topolojisini dış kaynaklarda araştırdığımız zaman karşımıza birçok çalışma çıkmaktadır. Bu çalışmaların yoğunlukla yapıldığı adres CAIDA'dır ve çalışmalar CAIDA topluluğunun içerisinde bulunan kişiler tarafından yürütülmektedir.

İnternet haritasını çıkarmada kullanılan diğer bir veri kaynağı BGP yönlendirme tablolarıdır. Ancak sadece bu tablolar kullanılarak elde edilecek olan haritanın güvenilirliği tartışmalıdır. H. Chang v.d. (Chang, 2004) tarafından yapılan çalışmada, sadece Oregon yönlendirme tablosundan (Web Sayfası, 2008b) gelen BGP verileri ve mercekler ve IRR verileri ile haritalar oluşturularak karşılaştırılmıştır. Oregon yönlendirme tablo veri setlerinde, genel olarak internetteki az sayıda bulunan stratejik noktalardan görünen, BGP'nin de bildiği, OS komşuluk bağlantıları yansıtılmıştır. Taranan ve incelenen bilgiler karşılaştırıldığında, BGP yönlendirme tablolarında

saklı kalmış çok sayıda OS komşuluk bağlantısı olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular değerlendirildiğinde, hazır veri setlerinin kullanılabilmesi, fakat bunların doğru veriler olduğuna dair sürekli sorgulama yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Chang, 2004).

Mahadevan, v.d., (2006) yaptıkları çalışmada, OS bilgilerinin 3 ayrı kaynaktan çıkarıldığını ve bunlardan BGP ile Traceroute'dan elde edilen bilgilerin benzer olduğunu, fakat WHOIS'den ayrıldığını göstermişlerdir. Bu 3 ayrı bilgi toplama mekanizmasının ve bunlardan elde edilen topolojilerin arasındaki farklar ortaya konulmuştur. Bu OS düzeyi topoloji grafiği, birçok araştırma için yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Bu grafik RIPE ya da yönlendiriciler tarafından toplanan verilerle oluşturulmuştur. İlk olarak RIPE yönlendiricilerinden alınan bilgiye ek olarak, aynı zamanda, yönlendirici kayıt servislerini içeren diğer birçok kaynaktan da bilgi alınmıştır. İkinci olarak, yönlendirici güncellemelerinden de topoloji bilgisi alınarak internet topolojisi çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan bilgi toplama ve topoloji oluşturma süreçleri otomatik hale getirilerek, topolojinin güncel hali günlük olarak web üzerinden yayınlanmaktadır (Zhang, 2005).

3. OTONOM SİSTEMLER

İnternet üzerinde her yönlendiricinin bir yöneticisi veya sahibi bulunmaktadır. Bu yönlendiricilerin nasıl bir protokol kullanacağından, nasıl çalışacağına kadar her türlü kararı bu yönetici verebilir. Birden fazla yönlendiriciden oluşan bir grup, tek bir yöneticinin idaresindeyse bu gruba otonom sistem adı verilmektedir. OS, dış dünyadan bakıldığında tek bir birim olarak gözüken bir ağıdır. İnternetteki IP adreslerinin birbirleriyle çakışmaması için yönetimini ve dağıtımını yapan InterNIC, OS kurmak isteyen organizasyonlara da internette tek ve benzersiz olan bir OS numarası tahsis eder.

OS'ler arası yönlendirme işlemi BGP protokolü ile yapılmaktadır. BGP, gerekli yönlendirmeyi yapabilmek için, kendisi ile ortak çalışan BGP yönlendiricilerine (kendi komşularına), bağlı bulunduğu OS numaralarını söyleyerek çalışmaktadır. Her BGP yönlendiricisi bu numaraları birbiri ile değiş tokuş ettiğinden, İnternet'teki BGP kullanan yönlendiricilerin, tüm internetin yapısını, birbirine bağlı OS yapıları ve numaraları olarak bildiğini söyleyebiliriz. Öte yandan her BGP yönlendiricisinin, internetteki her OS içindeki tüm yolları da bilmesi gerektiğini kabul edersek, yaklaşık 70000 yol (route) olan interneti idare eden BGP'nin ne kadar önemli bir görevi olduğu anlaşılmaktadır (Halaç ve Harman, 2002).

OS numaraları 16 ve 32 bittir. 16 bit olanları 0 ile 65535 arasında değerler alabilmektedir. OS numaraları RIPE,

ARIN gibi kuruluşlardan alınabilmektedir. 64512 ile 65534 arasında bulunan OS numaraları private range olarak rezerve edilmiştir ve tıpkı private IP adresler gibi özel ağda ücretsiz olarak kullanılabilirler. Çalışmamız 16 bit OS numaraları üzerine olacaktır. Bir otonom sistem şu üç tipten birisine sahiptir:

3. 1. Dip (Stub) OS:

Her zaman en son noktadır. Merkezdeki bir siteden veya bir ISP'den, örneğin bir uzak ofis veya eve, yapılan statik olarak yönlendirilerek gerçekleştirilmiş bir bağlantıdır. BGP, bu durumda gerekmemektedir (Karaağaç, 2007).

3. 2. Çok Uçlu (Multihomed) OS:

Çoklu internet altyapısı kullanımını sağlamak için geleneksel bir yol olan çok uçlu bağlantı şekli, bir OS'nin birden fazla servis sağlayıcıdan çıkış yapması demektir. Çoklu bağlantıya sahip olan sistemlerde BGP, herhangi bir bağlantının etkisiz olduğu durumda, bu sağlayıcıya gelecek olan istekleri diğer sağlayıcıya yönlendirmektedir. Bir OS eğer çok uçlu ise, OS numarasına ihtiyaç duyar.

3. 3. Geçiş (Transit) OS :

Üzerinden diğer OSlerin trafik geçişlerine imkân sağlayan, bir anlamda transit geçiş hizmeti veren OS'dir. Bu yapıda BGP gerekmektedir (Karaağaç, 2007).

Her ağın OS numarasına sahip olmasına ihtiyaç bulunmamaktadır. OS numaraları farklı iç-alan rota politikalarını ifade etmek için kullanılmaktadır. Fakat her ağın kendi benzersiz rota politikaları setini ifade etme gereksinimi yoktur. Bir ağın bir tek yukarı doğru (üst) bağlantıya sahip olduğu durumda, ağın rota bilgileri onun üst servis sağlayıcısıyla tam olarak aynıdır ve normal olarak ağın farklı OS numarası kullanmasına gerek bulunmamaktadır. Bir ağın, iki veya daha fazla üst geçiş bağlantılarının olduğu durumda ağ, büyük olasılıkla kendi benzersiz OS numarasını kullanacaktır. Ağa ulaşmak için çoklu yolların olması durumunda, ve bu yolların başlangıcı olan OS'e (bunu da rota politikası ifade etmeye gerek yoktur) sahip farklı OS yolları tarafından rota sisteminde ayrılmasının gerektiği yerlerde, ağ, iç-alan rota sisteminde kendi özel OS numarasını kullanması gerekir (Huston, 2005).

4. VERİ KAYNAKLARININ TESPİTİ

Çalışma için veri kaynaklarının tespitinde Türkiye'nin internet topolojisinin çıkartılabilmesi için, şimdiye kadar güncel olarak çıkmış makaleler de dahil olmak üzere çoğu kaynak göz önüne alınarak genel bir tarama yapılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle Traceroute Sunucu üzerinde çalışıldığı ortaya çıkmaktadır. İnternet haritasının çıkarımında genellikle 3 ya da 4 veri kaynağı kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar ışığında internet topolojisi

bilgilerinin dört farklı yöntemle çıkarılabildiği görülmektedir. Bunlar ;

- BGP iz toplayıcıları ve Traceroute sunucular,
- Yönlendirme yöneticileri,
- Mercekler,
- İnternet rota kayıt veritabanları (IRR).

Tüm bu kaynaklar OS'ler ile alakalı çeşitli bilgiler sağlamaktadırlar. Her biri, bilgi içeriği, format ve giriş metodu olarak farklıdır. Bazıları hem IPv4 hem de IPv6 bilgisi içermektedirler. Türkiye'de IPv6 yapısı tam oturmadığı ve bağlantı sağlayan abone sayısı çok az olduğundan bu çalışma IPv4 üzerine yapılmıştır.

4. 1. BGP İz Toplayıcıları ve Traceroute

Traceroute, bir adrese ulaşırken gönderdiğiniz verilerin geçeceği yolları izlemeye denir. Traceroute sunucular da bu yolları daha kolay ve görsel olarak sunma işlemini üstlenmektedirler. Türkiye'de bulunan Traceroute sunucular şunlardır (Web Sayfası, 2008c):

- Adanet (AS12296).
- Netone (AS12735).

BGP iz toplayıcısı ise, ticari ISS ağlarına BGP alanları aracılığıyla bağlanan bir ölçüm kutusudur. Toplayıcı, BGP iletilerini alır, fakat karşılığında kendi yönlendirme bilgilerini göndermez. Periyodik olarak, toplayıcı tüm rota gösterici tablolarını boşaltarak, eşlerinden yönlendirici güncellemelerini alır.

Şunu söyleyebiliriz ki, bir toplayıcı her OS'den bir görüş elde etmektedir. Ne kadar çok görüşe sahip olursa, o toplayıcı o kadar fazla topolojik bilgi toplayabilmektedir. RouteView ve RIPE RIS toplayıcıları, BGP iz bilgisini halka açık kılan iki temel ölçüm projesidir. RIS toplayıcısı 600 komşu ve 16 değişim noktasıyla gerçek zamanlı bilgi toplamaktadır ve toplanan bilgiler bir merkezde depolanmaktadır (Wilhelm ve Buckridge, 2008).

Yönlendirme tablosu, OS bağlantıları ve güncellemeleri ile geçmiş bilgiler, RouteView ve RIPE'den elde edilen bilgilerle sağlanmaktadır. Bu bilgilere çeşitli araçlarla ulaşabilmekteyiz. RIPE RIS'in da bir aracı olan ASInuse bunlardan biridir. ASInuse dünya üzerinde farklı bölgelerde yer alan RIS toplayıcılarından 20 saniyede bir sorgulama yaparak istediğimiz OS numara bilgisinin ayrıntılı dökümünü vermektedir. Bu bilgilerde o OS'i ilgilendiren komşulukların listesi de mevcuttur.

4. 2. Rota Sağlayıcıları

Bu servis bazı ISS ağları tarafından kullanılmaktadır. Ağ problemlerini çözmek amacıyla kullanıcı buraya girer ve belli rota komutları çalışmaya başlar. OS seviyesi topoloji bilgilerini topladığımızda rota

sağlayıcılarından "IP BGP'yi göster"i çalıştırmaya başlarız. Bu rota sağlayıcısının bütün rota tablosunu gösterir. BGP iz toplayıcılarının tersine rota sağlayıcıları güncellemeyi sağlamaz ve geçmiş bilginin arşivini de sağlamaz (Zhang, 2005). Bu çalışmada topolojiyi oluşturmak için kaynak verileri aldığımız CIDR ve RIPE RIS, Rota sağlayıcılarıdır.

4. 3. Mercekler

Mercekler (looking glasses), web ya da net arabirimi sağlamaktadırlar. Yönlendirme bilgisine ulaşmak için kullanılan aracı yazılımlardır (Barabasi ve Albert, 1999). Bu arabirim bir programı diğerine bağlamaktadır. Bunlar yönlendiricide sınırlı sayıdaki komutları çalıştırmakta ve belli öneklere kadar kullanıcının yönlendiriciden bilgi almasına izin vermektedirler (Sadece okuma işlemi yapabilmektedirler). Ama bütün tablolarının indirilmesini ve rota güncellemesini sağlamamaktadırlar (Zhang, 2005).

4. 4. İnternet Kayıt Girişleri (IRR)

Bu sistemin amacı, global politik ayarlarla operatörleri birleştirmektir. Ağ operatörleri rota politikalarına bu sistemle kaydedilebilmektedir. Sistemi oluşturan veri kaynakları aktif bir şekilde Avrupa'daki ISS'ler tarafından rota anonlarını süzmek amacıyla kullanılmaktadır. Çoğu Avrupa'da olan değişim yerleri, RIPE'ye kayıt olmak için operatörlere gerek duymaktadır. Sonuç olarak IRR'deki en güvenli bilginin bu olduğu düşünülmektedir. IRR'nin RIPE kısmını bu sayfada sadece topoloji için kullanmaktayız. IRR bilgisi, rota politikası tarifi bilgisi içinde açıklanmaktadır. Bu dil, 12 farklı kayıt sınıfına sahiptir. Başlıca aut-num kaydı ilgili OS'nin giriş çıkış politikalarını ve bileşkeleriyle olan ilişkilerini anlatmaktadır (Zhang, 2005).

aut-num: AS9021

as-name: ISNET

descr: ISBANKASI Autonomous System

descr: Ankara Türkiye

import: from AS9121 action pref=100;accept ANY

import: from AS8505 action pref=100;accept ANY

export: to AS9121 announce AS9021 AS20864 AS24667
AS20978.AS29060.AS24891 AS28781 AS29434
AS44637 AS39298

export: to AS8505 announce AS9021 AS20864 AS24667
AS20978 AS29060 AS24891 AS28781
AS29434

admin-c: ISNE1-RIPE

tech-c: ISNE1-RIPE

tech-c: ISNE1-RIPE

mnt-by: ISBANKASI-MNT

source: RIPE # Filtered

Bu bilgiden AS-ISNET müşterileri ve kendisiyle irtibatlı olan diğer kayıtlar bulunabilmektedir. Import ve export bilgilerinden AS9121 ve AS8505 un, AS9021'in bitişiği (komşusu) olduğu görülmektedir.

IRR veritabanı, diğer veri kaynaklarından kalite olarak farklıdır. IRR'de bulunan bu düğümlerle linkleri topolojiye eklerken daha dikkatli olunmalıdır. IRR'de kayıtlı olan bir OS listelendiğinde kendisine komşu olan OS'lerin bilgileriyle birlikte, kendisine komşu olmayan transit olarak kullanan OS'lerin bilgileri de görülmektedir. Bu bilgilere dikkat edilmemesi ise topolojinin yanlış çıkartılmasına sebep olabilmektedir.

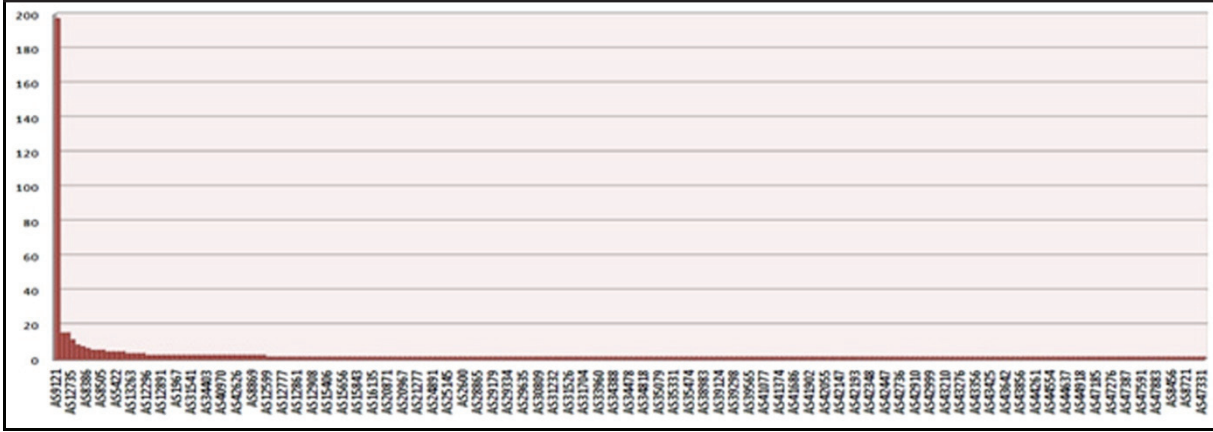
Şu anda Türkiye'de bulunan ve RIPE NCC'ye kaydını yaptırmış olan 298 Otonom Sistem bulunmaktadır. CIDR'den elde ettiğimiz BGP tablolarında yer alan verilere bakıldığında, 228 tane aktif otonom sistem numarası gözlenmektedir. Kayıtlı olan tüm otonom sistemler aktif olmak zorunda değil. Zaman içerisinde OS numarası almış bir kurum ağ faaliyetlerine son vermiş ise, kayıtlı OS numaraları arasında görülmesine rağmen aktif bağlantılarda görülmeyebilir.

5. VERİ ANALİZLERİNİN YAPILMASI

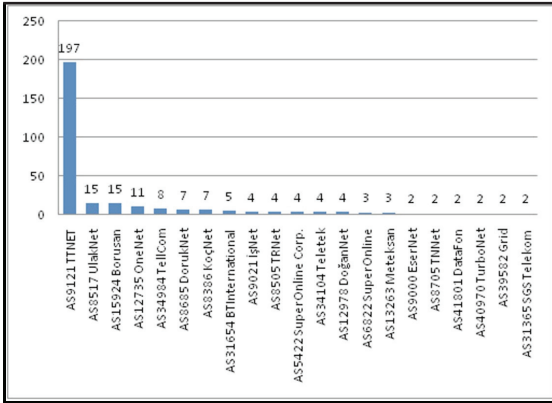
Veri kaynaklarından yararlanarak tespit edilen otonom sistem numaraları üzerinde yapılan inceleme sonuçları grafiksel gösterimle sunulmaktadır.

Bu gösterimlerden bir tanesi Türkiye'de bulunan OS'lerin komşuluk bağlantı sayılarını gösteren grafikdir. Bu grafik OS'nin yurtiçi bağlantıları göz önüne alınarak hazırlanmıştır. BGP tablolarından elde edilen, otonom sistem numarasının kendisiyle bağlantılı olan üst ve alt bağlantı sayılarının gösterimi, Şekil 1'de verilmiştir. OS'ler, bağlantı sayısı açısından büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. OS'lerin bağlantı sayıları, o OS'nin ne kadar büyük olduğunu da göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi AS9121 en çok komşuluğu olan OS'dir.

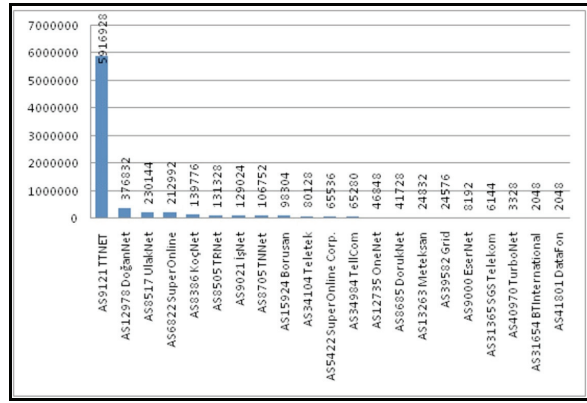
OSlerin komşuluk sayılarına bakarak o OS'nin hizmet sağlayıcı bir OS olduğunu anlayabiliyoruz. Eğer bir OS'nin komşuluk sayısı 2 ya da daha fazla ise o OS hizmet veren bir OS konumunda değerlendirilebilir. Şekil 1'de verilen bağlantı sayılarını göz önünde bulundurarak, ülkemizde internet hizmet sağlayıcı konumunda bulunan OS'lerin otonom sistem numaraları ve IP kullanım sayıları Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 1. OS'lerin komşuluk sayıları.



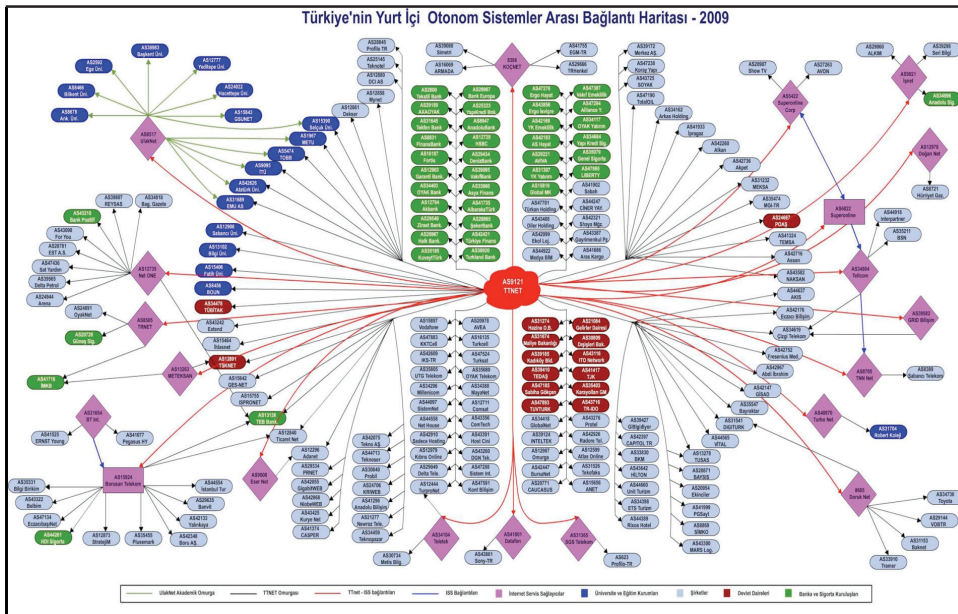
Şekil 2. ISS'lerin bağlantı sayısı dağılımı.



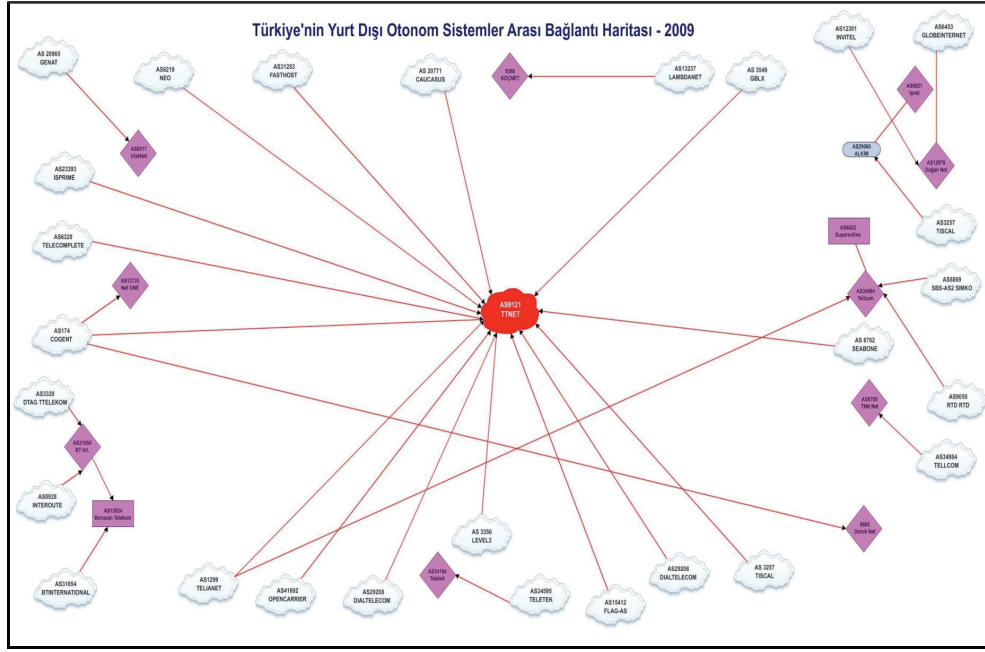
Şekil 3. ISS lerin IP kullanım dağılımı.

Yapılan incelemeler sonucunda elde edilen veriler bir araya getirilmiş, OS'ler arasındaki bağlantılar incelenmiş ve Türkiye'nin OS seviyesindeki internet haritası çıkarılmıştır. Bütün veriler detaylı bir biçimde www.programtr.com web adresinde yayınlanmıştır. Yer kısıtlaması nedeniyle buraya sadece temel bilgiler alınmıştır.

Şekil 4, Türkiye içerisinde bulunan otonom sistemlerin bağlantı haritasını göstermektedir. Şekil 5 ise, yurt dışı bağlantısı bulunan internet servis sağlayıcıların, yurt dışında hangi otonom sistemler ile bağlantılı olduklarını göstermektedir. Graphviz ile elde edilen yüksek çözünürlüklü graf görünümü yukarıda verilen web adresinden elde edilebilir.



Şekil 4. Türkiye'nin yurt içi otonom sistemler arası bağlantı haritası.



Şekil 5. Yurt dışı bağlantısı bulunan ISS'ler.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnternet kullanımı bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de her geçen gün artmaktadır. Bu da internete yeni otonom sistemlerin, ISS'lerin, v.s. dâhil olması demektir. Kullanıcıların artmasıyla mevcut internet hatları ve band genişliği yetersiz hale gelmektedir. Bu problemin etkilerini minimuma indirmek, büyümenin hangi yöne doğru geliştiğini tespit etmek için, internetin gelişim sürecini düzenli olarak takip etmek gerekmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'de bulunan otonom sistem numaraları tespit edilmiş ve bunlara çeşitli analizler uygulanarak bazı sonuçlar elde edilmiştir. RIPE IRR kayıtlarına bakılarak yapılan çalışmalarda, bir düğüm noktası üzerine düşen bağlantı sayısının, normal bağlantı sayısından oldukça fazla olduğu tespit edildi. Bunun sebebinin, fazla bağlantıların, düğüm üzerinden geçiş yapan başka düğüm noktalarına ait olduğu anlaşıldı. Veri Kaynağı olarak tek IRR kaydına bakılarak hazırlanacak topolojinin yanlış olacağı kanısına varıldı.

Elde edilen sonuçlar başka veri kaynaklarıyla karşılaştırıldığında RIPE NCC ye kayıtlı Türkiye'de mevcut 298 otonom sistem numarası olduğu bulundu. Tespit edilen bu numaralar üzerinde yapılan çalışmada 228 tanesinin aktif olduğu görüldü. Bu karşılaştırma, bazı otonom sistem numaralarının RIPE NCC'ye kayıtlı olsalar bile aktif olarak kullanılmadığı sonucuna ulaştırdı.

Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda hazırlanan bir yazılım ile elde edilen veriler çeşitli gösterimlerle www.programtr.com adresinde yayınlanmaktadır.

Bu sitede, otonom sistem numaralarının illere göre yoğunlukları Flash programında hazırlanan Türkiye iller haritasında gösterildi. Başka bir çizimde de Türkiye'deki genel dağıtıcıların yurt içi ve yurt dışı çıkış noktaları belirtildi.

Aktif otonom sistem numaralarının topolojik olarak gösterimi, Graphviz programı kullanılarak gerçekleştirildi. Çıkarımı yapılan topoloji haritası incelendiğinde, Türkiye'de internet dağıtımının neredeyse tek bir merkezden yapıldığı görülüyor. Ülkenin internet omurgasının tek bir merkez üzerine oturtulması bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu tek merkezde herhangi bir aksamanın meydana gelmesi Türkiye'de bulunan çoğu kullanıcının ya hiç internete erişememesi ya da Türkiye dışına çıkamamasına neden olabilir. Sorun olabilecek bu durumun ortadan kaldırılması için, çok kısa zamanda farklı omurgalar aktif hale getirilmeli ve ülkemizdeki internet erişiminin daha güvenilir hale gelmesi sağlanmalıdır.

Türkiye BGP yönlendirme tablosu, Ulaknet, Superonline, Koçnet vb. otonom sistem komşulukları ve TTNET üzerinden gelen anonların seçilmesiyle oluşturulmaktadır. Türkiye'de BGP yönlendirme tablolarının tutulması ve geçmişe dönük olarak taranabilmesi sağlandığında orta vadede Türkiye internetinin büyüme hızı incelenebilecektir.

OS seviyesinde ağ topolojisini tespit ederken göz önünde tutulması gereken bir husus, farklı veri kaynakları kullanılsa bile elde edilen OS haritasının tam bir harita olamayabileceğidir. OS bağlantıları ve ilişkileri, kurumlar arası bağlantılar, her zaman

elimizdeki veritabanlarına yansıtılabılır. Kurumlar, ticarinedenlerle bazı bağlantılarını yada komşuluklarını ilan etmeyebilirler. Chang v.d., (2004) yaptıkları çalışmada, mercekler ve IRR veritabanlarından elde ettikleri OS seviyesindeki harita ile Oregon BGP veritabanından elde edilen haritayı karşılaştırmışlar ve mercekler ve IRR veritabanlarından çıkardıkları haritada, sadece BGP kullanılarak elde edilen haritada olan OS komşuluklarından % 40 daha fazla komşuluk olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuç, farklı veri kaynakları kullanılsa bile elde edilen haritanın tam olduğunu iddia etmenin güçlüğüne göstermektedir.

Bizim çalışmamızda elde edilen harita, çalışmanın yapıldığı 2009 yılı başı için geçerli olan bir haritadır. İnternetin dinamik yapısı göz önüne alındığında, zaman içerisinde OS bağlantılarında ve aktif OS sayılarında değişim olması kaçınılmazdır. Bu bağlantılar, hazırlanan web sitesinde dinamik olarak güncellenebilmektedir. Ancak görsel haritanın en az 6 aylık aralıklarla güncellenmesi ve değişikliklerin yansıtılması gerekmektedir. Çalışmanın devamı olarak, görsel haritanın dinamik olarak değişiklikleri yansıtacak biçimde gerçekleştirilmesini sağlayacak yazılım ara yüzü tasarlanması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Barabasi, A.L. and Albert, R. 1999. "Emergence of scaling in random Networks", *Science* (286): 509 – 512.
- Bates, T., Smith, P. and Huston, G. 2008, "CIDR Report", web report, www.cidr-report.org, Aralık 2008'de erişildi.
- Burch, H. and Cheswick, B. 1999, "Mapping the Internet", *IEEE Computer*, Vol. (32), 4. Apr 1999.
- Chang, H., Govindan, R., Jamin, S., Shenker, S.J. and Willinger, W. 2004, "Towards capturing representative AS-level Internet topologies", *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking* 44, (6): 737-755.
- Claffy, K. and Huffaker, B. 2008. "Macroscopic Internet Visualisation and Measurement", <http://www.caida.org/tools/visualization/mapnet/summary.html>, Aralık 2008'de erişildi.
- Dönmez, O. A. 2006, "17 Saniyede Devri Alem", *Chip Magazine*, 86-90 p, 2006.
- Halaç, A. and Harman, G. 2002, "MCSE Microsoft Certified Systems Engineer Sertifika Sınavlarına Temel Hazırlık Kitabı", Sistem Yayıncılık, İstanbul, 39-79p, 2002.
- Huffaker, B., Fomenkov, M., Moore, D., Claffy, K. 2001, "Macroscopic Analyses of The Infrastructure: Measurement and Visualization of Internet Connectivity and Performance", PAM 2001 A Workshop on Passive and Active Measurements, April 2001, Amsterdam.
- Huston, G. 2005. "The ISP Column, Exploring Autonomous System Numbers", <http://www.isoc.org/>, August 2005.
- Karaağaç, B. 2007, "BGP Bölüm1: Konsept ve Terminoloji", http://www.bilginipaylas.com/index.php?option=com_content&task=view&id=179&lang=tr&Itemid=117, 2007.
- Lyon, B. 2005. "Opte Project", <http://www.opte.org>, 2005.
- Mahadevan, P., Krioukov, D., Fomenkov, M., Dimitropoulos, X., Claffy, K. and Vahdat, A. 2006. "The internet AS-level topology: three data sources and one definitive metric", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*. 36 (1): 17-26.
- Spring, N., Mahajan, R. and Wetherall, D. 2002. "Measuring ISP topologies with Rocketfuel". In proc. ACM SIGCOMM.
- Temir, İ. 2001. "Türkiye İnternet Haritası", <http://www.ilkertemir.com/backbone-map/current/>, Aralık 2008'de erişildi.
- Web Sayfası, 2008a, "An Atlas of Cyberspaces", http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/m.dodge/cybergeography/atlas/isp_maps.html, Aralık 2008'de erişildi.
- Web Sayfası, 2008b, University of Oregon Route Views Project, <http://www.routeviews.org/>
- Web Sayfası, 2008c, <http://www.traceroute.org/>, Aralık 2008'de erişildi.
- Wilhelm, R. and Buckridge, C. 2008, "Mediterranean Fibre Cable Cut – a RIPE NCC Analysis, RIPE NCC Analysis Report", <http://www.ripe.net/projects/reports/2008cable-cut/analysis.html>, Nisan, 2008.
- Zhang, B., Liu, R., Massey, D. and Zhang, L. 2005, "Collecting the Internet AS-level topology", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*. 35 (1), 53-61.