

Dünyayı Saran Ağ

İnternet

Hemen hepimizin evinde artık bir bilgisayar var. Bunların hemen hepsi de İnternet'e bağlı. İnternet öyle bir hale geldi ki, artık o olmadan ne yapabiliriz bilmiyoruz. Mektuplarımızı İnternet'ten gönderiyoruz, gazeteleri internetten okuyoruz, radyo dinleyebiliyor, televizyon izleyebiliyor, sesli ve görüntülü görüşmeler yapabiliyoruz; alışveriş yapabiliyor, Dünya'nın öteki ucundaki bir okulda "uzaktan öğrenim" yapabiliyoruz. Dahası da var, saymakla bitmez. Peki, nasıl çalışır bu İnternet denen şey?

İnterneti, dünya çapında, küçüklü büyüklü ağlardan oluşan ve bu ağların üzerindeki her noktayı fiziksel olarak birbirine bağlayan bir yapı olarak düşünebiliriz. İnternete bağlı her bilgisayar (ister evinizdeki kişisel bilgisayarınız olsun, ister işyerinizdeki ya da bir cep telefonu olsun) bu ağın bir parçası haline gelir.

Şimdi, kendi bilgisayarımızdan yola çıkarak internetin içlerine doğru dalebiliriz. Evinizdeki bilgisayar, bir modem aracılığıyla telefon hattı üzerinden bir İnternet Servis Sağlayıcısı'na (ISP) bağlıdır. İşyerinizde birden çok bilgisayar varsa, sizin bilgisayarınız bir Yerel Alan Ağ'ına (LAN) bağlı olabilir. Ancak, evinizdeki bilgisayar gibi, bu yerel ağ da büyük olasılıkla bir İnternet servis sağlayıcıya bağlıdır. Ne şekilde olursa olsun, İnternet servis sağlayıcısına bağlandığınızda, o ağın bir parçası olursunuz. İnternet servis sağlayıcınız da daha büyük (hiyerarşik olarak onlardan daha üstte bulunan) bir ağın parçası olabilir.

Çoğu büyük iletişim kurumu, çeşitli bölgeleri birbirine bağlayan omurgalara sahiptir. Kurumun her bölgede bir İnternet erişim noktası ya da varlık noktası (POP) vardır. İnternet erişim noktası sayesinde yerel kullanıcılar bu kurumun ağına katılabilir. Bu bir numarayı arayarak bağlandığınız telefon numarası da olabilir, sizi bu ağa bağlayan bir başka kablo da. İnternet erişim noktasını kullanarak bağlandığınız ağlar, daha üst seviyede, İnternet değişim noktası (IXP) olarak adlandırılan düğümlerle birbirlerine bağlanırlar. İnternet değişim noktaları sayesinde, İnternet servis sağlayıcıları ağları arasında veri aktarabilirler.

Birbirinden farklı iki servis sağlayıcı düşünün. Bunlardan her biri, ülke çapında fiziksel ağlara sahip olsun. Her bir servis sağlayıcı üzerindeki bilgisayarlar sadece kendi ağlarına bağlı olacaktır. Eğer iki servis sağlayıcı birbirleriyle anlaşır ve belli noktalarda ağlarını birleştirirlerse, her iki ağdaki bütün bilgisayarlar birbirleriyle bağlanmış olurlar. Bununla da kalmaz, veri aktarımı bir noktadan diğerine daha etkin ve kısa (yoğunluğun daha az olduğu) yoldan taşınabilir. Gerçek İnternet'te de durum benzerdir. Onlarca büyük servis sağlayıcı birbirlerine çeşitli değişim noktalarından bağlıdır ve bu noktalardan sürekli veri akışı olur.

İşte İnternet, işbirliği içinde çalışan, birbirlerine değişim noktalarından bağlı servis sağlayıcı kurumların kendi aralarında anlaşmalarıyla ortaya çıkmış bir yapı. Bu şekilde, bir şekilde İnternet'e bağlı olan yeryüzündeki tüm bilgisayarlar birbirine de bağlı olur. İnternet'in dünya çapında bir anlaşmayla yaratılmış bir ağ olduğunu söyleyebiliriz.

Bir kullanıcının İnternet bağlantısındaki sorunlar, genelde kendi İnternet servis sağlayıcısından kaynaklanır. Eğer kullanıcının bağlı olduğu servis sağlayıcısı çalışmıyorsa, kullanıcı İnternet'e bağlanamaz. Çünkü onu İnternet'in ana ağlarına bağlayan servis sağlayıcıdır. Bu, İnternet'in çalışmadığı anlamını taşımaz; sadece küçük bir parçası çalışmaz.

Veri paketleri, bir Ağ sunucusu aracılığıyla gerekli yere ulaştığında, geri dönen veriler benzer bir yoldan geri döner. Yol üzerindeki İnternet sağlayıcılarından biri ya da birkaçı sorunlu olduğunda, Ağ sunucusu yanıt vermiyor ya da yavaş olabilir. Ancak, bağlantının tümüyle kesilmesi için, Ağ sunucusunun çalışmıyor olması gerekir. Bu nedenle bir kullanıcı bağlantılardaki sorunlar ne-

deniyle bir siteye hiç bağlanamazken ya da yavaş bağlanırken, bir başka kullanıcı normal bir biçimde bağlanabilir. Eğer karşıdaki Ağ sunucusu çalışıyorsa ve aradaki problemler yüzünden bağlantı kesikse, İnternet sağlayıcıları kullanıcıyı bu siteye bağlayacak başka yollar bulmaya çalışır.

İnternet'teki bu yönlendirme, çoğunlukla otomatik olarak, yani kendiliğinden gerçekleşir. İnternet trafiğinin en büyük yükünü, bazı büyük İnternet servis sağlayıcıları (ISP) taşır. Bunlar, İnternet'in omurgası kabul edilir ve geniş coğrafi bölgeler bu şekilde birbirine bağlanır. Omurgalar genellikle fiber optik kablolardan oluşan fiziksel yapılardır ve çok miktarda veri taşıma kapasitesine sahiptir. Günümüzde, kendi omurgasına sahip birçok kurum ve şirket var. Bu omurgalar da İnternet değişim noktalarından birbirlerine çeşitli yerlerden bağlı durumdadır. Omurga işlevi gören ISP'lerdeki sorunlar ya da onları birbirine bağlayan hatlardaki kopmalar, çok sayıda İnternet kullanıcılarını etkiler. Ancak, İnternet'teki en büyük sorunlar bile genellikle birkaç saat içinde giderilebilir.

Peki, gönderdiğiniz bir e-posta gideceği yeri nasıl biliyor? Elbette, bu kendiliğinden olmuyor. Bir bilgisayardan çıkan herhangi bir veri, bir başkasına giderken Dünya'nın yarısı kadar bir mesafeyi kat edebilir, bu sırada onlarca farklı servis sağlayıcının ağından ve alt ağla-



ından geçebilir. Üstelik bunu bir saniyeden kısa sürede yapabilir. İşte, Bunu sağlayan araçlara "yönlendirici" (router) deniyor. Yönlendiriciler, bir bilgisayardan çıkan verinin hedefine giderken hangi yolu izleyeceğine ka-

rar verirler. Her birini özel birer bilgisayar olarak düşünebileceğimiz yönlendiriciler, verinin ulaşması gereken yere yönlendirilmesi yanında, gitmemesi gereken yerlerden dolaşmasını da engellerler. Böylece, gereksiz veri yoğunluğu da önlenmeye çalışılır. Birbirine bağlı iki ağı denetleyen bir yönlendirici, hangi bilginin öteki ağa geçip geçmeyeceğine karar verir. Bu, aynı zamanda farklı ağları birbirinden korur.

Sunucular

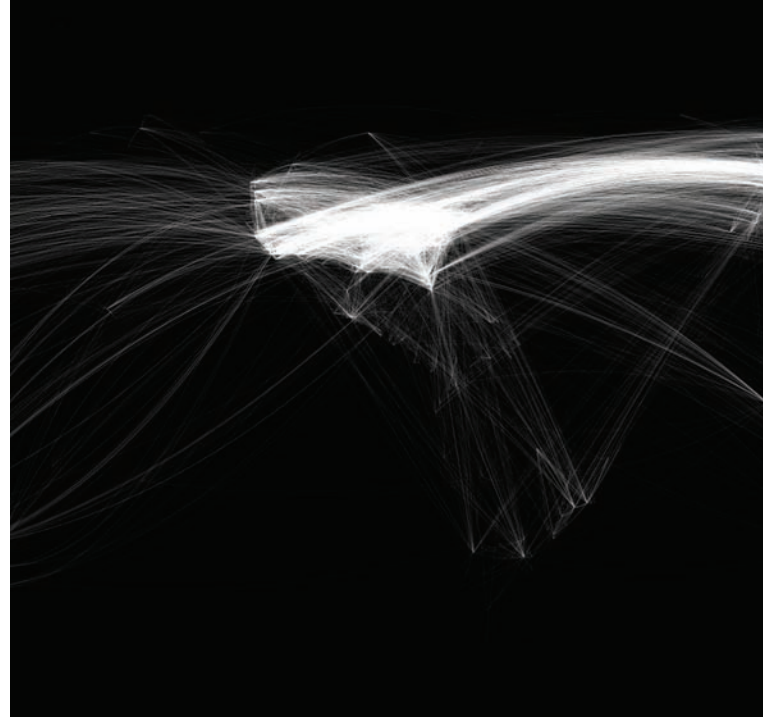
İnternet üzerinde bağlantılar kurulurken, uç noktaları alan adı sunucularına bağlıdır. Alan adları, bir alan adı sunucusu (DNS) tarafından İnternet Protokolü (IP) Adresi olarak adlandırılan sayısal değerlere dönüştürülür. Alan adları biz insanların bağlanmak istediğimiz bilgisayarın adını hatırlamanızı kolaylaştırır. Örneğin, 193.140.80.105 yerine, www.biltek.tubitak.gov.tr'yi hatırlamak daha kolaydır.

Bu sayısal adresler sayesinde, veriler İnternet'i oluşturan fiziksel ağ üzerinde taşınır. Örneğin, İnternet taramanızın adres bölümüne www.biltek.tubitak.gov.tr yazdığınızda bu, alan adı sunucusu tarafından 193.140.80.105 olarak değiştirilir. Her ne kadar biz bunu fark etmesek de, DNS sunucuları her gün gelen milyarlarca isteği yerine getirir. Bu olmasaydı, İnternet sağlıklı çalışmazdı.

İnternete bağlı bilgisayarlar ya sunucu ya da kullanıcıdır. Sunucuları, öteki makinelere hizmet sağlayan bilgisayarlar olarak düşünebiliriz. Kullanıcılar, sunuculara bağlı olan ve onlardan hizmet alan bilgisayarlardır. Hepimizin en yaygın hizmet aldığımız yerel sunuculara örnek olarak e-posta ve Ağ sunucularını gösterebiliriz.

www.biltek.tubitak.gov.tr adresine bağlandığınızda, Bilim ve Teknik dergisinin Ağ sunucusuna bağlanmış olursunuz. Bu sunucu, istediğiniz sayfaları bularak size gönderir. E-posta sunucunuzsa, sizin e-postalarınızı göndermenizi, almanızı ve saklayabilmenizi sağlar. Bu makinelerin her zaman ulaşılabilir olmaları için sürekli çalışıyor olmaları ve birer sabit IP numarasına sahip olmaları gerekir.

Eğer bir sunucu işlevi görmüyorsa, bilgisayarınıza sabit bir IP numarası almanız gereksizdir. İnternet servis sağlayıcınız, size her bağlantı için bir IP numarası verir. Böylece, servis sağlayıcı her kullanıcı için bir IP sağlamak yerine her bağlantı için bir IP kullanır.

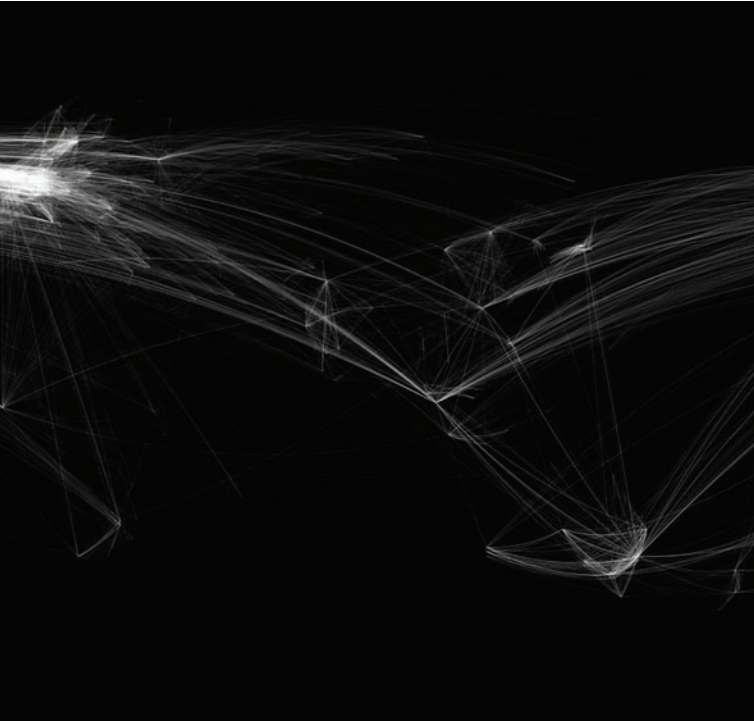


WWW

İnternetin fiziksel yapısına karşın, onun birbirine bağlı olduğu bilgisayarlar arasında gidip gelen veriler Dünya Çapında Ağ (WWW – World Wide Web) sayesinde iletiliyor. Birbirine çok uzak iki bilgisayar arasındaki veri iletişimi, yolu boyunca bakır ve fiber optik kablolardan, çeşitli sunucuların ve yönlendiricilerin içinden, hatta belki de uydu yoluyla uzayda da yol kat ederek sağlanıyor. Oysa ne kadar uzak olursa olsun, herhangi bir bilgisayardaki bir sayfaya ağ bağlantısı koymak, yan odadaki bir bilgisayardaki bir sayfaya ağ bağlantısı koymak kadar kolay.

40 yıldan uzun bir süredir, beyindeki sinir hücreleri, hücrelerin içindeki moleküllerin oluşturduğu bağlar ve toplumlarda kişilerin birbiriyle ilişkileri ve toplumların birbirleriyle bağlantıları, hep rasgele şebekeler olarak kabul ediliyordu. İnternet, elektrik güç şebekeleri ve taşıma şebekelerinin de bunlar gibi benzer yapıda olduğu düşünüldü. Ancak, yapılan yeni araştırmalar, durumun böyle olmadığını gösterdi. Üstelik bu durum, hücreyi oluşturan moleküllerin yapısından, Ağ'a kadar benzer özellikler taşıyor.

İnternet ve Ağ, çok hızlı gelişmesi ve yapısal olarak da doğadaki öteki şebeke sistemlerini çağrıştırmaları nedeniyle, bilim adamları için oldukça çekici bir araştırma konusu oldu. Ağ şebekesindeki bağlantılar gerçekten rasgele olabilir miydi? Bu, o zamanlar kabul edilen bir yaklaşım olsa da, daha sonraları bilim adamları bu varsayı-



Dünya çapında İnternet ağı. Hatların keşiştiği parlak noktalar büyük kentlere karşılık geliyor.

ma kuşkuyla bakmaya başladılar. Her bir bilgisayar bir başkasına rasgele bağlanıyor olsaydı, kesintisiz ve hızlı bir bağlantı gerçekleştirmek olası mıydı? Elbette, bu açıdan yaklaşınca, bu soruların yanıtı açık bir biçimde "hayır" oluyor. Sistem her ne kadar karmaşık görünse de üzerine kurulu olduğu rasgele olmayan, sağlam bir yapısı olmalı. Ancak, bunu çözmek isteyen bilim adamlarının işi de oldukça zor oldu. Çünkü milyonlarca bağlantıdan oluşan karmaşanın içinde bu yapıyı bulmak kolay değildi.



Karmaşık Şebekeler

Ağın yapısını keşfetmeye çalışan araştırmacılar, sayfaların birbiriyle nasıl bağlantı kurduğunu gösteren bir haritaya gereksinim duyuyorlar. Bu bilginin benzeri, aslında Google gibi arama motorlarıyla sürekli olarak toplanıyor. Ancak, arama hizmeti veren şirketler, genellikle kendi yöntemlerini keşfettiklerinden ve bu bilgiyi paylaşmakta isteksiz olduklarından, araştırmalarda bu bilgiden pek yararlanılmıyor. Ayrıca, araştırmacıları kendi modellerini oluşturmada kendi yöntemlerini daha kullanışlı buluyorlar. Ancak arama motorları da kendi araştırmalarını yaparak sonuçlarını paylaşıyorlar.

ABD'deki Notre Dame Üniversitesi'nden bir grup bilim adamı, bir sayfadan başlayan, tüm dış bağlantıları toplayan ve toplanan tüm bağlantıları izleyip ulaşılan tüm bağlantıları da toplayan bir tür "Ağ Sürünge" programı yazdılar. Bu program, bir Ağ sayfasından ötekine geçerek tüm bağlantıları topladı. Böylece, Ağ'ın sadece %0,05'ini kapsayan, kendilerine ait bir harita oluşturdu. Araştırmacılar, elde edebilecekleri sonucun rasgele bağlantılardan oluşan şebeke kuramını destekleyeceğini düşünürken, beklenmedik bir sonuç çıktı. Ağ'ın arada tutan şebekenin çok bağlanılan siteler olduğu anlaşıldı.

Eğer bir havayolu şirketinin tanıtım dergilerindeki haritalara baktıysanız, uçuş seferleri haritada kentler arasına çizilen çizgilerle gösterildiğini görmüşsünüzdür. Örneğin, İstanbul gibi büyük bir kentten, Dünya'nın birçok büyük kentine sefer vardır. Yine, birçok büyük kentten İstanbul'a sefer bulunur. Bu, büyük bir İnternet sitesinden, başka büyük sitelere çok sayıda doğrudan bağlantı olmasına benzer. Küçük kentlereyse, genellikle yakındaki büyük kentler üzerinden aktarma yapılır. Küçük kentlerdeki havaalanları gibi, küçük İnternet sitelerinde de genellikle az sayıda bağlantı bulunur; ancak bunlar genellikle yakınlarındaki büyük kentlerle bağlantılıdır. Küçük hava alanları kapatılırsa, öteki kentlerin birbiriyle bağlantısı kesilmez. Yine, az sayıda büyük kentin hava alanı kapatılırsa, birkaç küçük kent hariç çoğu kent arasındaki bağlantı yine kesilmemiş olur. Yolunuz uzasa da bir büyük kentten ötekine hava yoluyla bir şekilde gidebilirsiniz. Büyük kentlerdeki hava alanlarından çoğunu kapatırsanız, kentlerin küçük bir bölümünün birbiriyle bağlantısı kesilecektir. Ancak, Ağ üzerindeki çok ziyaret edilen sayfalar tamamen kapatılırsa, bazı sayfaların ötekilerle bağlantıları kesilir ve Ağ işlevini kısmen sürdürmekle birlikte birkaç parçaya ayrılabilir.

Fiziksel bir şebeke olan İnternet ve sanal bir şebeke olan Ağ'ın nasıl olup da benzer yapıda şebekeler oluşturduğu ayrı bir tartışma konusu. Ağ, yeni sayfaların eklenmesiyle sürekli olarak genişliyor. Bununla birlikte, İnternet de yeni yönlendiriciler ve bağlantı hatlarının eklenmesiyle büyüyor. Ayrıca, rasgele grafik modelleri bağlantıların rasgele dağılmış olduğunu söylese de, gerçekte şebekede ayrıcalıklı bir durum var. Bazı bağlantıların ziyaret edilme olasılığı, ötekilere göre daha fazladır. Örneğin, kendi ağ sayfamıza koyacağımız bağlantıların Ağ'daki popüler dokümanlardan biri ya da birkaç olma olasılığı diğerlerine göre daha fazladır.

İnternet'in yaratıcıları, büyük olasılıkla, onun bu kadar gelişebileceğini öngörmemişlerdi. İnternet ve onunla birlikte gelişen Ağ, bir organizma gibi, çok karmaşık bir yapıya ulaştı. Dünya'nın birçok yerinde çeşitli bilim adamları, kendi kendine gelişen bu yapıyı çalışıyorlar. Bunda ne kadar başarılı oldukları tartışılır. Ancak, Ağ'ın bu karmaşık yollarında aradığımız bilgiye bizi götüren arama motorlarının da bu yapıyı bilerek ilerlemesi gerekiyor. Ağ'ın küçük bir bölümünü kapsasalar da Google gibi arama motorları bu yolları başarıyla kat ediyorlar.

Kaç Sıçrayışta Dünya'nın Öteki Ucuna Gidebilirsiniz?

1967'de, ABD'deki Harvard Üniversitesi'nde sosyolog olan Stanley Milgram, ilginç bir varsayım ile dünyayı şaşırttı. Milgram, çalışmaları sonucunda, yeryüzündeki herhangi bir kişinin bir başkasına altı dereceden uzak olduğunu hesapladı. Bunu, yazdığı çok sayıda adressiz mektubun ortalama kaç kez el değiştirerek sahibini bulduğunu hesaplayarak buldu. Bu araştırma, her ne kadar altı milyar kişiye ev sahipliği yapıyor olsa da Dünya'nın çok "küçük" olduğunu gösterdi. Milgram'ın deneyinin sonuçlarını yanlış aktardığını savunanlar olsa da, yapılan başka deneyler de benzer sonuçlar veriyor. Ayrıca, sosyologlar, düğüm noktalarının (bu deneyde insanların) sosyal şebekede küçük kümeler halinde gruplaştıklarını, her kişinin ailesini, arkadaşlarını ya da başka tanıdıklarını içeren ve birbirleriyle kesişen kümeler oluşturduğunun altını çiziyorlar. Sosyal sistemin araştırılmasıyla ortaya çıkan bu sonuç, doğada başka yerlerde de karşımıza çıkıyor. Peki, bu yaklaşım İnternet'in yapısını çözmede de işe yarayabilir mi?

Bunu hemen yanıtlayabilmek için, Ağ'ın tam bir haritası gerekiyor. Ne var ki, en kapsamlı arama motorları bile, ancak %16'lık bölümünü kapsıyor. Burada, istatistik



İnterneti, dünya çapında, küçüklü büyüklü ağlardan oluşan ve bu ağların üzerindeki her noktayı fiziksel olarak birbirine bağlayan bir yapı olarak düşünebiliriz.

önem kazanıyor. Sınırlı bir örnek üzerinde yapılan çalışma, böylece tüm Ağ'a uygulanabiliyor. Notre Dame Üniversitesi'nde çalışmanın sonuçlarından biri de iki Ağ sayfası arasındaki en kısa yolun kaç atlama gerektirdiğini ortaya koymasındı. Çalışmanın sonucu atlamaların sayısının 19 olduğunu gösterdi.

Bunun yanında birtakım büyük bilişim firmalarının 200 milyon sayfa üzerinde yaptığı deneyde, iki sayfa arasındaki en kısa yolun 16 atlama içerdiği bulundu. Buna göre, iki yönlendirici arasındaki uzaklıkta dokuz atlama kadar. Bir başka deyişle bir veri paketi 10 sıçrayışta bir yönlendiriciden ötekine ulaşıyor.

Ağ sistemleri, ister doğadaki canlılar gibi karmaşık sistemler olsun ya da İnternet gibi insanın yarattığı şebekeler, bilgi işlemcilerin ilgi alanından çok, fizikçilerin, hücre biyologlarının ve bu tür karmaşık yapıları inceleyen matematikçilerin ilgi alanına giriyor. Aslında İnternet, ağ yapıları üzerinde çalışan tüm araştırmacılar için mükemmel bir örnek oluşturuyor. Görünen o ki, insanlığın doğadaki karmaşık yapıları çözebilmesi için, öncelikle kendi yarattığı karmaşık sistemleri çözmesi gerekiyor.

Alp Akoğlu

Kaynaklar

- Barabasi A.L., *The Physics Of Web*, *Physics World*, Temmuz 2001
 Barabasi A.L., Bonebeau E., *Scale-Free Networks*, *Scientific American*,
 Mayıs 2003
 Kleinberg J., Lawrence S., *The Structure of Web*, *Science*, 30 Kasım
 2001
http://www.wired.com/wired/archive/13.08/tech_pr.html
<http://computer.howstuffworks.com/internet-infrastructure.htm>