

İNTERNET VE AĞLARDA KAOTİK BÜYÜME

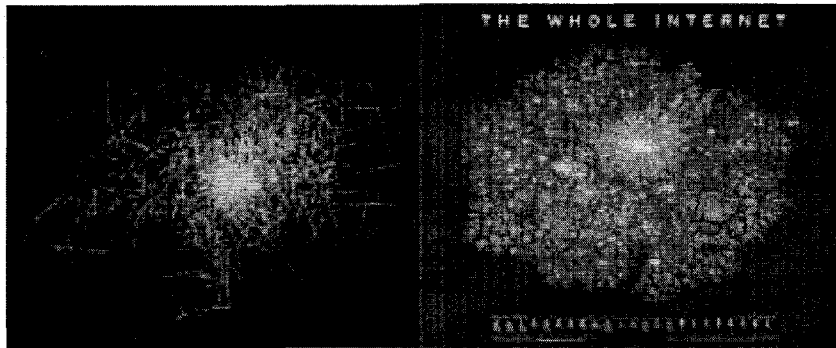
İbrahim C. ARKUT¹ ve Refik C. ARKUT²

ÖZET

Kontrol edilemeyen ve üstel biçimde büyümekte olan İnternet'in karakteristik özellikleri son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır. Bu bağlamda *küçük dünya ağları* (small world networks) genel olarak bu tipten ağlarda model olarak seçilmektedir. Küçük dünya ağları kullanılarak İnternetin çapı ve büyümesinin güç kanununa bağlı olduğu elde edilmiştir. Genel olarak bilgisayar ağlarını çizgelerle ifade ederek özelliklerini bulur veya çizge kuramında faydalanarak bazı sonuçlara varırız. Konu bilgisayar ağı İnternet olunca yüzbinlerce sonlu bilgisayar ağının gelişi güzel birbiri ile bağlanması ile ortaya çıkan ağın yapısal analizini çizge kuramı ile yapmak zorlaşır. Burada yapısal analizden kastedilen, çizgedeki düğümlerin komşulukları, yolların ortalama uzunlukları, ve düğümlerin çizge içinde dağılımları gibi kavramlardır. Bu makalede İnternet iki yönden, fakat aynı yöntem kullanılarak irdelenecektir. Önce İnternette var olan bir web-sayfasındaki linklerin hangi sayfalara yönedikleri, konu ilişkiler açısından ele alınıp İnternet linkler çizgesi veya haritasının ne şekilde olduğu ve nasıl büyüdüğü incelenecektir. Doğal olarak web sayfalarında linkler için tıpkı canlılarda olduğu gibi sonlu bir ömür süresi vereceğiz. Daha sonra İnternetin yapısının dünya ülkelerinin komşuluklarına, lisan ve kültürlerine ve ticari ilişkilerine bakarak nasıl gelişmekte olduğuna bakacağız. Bir örnek vermek gerekirse web-linkleri ve ağların fiziksel komşuluğu açısından ortan doğudaki bir ülkenin güney amerikadaki bir ülkenin İnternet açısından ilişkisi ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu kavramı ağların ilişkisel yapılarında kullanırken Peter R. Gould'un 1966 yılında ortaya attığı mentalite (anlayış) haritalarından faydalanarak *mentalite ağları* için uyguladık. Doğal olarak fiziksel bir ağın kullanıcılar açısından karşı düşen mentalite ağı fiziksel ağdan büyük değişiklikler arzeder. Yukardakine benzer bir örnek vermek gerekirse, Türkiye'deki bir İnternet kullanıcısının İnternet üzerinden New York Times gazetesini okuma olasılığı İngiltere'deki İnternet kullanıcısına göre ihmal edilebilir. Benzer şekilde İngiltere'deki aynı kişinin New York'ta yaşayan kişiye göre New York Times'ı İnternet üzerinden okuma olasılığı her ikisinin de aynı dili kullanmalarına karşın ihmal edilebilir. Burada anlatılanların ışığında İnternet'in kaotik büyümesinde ağ yoğunlu ve coğrafik bölgeler arasındaki ilişki faktörünün önemli parametreler olduğu sonucuna varırız. Değişik modeller altında İnternetin nasıl büyümekte olduğu makalenin son bölümünde verilmiştir.

I. Giriş

İstanbul'da sokakta eski okul arkadaşınızla karşılaştığınız zaman 'dünya küçük', 'dağ dağa kavuşmaz insan insana kavuşur' deriz. Stanley Milgram bu raslantısal karşılaşmaların veya tanıdıklık ilişkilerinin belli bir özelliği olup olmadığını araştırmak amacı ile 1960'larda bir deney düzenleyerek ABD'nin değişik bölgelerinden rastgele seçilen katılımcılardan Boston'da tanıdıklarından yalnız birine bir mekup yazmalarını ister [9]. Sonuç şaşırtıcıdır



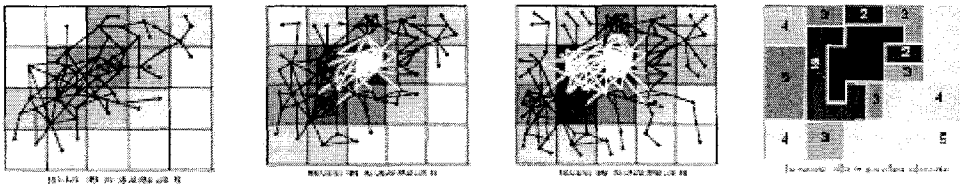
Şekil 1. (a) Tipik işbirliği veya tanıdıklık ağı, (b) İnternet fiziksel ağ görünümü.

¹ Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Kuzey Kıbrıs,
Tel. (0) 392 671 1111, Faks. (0) 392 671 1122, Faks, e-posta: iarkut@ciu.edu.tr

² Argela Teknoloji, İstanbul,

Tel. (0) 212 328 1248, Faks. (0) 212 328 1247, e-posta: rca@ieee.org

ve daha sonra küçük-dünya phenmenonu (olay) denilen ve kısaca kısa zincirler tanıdıklığı veya altıncı derece ayrılığı diye adlandırılan olayı tespit eder. Olay bir ağ ile modellendiği zaman ağda düğümler yerine kişiler ve bir birine ancak tanıdıklık olduğu zaman dallar (linkler) ile bağlanmış ağda (çizge ve network) büyük olasılıkla her altı-uzunluklu yolun sonundaki düğümün (kişinin) yolun başındaki kişi ile tanıdıklığı olduğunu ortaya koymaktadır. Çizge kuramı açısından ağın altı uzunluklu çevrimlerin birleşiminden oluştuğunu göstermektedir. Bu ise bu tipten sosyal ağların kısa-yollar özelliğini vermektedir. Yakın geçmişte D. Watts ve S. Strogatz yaptıkları çalışmada küçük-dünya ağlarının superpozisyon özelliğinin birbirleri ile yoğun tanıdıklık özellikleri arzeden yakın düğüm kümeleri ve bu düğüm kümeleri arasında kısa yol özelliğini sağlamak üzere gelişmiş güzel konmuş kısa-yol sağlayıcı kestirme dallar ile sağlandığını göstermişlerdir. Bu özelliği teyid eden teknolojik ve biyolojik ağlarda yapılan deneysel çalışmalar yanında d-boyutlu lattice ağında her düğüme varış düğümleri uniform seçilmiş uzun mesafeli kestirme dallarla elde edilen ağın küçük-dünya özelliğini verdiğini göstermişlerdir. Milgram'ın denemesinde elde edilen kısa-yol özelliği iki ilginç buluştan biri olarak gösterilebilir. Diğer ve belki daha önemlisi insan toplumlarında kişilerin kişisel tanıdıklık bilgileri ile mektup (burada bilgi veya enformasyon) uzak hedef düğüme kolektif biçimde gönderilebilmektedir. Bu ise tamamen lokal enformasyon bilgisine dayanarak hedefe varacak çok süratli hesaplanabilir yönlendirme algoritmasının olurlu olmasına karşı düşer. Buradan hareketle Milgram tipi merkezizetsiz yönlendirme ile kısa yollar sağlayan model sistemler elde edilebilir mi? Bu noktada Watts-Strogatz modeli ve varyasyonları bize ilginç bir süprizler hazırlamaktadır. İlki 'ağ içindeki kısa kestirme yolları kullanma lokal kümelerden elde edilecek bilgi ile yeterli değildir'. Dahası uzun mesafeli kestirme linkleri ağa dahil etmektense onlar yerine d-boyuta mesafenin d'nci gücü ile azalan olasılıkla ağa yeni linkler yerleştirme ile uzun mesafeli düğümlere verimli (hesaplama algoritması açısından) biçimde varmanın ancak bu biçimde olacağı gösterilmiştir. Aslında burada üniform tüm 'mesafe skalalarına' göre olasılığın azalmasının mesafenin d-nci gücüne bağlıdır. Başka deyişle ağda bir düğüm kabaca mesafesi 1 den 10, 10 dan 100, 100 den 1000 v.s. mesafe aralıkları için aynı olasılıkla link içerir. Bu özellik kullanılarak Internet üzerinden merkezizet arzetmeyen verimli dosya paylaşım algoritma tasarımı yapılabilmektedir. Başka deyişle dosya paylaşımına katılan ağ düğümleri look-up protokolünü icra ederlerken Milgram deneyindeki katılımcılar gibi davranırlar.



Şekil 2. Ağda merkezlere göre yoğunluk evrimi (a) Faz 1 (b) Faz 2 (c) Faz 3.

2. SF Ağ Modelleri

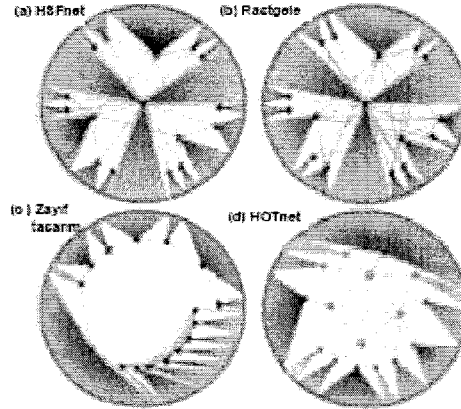
Ölçeksiz ağlar (scale-free) SF ile internetin en iyi şekilde modellendiği gösterilmiştir. SF ağı veya çizgesinin temel özellikleri aşağıda çıkarılmıştır:

- SF ağları ölçekli düğüm-derece (güç yasası) dağılımını içerirler.
- SF ağları belli rastgele işlemler ile elde edilebilir. Bu işlemlerin başında tercih edilen ek ilave gelir.
- SF ağlar ağın tümünü taşıyan yüksek bağlantısal merkezi 'hub' yapıya sahiptirler.

Başka deyişle “dayanıklı fakat aynı zamanda kırılğan yapı” veya “hataya karşı güçlü fakat saldırılara açık” yapı anlamına karşı düşer.

- SF ağları generik olarak rastgele düğüm derece dağılımları özelliğini taşır.
- SF ağları kendi kendine benzer (ağın her tarafı aynı topolojik özellikte).

SF ağların oluşmasına örnek olarak internetin topolojik yapısı için model teşkil eden Şekil 3 (a) HSFnet, (b) rastgele ağ, (c) zayıf tasarım ve (d) HOT ağları irdeleyelim [5].

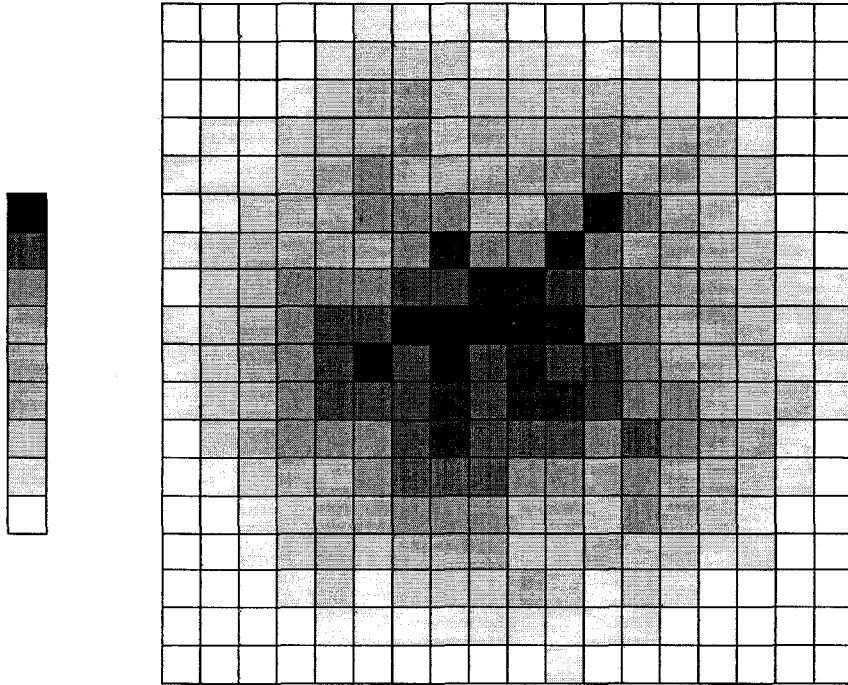
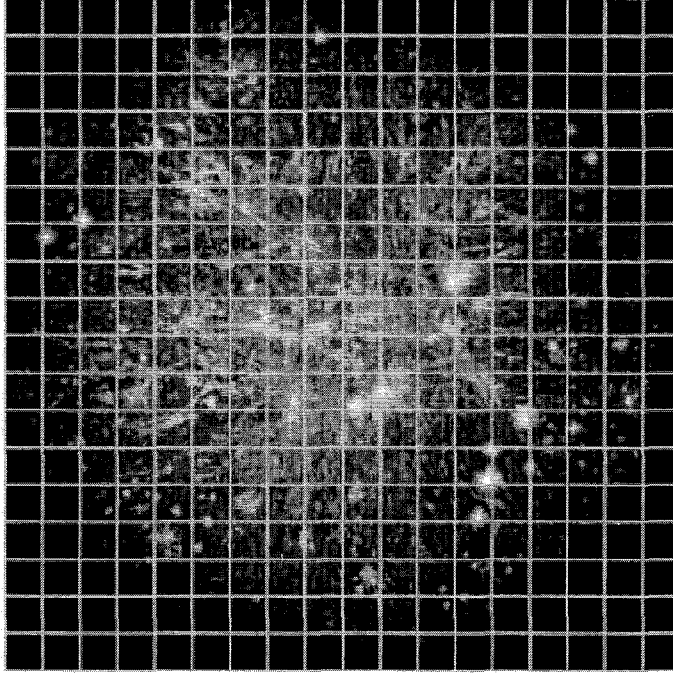


Şekil 3. SF ağ modelleri

Şekil 3(a)'da Ravasz *et.al.* tarafından geliştirilen ölçeksiz ve modüler fakat hiyrişik yapılı HSFağ (Hierarchical scale-free) gösterilmiştir [12]. Burada merkezi hub üç kısma ayrılmakta ve ağın büyümesi hub düğümlerinden dışa doğru oluşmaktadır. Şekil 3(b)'deki rastgele ağ HSFağdan düğüm derecelerini koruyan ilave linklerin ağa konması ile elde edilir. Şekil 3(c)'deki 'zayıf tasarım'da internet ana omurgasındaki yönlendiricilerin sıralanması ve bu yönlendiricilerden ağın uçlarına doğru ilave linklerle ağ büyümesi sağlanır. Şekil 3(d)'de HOTnet ise internet omurgası esas alınarak yüksek bandgenişlikli yönlendicilere az sayıda link ve daha darbandlı yönlendiricilere daha fazla sayıda linkler bağlanarak elde edilir. Burada kısaca açıklanan SF ağ modelleri ile internetin topolojik yapısı hakkında gerçeğe yakın neticeler elde edilmektedir. Diğer bölümde bu çalışmamın katkısı olarak herhangi bir yöntemle elde edilen internet ağından hareketle önce ağın yoğunluk haritası ve buna bağlı olarak büyümenin nasıl olacağını vereceğiz. Bizi bu şekilde bir yöntemle iten birinci faktör ağda en az 50 milyon link (dal) olmasıdır.

3. Ağ-yoğunluk Haritaları

Genel olarak herhangi bir ağı bir çizge (graf) $G=(V,E)$ ile gösterilir, burada V ağdaki düğümler kümesi ve E ise düğümler arasındaki komşulukları belirten dallar kümesini belirtir. Ağın tipi dalların yönlendirmesine veya paralel dal kullanılmasına bağlı olarak yönlendirilmiş veya çoklu ağ gibi isimler alır. Biz aksi söylenmediği sürece ağdan herhangi iki düğüm arasında yalnız bir dal olan basit çizgeleri anlayacağız. Çizge kuramında kullanılan tanım ve genel bilgiler için [13]'e başvurulabilir. Bu çalışmada göz önüne alınan ağın Internet gibi düğüm ve dal sayıları bakımından çok büyük olduğu için ağa karşı düşen düğüm ve dal sayıları yanında yoğunluk gibi başka kavramları da tanımlayıp kullanacağız. Çalışmanın diğer bir özelliği gözönüne alınan çizgenin zamana bağlı olarak düğüm ve dalları açısından büyüdüğü veya bir evrim geçirmekte olduğunu varsaymaktayız. Yoğunluk çizge ve kategori kuramlarında buradakine benzer anlamda daha önce de ele alınmıştı [11].



İnternet Yoğunluk Haritası, Kasım 2003

Şekil 4. (a) Kafes bölünmeli internet görünümü, (b) ve yoğunluk haritası.

Kaynakça

- 1 A.L. Barabasi, R. Albert, 'Emergence of scaling in random networks', Science 286 (1999) 509-512.
- 2 A. L. Barabasi, R. Albert, H. Jeong, 'Scale-free characteristics of random networks and the topology of the world wide web', Physica A272 (1999) 173-187.
- 3 R. Albert, H. Jeong, A. Barabasi, 'Diameter of the World Wide Web', Nature 401 (1999) 130-131.
- 4 J. C. Doyle, D.L. Alderson, L. Li, S. Low, M. Roughan, S. Skalunov, R. Tanaka, 'The "robust yet fragile" nature of the internet', Pans 102 (41) 14497-14502 October 2005.
- 5 L. Li, A. Alderson, R. Tanaka, J.C. Doyle, W. Willinger, 'Towards a Theory of Scale-Free Graphs: Definition, Properties, and Implications' arXiv. Math/ 0501169.v2, October 2005.
- 6 W. Aiello, F. Chung, L. Lu, 'Random evolution in massive graphs', 42th Annual Symp. On Foundation of Comp. Sci., (2001) 510-519.
- 7 P. R. Gould, 'On Mental Maps', University of Michigan 1966.
- 8 J. Kleinberg, 'The small-world phenomenon and decentralized search', SIAM News, 37 (3), April 2004.
- 9 S. Milgram, 'The small world problem', Psychol. Today, 2, 60-67, 1967.
- 10 J. Case, 'The continuing appeal of small-world networks', SIAM News, 34 (9), 2001.
- 11 J. Nešetřil, 'Combinatorics of mapping', (Graphs Homomorphism and Their Use), Spring School in Combinatorics, 2000.
12. E. Ravasz et.al. 'Hierarchical organization of modularity in metabolic networks', Science, 2002.