

Fırsatçı Ağlarda Taşıırma ve Kısmi Taşıırma Yöntemleriyle Yönlendirme Performans Analizi

Routing Performance Analysis of Opportunistic Networks with Flooding and Partial Flooding Methods

Mustafa Erdoğan¹, Kadir Günel², Tuğba Koç², H. Ümit Sökün¹, Tamer Dağ²

1. Elektronik Mühendisliği Bölümü
Kadir Has Üniversitesi
{mustafa.erdogan,umit.sokun}@khas.edu.tr

2. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Kadir Has Üniversitesi
{kadir.gunel,tugba.koc,tamer.dag}@khas.edu.tr

Özetçe

Fırsatçı ağlar hareketli haberleşmenin hızlı gelişen araştırma alanlarından birisidir. Fırsatçı ağlarda, hareketli düğümler diğer düğümlerle ağ topolojisi hakkında herhangi bir ön bilgi ve veri olmadan iletişim kurmaya çalışır. Bununla birlikte ağ topolojileri dinamik ve hızla değişebilir. Ayrıca, fırsatçı ağlardaki haberleşme oldukça düzensizdir, yani bir kaynak düğüm ile hedef düğüm arasında bazen bir yol bile bulunmayabilir. Bu sebeplerden dolayı, fırsatçı ağlar için klasik yönlendirme yöntemleri yetersizdir ve kullanılamaz. Bu bildiri, fırsatçı ağlar için iki yönlendirme yöntemi teklif edilmiştir. Bunlardan ilki taşıırma yöntemidir. Taşıırma yönteminde, hedef düğüme minimum atlama ve minimum gecikme ama maksimum ağ trafiği ile ulaşmak mümkündür. İkinci yöntem kısmi taşıırma yöntemidir. Kısmi taşıırma yönteminin amacı ağ trafiğini, komşu düğümlerin bir kısmını rastgele seçerek, trafiği bu komşular üzerinden yönlendirerek, azaltmaktır. Bu bildiri, iki yöntemi açıklayıp, bunların performanslarını çeşitli benzetimlerle karşılaştırmaktadır.

Abstract

Opportunistic networks is one of the fast developing research areas in mobile communications. Under opportunistic networks, mobile nodes try to communicate with other nodes without any prior information and knowledge about the network topology. Furthermore, network topologies are dynamic and can rapidly change. In addition, communication under opportunistic networks is erratic, thus routes between a source node and a destination node sometimes might not exist. These issues would make classical routing approaches insufficient and unusable for opportunistic networks. In this paper, two routing approaches for opportunistic networks are proposed. The first approach is flooding. Under flooding, it is possible to reach a destination node with the minimum number of hops and minimum delay but with maximum network traffic. The second approach is selective flooding. The aim of selective flooding is to decrease network traffic by

randomly selecting neighbor nodes and routing traffic through them. This paper explains these two approaches and compares their performance through various simulations.

1. Giriş

Kablosuz ağ sensörleri [1], özel sekmeli ağlar aracılığı ile, mevcut sistemler kullanılarak kontrol edilmesi son derece zor ve pahalı olan yöntemlerin aksine, birbirleriyle otonom olarak haberleşebilen cihazların geniş bir coğrafi alan üzerinde konumlandırılıp, o alandaki fiziksel ve/veya çevresel değişikliklerin (ses, titreşim, basınç, hareket,vb...) izlenmesini kolay ve ucuz bir biçimde sağlamak amacıyla kullanılan ağ sistemidir. Sensör ağlar ilk olarak askeri alanda kullanılmaya başlandı. Ancak daha sonra sensör ağların çok daha farklı alanlarda kullanılabileceğinin farkına varıldı ve birçok sivil proje için de sensör ağlar kullanılmaya başlandı. Vahşi yaşamın incelenmesi, yapı sağlamlık kontrolü, sınır takibi gibi sürekli izlenmesi zor, pahalı veya imkansız olan alanlarda oldukça kullanışlı olabileceği öngörüldü.

Fırsatçı ağlar [2] ise herhangi bir alt yapı maliyeti gerektirmeksizin insanların kullandıkları mevcut teknolojiler vasıtasıyla birbirleriyle haberleşmelerini sağlamak amacıyla oluşturulmaya çalışılan bir ağ yapısıdır. Son zamanlarda bu konuyla ilgilenen araştırmacılar sekmeli özel ağların uygulama alanlarına odaklandı. Örneğin, endüstri alanında, afet bölgelerinde ve gelişmemiş bölgelerde bu tür yapıların kullanılması mümkündür. Normalde insanlar deprem, kasırga ve orman yangınları gibi doğal afetlerde, teknolojik altyapının zarar görmesi sonucunda haberleşme konusunda sıkıntılar yaşayabiliyorken, fırsatçı ağlar bu gibi durumlarda çözüm olabilir. Dünyada şehirleşme oranı bazı bölgelerde halen çok düşük bir durumdadır. Bu gibi gelişmemiş bölgelerde bulunan insanların bir ağı bağlanabilmeleri için, fırsatçı ağların önemi çok büyüktür. Buralardaki iletişimi de fırsatçı ağlar sağlayabilir. Bu ağlar iki düğüm arasındaki iletişimi sağlamak için buldukları alanda var olan diğer düğümler aracılığıyla kaynak düğümden hedef düğüme mesajı iletmeye çalışır. Ancak düğümlerin bağlantı durumu sabit olmadığından dolayı,

günümüzde kullanılan statik yönlendirme yöntemlerinin yerine dinamik yönlendirme yöntemleri geliştirilmelidir. Çünkü statik yapılarda örneğin iki düğüm arasındaki yönlendirme bozulursa alternatif yollar gözden geçirilir ve bir düğümden diğer düğüme doğru akan paketlerin yolu değişir. Fırsatçı ağlarda ise bu durum, cihazların devamlı olarak yer değiştirmelerinden dolayı süreklilik taşır, yollar her an değişebilir. Bunun dışında fırsatçı ağlarda iki düğüm arasında sürekli bir iletişim sağlanması mümkün olmayabilir. Bazı durumlarda bağlantı tamamen kopabilir. Bu yüzden fırsatçı ağlar mevcut iletişim protokollerinden çok daha farklı karakteristik özelliklere sahiptir.

Fırsatçı ağlarla ilgili çeşitli projeler gündeme gelmiştir. Bunlardan bazıları; Zebranet [3] ve Daknet [4] projeleridir. Zebranet projesinde zebralara özel tasmlar takılarak bilgi akışı sağlanır. Bu projedeki bilgi akışı güvenilir ve kullanışlıdır ama maliyeti yüksektir. Fırsatçı ağlarla ilgili yapılan bir diğer proje de Daknet projesidir. Bu projede hareketli baz istasyonu kurulmuştur. Böylece gelişmemiş köy ve kasabalarda dünyanın geri kalan kısmıyla iletişim kurmak amaçlanmıştır. Bir otobüs, motorsiklet veya bisikletin üzerine hareketli erişim noktası konularak, bu araçlar vasıtasıyla kısa mesafeli kablosuz iletişim sağlanır. Daknet projesi bilgilerin internet aracılığıyla ulaştırılmasında kolaylık sağlar. Köylere büfe (kiosk) kurularak kısa mesafeli kablosuz iletişim sağlanır. Hareketli erişim noktası büfe veri değişiminde kullanılır.

Fırsatçı ağlarda yönlendirme düğümlerin hareketli olması, iletişimin sürekli sağlanamaması gibi özelliklerden dolayı klasik yönlendirme yöntemlerine göre daha farklıdır. Temel olarak, ağ yapısına bağlı olarak, iki farklı teknik kullanılabilir [2] :

- Alt yapısı olmayanlar
 - Yayma Tabanlı [5]: Yüksek mobil iletişimde çok iyi çalışır, mesajlar her yere yayılır ve mesajlar ağ kapasitesini artırır. Mesela, salgın (epidemik) yönlendirme yayma tabanlıdır.
 - İçerik Tabanlı [6]: Mesajların kopyalanmasını azaltır, her mesajın gecikmesini artırır.
- Alt yapısı olanlar
 - Karışık Altyapı [7]: Karışık alt yapıda baz istasyonları genellikle bir geçit görevi görür. Buradaki amaç mesajı bu geçit üzerinden hedefe ulaştırmaktır.
 - Hareketli Altyapı [8] : Hareketli altyapıda ise; düğümler ağ alanları içinde ve mesajların toplu olduğu kısımlarda hareket eder, hareketli verileri toplar ve son olarak taşıyıcılar yedek ağın bağlantısının artmasında yardımcı olur.

Bu bildiride fırsatçı ağlarda kullanılacak iki farklı yönlendirme yöntemi teklif edilmiştir. Bu yöntemler altyapısı olmayan yayma tabanlı ağlarda kullanılabilir ve temel avantajı ağ trafiğini ciddi bir biçimde azaltmasıdır. Bildirinin bundan sonraki bölümlerinde, bu yöntemler anlatılmış, karşılaştırılmış ve oluşturulan sistem modeliyle elde edilen benzetim sonuçları sunulmuştur.

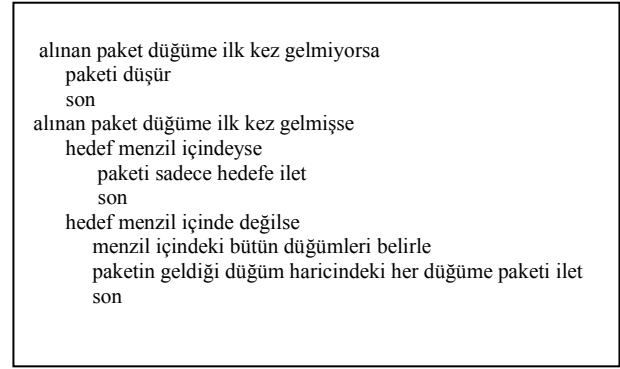
2. Taşırma ve Kısmi Taşırma Yöntemleri

Bu bildiride fırsatçı ağların yönlendirme performansını ölçebilmek için iki farklı yönlendirme yöntemi teklif edilmiştir. Taşırma ve kısmi taşırma yöntemleri. Bu bölümde bu yönlendirme yöntemleri anlatılmaktadır.

2.1. Taşırma Yöntemi

Taşırma yöntemi, hareketli ve hareketsiz ağlarda kullanılan temel yayın yöntemlerinden biridir. Bu yöntem fırsatçı ağlarda da kolaylıkla kullanılabilir. Düğümlerin ağ topolojisi hakkında herhangi bir bilgi sahibi olmaması ve topolojinin dinamik olarak değişmesi sebebiyle, verinin hedefe ulaşabilmesi için paketler kaynak düğümden başlayarak tüm komşu düğümlere iletilir. Paketi alan düğümler de aynı işlemi tekrarlar ve bu şekilde paket hedef düğüme ulaşır. Taşırma yönteminde karşılaşılabilen temel problemlerden biri sonsuz döngü oluşumudur. Sonsuz bir döngünün oluşumunun engellenmesi için bir düğüm gelen paketi, paketin geldiği düğüm dışındaki komşu düğümlerine yollar. Ayrıca paketi alan düğüm, eğer bu paketi daha önce de almış ise paketi düşürür. Taşırma yöntemi kaynaktan hedefe, en kısa zamanda ve minimum atlama sayısı ile veri iletimini sağlayabilmesine rağmen, ağ içerisinde aşırı trafiğe yol açabilmektedir.

Şekil 1'de taşırma yönteminde ağ içerisindeki herhangi bir düğüme paket ulaştığı durumlarda, düğümün işleyişi gösterilmektedir.



Şekil 1: Taşırma yönteminde düğümün işleyişi.

2.2. Kısmi Taşırma Yöntemi

Taşırma yönteminde oluşabilecek aşırı ağ trafiğini azaltabilmek için kısmi taşırma yöntemi kullanılabilir. Kısmi taşırma yönteminin taşırma yönteminden temel farkı, bir düğümün komşu düğümlerinin tamamına değil ama rastgele seçilmiş belirli bir kısmına paketi iletmesi şeklinde olacaktır. Bu bildirideki benzetimlerde %50 kısmi taşırma yöntemi uygulanmıştır. Bir düğümün, N adet komşusu varsa, bu komşuların $\lceil N/2 \rceil$ adedi rastgele seçilmiş ve paketler kaynak düğümden başlayarak, sadece bu seçilen komşulara yönlendirilerek, hedefe ulaşılmaya çalışılmıştır. Komşu düğümlerin bir kısmı seçildiği için oluşacak ağ trafiği azalacaktır ancak bunun yanında paketin kaynak düğümden hedef düğüme ulaşması daha çok gecikme ve daha fazla atlama ile olabilecektir. Fırsatçı ağlarda, iletişim kurmanın önceliği gecikmeye göre daha fazla olduğu için, bu yöntem fırsatçı ağlar için kolaylıkla uygulanabilir.

Şekil 2'de kısmi taşırma yönteminde ağ içerisindeki herhangi bir düğüme paket ulaştığı durumlarda, düğümün işleyişi gösterilmektedir.

alınan paketi düğüme ilk kez gelmiyorsa
 paketi düşür
 son
 alınan paket düğüme ilk kez gelmişse
 hedef menzil içindeyse
 paketi sadece hedefe ilet
 son
 hedef menzil içinde değilse
 menzil içindeki bütün düğümleri belirle
 bu düğümlerin yarısını rastgele seç
 paketin geldiği düğüm haricindeki seçilen
 düğümlere paketi ilet
 son

Şekil 2: Kısmi taşıma yönteminde düğümün işleyişi

3. Benzetim Modeli ve Sonuçlar

Bu bölümde taşıma ve kısmi taşıma yöntemlerinin, ağ içerisindeki performansları bir benzetim programı yazılarak sonuçları değerlendirilmektedir.

3.1. Benzetim Modeli

Taşıma ve kısmi taşıma yöntemlerinin performanslarını ölçebilmek için oluşturulan sistem modelinde, ağda bulunan düğümlerin her birinin aynı özelliklere sahip olduğu ve menzilleri dahilinde bulunan diğer düğümlerle iletişim kurabildikleri (paket alışverişi yapabildikleri) varsayılmıştır. 1000m x 1000m'lik bir referans alan içerisine, düzgün dağılım esas alınarak rastgele noktalara farklı sayılarda düğüm yerleştirilmiştir. Ayrıca (0,0) ve (1000,1000) koordinatlarına iki adet daha düğüm yerleştirilmiş ve (0,0)'daki düğüm kaynak, (1000,1000)'deki düğüm hedef olarak kabul edilmiştir. Kaynak düğümden, hedef düğüme rastgele oluşturulan ağ topolojisi üzerinden veri aktarımı yapılmıştır. Veri aktarımı için, iki farklı benzetim yapılmıştır:

- Taşıma yöntemi: Her düğüm kendi menzili dahilindeki bütün komşularına paketi iletir.
- Kısmi taşıma yöntemi: Her düğüm kendi menzili dahilindeki komşuların rastgele seçilen yarısına paketi iletir.

Benzetimler, ayrık olay sistem benzetimi tekniği (durum değişkenlerinin sadece zamanda bir ayrık noktalar setinde değiştiği sistem modellemesi[9]) baz alınarak oluşturulmuştur. Birbirini tetikleyen iki farklı ana olay vardır. Bir düğümden paketin iletimi ve bir düğüme paket gelmesi olayları. Olaylar dinamik bir liste olan ve olayların işleme zamanlarına göre sıralandığı bir olay düzenleyicisi aracılığıyla idare edilmektedir.

3.2. Benzetim Sonuçları

Performans analizi için geliştirilen benzetim programları C++ dilinde, Bloodshed Dev C++ IDE'si kullanılarak yazılmıştır. Benzetim için öncelikle 1000m x 1000m'lik bir alan baz alınmıştır. Bu alana (X,Y) koordinatları rastgele seçilmiş olarak çeşitli sayılarda (248, 498, 748 ve 998 adet) düğüm yerleştirilmiştir. Bunun dışında bütün benzetimler için (0,0) ve (1000,1000) koordinatlarına birer düğüm daha yerleştirilmiştir. Bu düğümler sırasıyla kaynak ve hedef olarak belirlenmiştir.

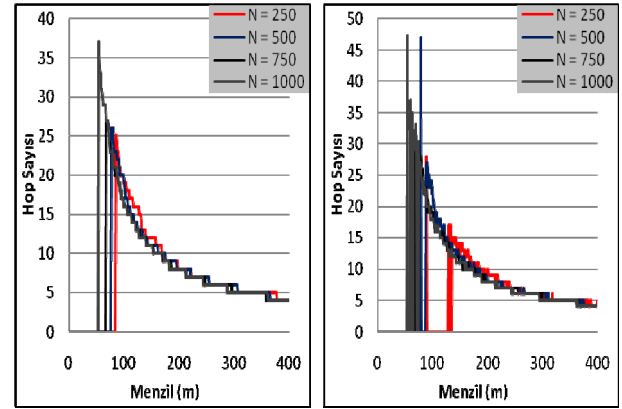
Kaynak düğümden, hedef düğüme taşıma ve kısmi taşıma yöntemleri ile paket gönderilmiştir. Taşıma yönteminde her

bir düğüm menzili dahilinde olan bütün komşularına paketi iletirken, kısmi taşıma yönteminde her bir düğüm menzili dahilinde olan komşularının yarısını rastgele seçerek paket iletmiştir. Benzetimlerde, performans değerlendirilmesi yapılabilmek için üç farklı ölçüt kullanılmıştır:

- paketin kaynaktan hedefe ulaşma süresi,
- paketin hedefe ulaşması için geçtiği atlama sayısı
- oluşan ağ trafiği

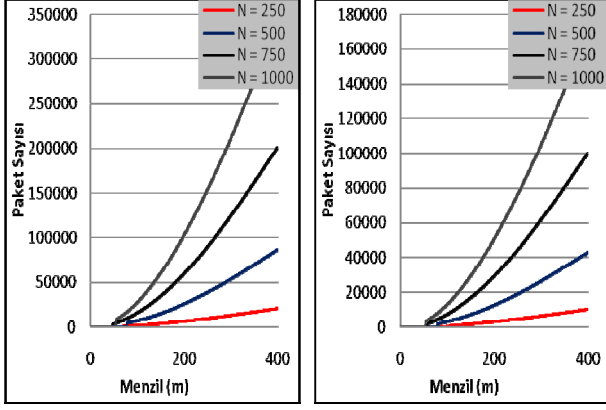
Bu ölçütleri farklı düğüm sayıları ve farklı menzil değerleri kullanarak benzetim sonuçları elde edilmiştir.

Paketin kaynaktan hedefe ulaşma süresi hesaplanırken düğümlerin anahtarlamaya gecikmesi, $t_{proc} = 0.05$ sn. olarak belirlenmiştir. Paketin bir düğümden, komşu bir düğüme iletilme süresi ise, $t_{prop} = d/C + p/R$ formülü ile hesaplanmıştır. Bu formülde, d iki düğüm arasındaki mesafe, C ışık hızı, p paketin boyutu ve R aktarım hızıdır. Bütün benzetimlerde paket boyutlarının sabit ve 1000 B uzunluğunda olduğu, aktarım hızının ise 100 KB/sn olduğu varsayılmıştır. Ayrıca, bütün düğümlerin birbirinin benzeri olduğu varsayılmıştır.



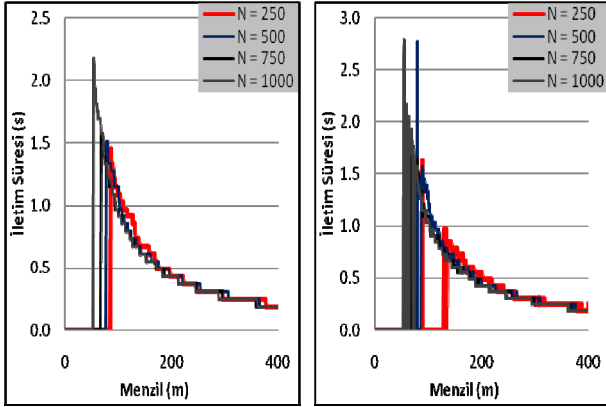
Şekil 3: Atlama Sayısı (Taşıma ve Kısmi Taşıma)

Şekil 3'de taşıma ve kısmi taşıma yöntemlerinde, düğümlerin menziline bağlı olarak ve kaynak düğümden hedef düğüme gitmesi için gereken atlama sayısı gösterilmektedir. Bu sonuçlar $N = 250, 500, 750$ ve 1000 adet düğüm için hesaplanmıştır. Düğümlerin menzili için çok küçük değerler seçildiğinde, düğümlerin iletişim yapabileceği komşuları olamayacağı için paket kaynaktan hedefe ulaşamamaktadır. Menzil arttıkça, daha fazla sayıda komşu düğüm menzil içine girdiğinden dolayı atlama sayısı azalmaktadır. Taşıma ve kısmi taşıma yöntemleri karşılaştırılınca, kısmi taşıma yöntemindeki atlama sayısının taşıma yöntemine göre biraz daha fazla sayıda olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4: Ağ trafiği (Taşıma ve Kısmi Taşıma)

Şekil 4'de taşıma ve kısmi taşıma yöntemlerinde, düğümlerin menziline bağlı olarak kaynak düğümden hedef düğüme paket yollamak için ağda oluşan trafik gösterilmektedir. Bu sonuçlar $N=250, 500, 750$ ve 1000 adet düğüm için hesaplanmıştır. Düğüm sayısının artması her iki yöntemde de veri iletilecek düğüm sayısını arttırdığı için ağda oluşan trafiği de arttırmaktadır. Ancak kısmi taşıma yönteminde oluşan ağ trafiği, taşıma yönteminde oluşan ağ trafiğine göre çok daha azdır. Bu sonuç kısmi taşıma yöntemi açısından, fırsatçı ağlarda asıl amaç veri iletişimini sağlamak olduğu için, oldukça önemlidir.



Şekil 5: İletim süresi (Taşıma ve Kısmi Taşıma)

Şekil 5'de taşıma ve kısmi taşıma yöntemlerinde, düğümlerin menziline bağlı olarak kaynak düğümden hedef düğüme paket yollandığında geçen paket iletim süresi gösterilmektedir. Bu sonuçlar $N=250, 500, 750$ ve 1000 adet düğüm için hesaplanmıştır. Menzil arttıkça, iletim süresi atlama sayısının azalmasına bağlı olarak azalmaktadır. Çünkü gecikmenin en önemli kaynağı düğümlerdeki anahtarlar gecikmesidir. Kısmi taşıma yönteminde ise iletim süresinin taşıma yöntemine göre biraz daha fazla olduğu gözlenmektedir.

4. Sonuçlar

Bu bildiri fırsatçı ağlarda taşıma ve kısmi taşıma yöntemleri ile yönlendirme yöntemleri anlatılmış ve bu yöntemlerin performans analizleri benzetimler yoluyla

yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda kısmi taşıma yönteminde, taşıma yöntemine göre, beklendiği gibi, daha az ağ trafiğine yol açıldığı gözlenmiştir. Atlama sayısı ve paketin kaynak düğümden hedef düğüme iletim süresinin ise kısmi taşıma yönteminde taşıma yöntemine göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Ancak, fırsatçı ağlarda asıl amaç veri iletişimini sağlayabilmek olduğu için kısmi taşıma yöntemi, taşıma yöntemine göre ağ trafiğini azaltmasından dolayı daha verimli bir yöntem olarak görülebilir.

Bu çalışmada, kısmi taşıma yönteminde komşu düğümler rastgele bir şekilde belirlenmektedir. Komşu düğüm belirleme işlemi seçilerek yapılırsa, performansın daha da iyileşebileceği düşünülmektedir. Daha sonraki çalışmalarımızda, kısmi taşıma ve taşıma yöntemlerinin dışında, daha dinamik yöntemler kullanarak da ele alınacaktır. Ayrıca düğümlerin aynı özelliklere sahip olmadığı durumlarda bu yöntemlerin nasıl sonuç vereceği incelenecektir.

5. Kaynakça

- [1] I.F. Akyildiz and W. Su and Y. Sankarasubramania and E.Cayirci, "Wireless Sensor Networks:A Survey", *IEEE Computer*, vol. 38, no. 4, pages 393-422, Mar. 2002.
- [2] Luciana Pelusi, Andrea Passarella, and Marco Conti, IIT- CNR " Opportunistic Networking: Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks " *IEEE Communications Magazine* • November 2006.
- [3] P. Juang *et al.*, "Energy-Efficient Computing for Wildlife racking: Design Trade-Offs and Early Experiences with ZebraNet" *ACM SIGPLAN Notices*, vol. 37, 2002, pp. 96-107.
- [4] A. Pentland, R. Fletcher, and A. Hasson, "DakNet: Rethinking Connectivity in Developing Nations," *IEEE Computer*, vol. 37, no. 1, Jan. 2004, pp. 78-83.
- [5] J. Widmer and J.-Y. Le Boudec, "Network Coding for Efficient Communication in Extreme Networks," *Proc.ACM SIGCOMM 2005 Wksp. Delay Tolerant Networks*, Philadelphia, PA, Aug. 22-26, 2005.
- [6] M. Musolesi, S. Hailes, and C. Mascolo, "Adaptive Routing for Intermittently Connected Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. 6th IEEE Int'l. Symp. World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM 2005)*, Taormina-Giardini Naxos, Italy, June 13-16, 2005.
- [7] D. Goodman *et al.*, "INFOSTATIONS: A New System Model for Data and Messaging Services," *IEEE VTC'97*, vol. 2, May 1997, pp. 969-73.
- [8] S. Jain *et al.*, "Exploiting Mobility for Energy Efficient Data Collection in Wireless Sensor Networks," *ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications (MONET)*, vol. 11, no. 3, June 2006, pp. 327-39.
- [9] Jerry Banks, John S. Carson, "Discrete Event Simulation", Prentice Hall, 1984.