

Etkin Enerji Kullanımlı İnternet Erişim Ağları

*Tuncay Ercan, Mahir Kutay

*Yaşar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
İzmir-Türkiye

tuncay.ercan@yasar.edu.tr; mahir.kutay@yasar.edu.tr

ÖZET

Günümüzde enerji verimliliğini arttırmak için Endüstri, Ulaştırma ve Telekomünikasyon gibi farklı alanlarda birçok çalışma yapılmaktadır. İletişim ağlarının özellikle yaygın internet kullanımı nedeniyle enerji tasarrufu konusundaki önemi gittikçe artmaktadır. Mevcut iletişim altyapısının hızı ve kapsama alanı gelişirken, enerji tüketiminin verimliliğiyle ilgili çalışmalar yetersiz kalmıştır. Bu nedenle iletişim sistemleri enerji verimliliği çalışmalarının ülke ekonomisi üzerindeki olumlu etkisi büyük olacaktır. Bu çalışmalar sisteme ilişkin tasarım aşamasından başlayarak, fiziksel altyapı ve gerekli uygulama yazılımlarının gerçekleştirilme aşamalarını kapsamalıdır. Geliştirilen modeller mevcut Telekom şebekesi ve kullanıcı isteklerine en iyi şekilde uyarlanabilmeli ve enerji verimliliğini mümkün olduğu kadar arttırmalıdır. Yaklaşımımızda iki temel iletişim teknolojisi kullanılmıştır. Birincisi Telekom Bölge Merkezi ve Semt dağıtım noktaları arasındaki fiber omurga, ikincisi Dağıtım noktalarında uygun noktalara konuşlandırılacak olan WiMAX baz istasyonlarıdır. WiMAX sisteminin son kullanıcı tarafındaki WiMAX modemlerle mevcut ADSL sisteminin yerini alması planlanmıştır. Bu sistem bakır kablo altyapılı ADSL sistemin bakım, onarım ve arıza maliyetlerini de ortadan kaldıracaktır. Modelimizde ayrıca günlük internet kullanım talebi göz önüne alınarak WiMAX baz istasyonlarında ve ana omurga üzerinde enerji kullanımını en düşük seviyede tutacak dinamik algoritmalar tasarlanmıştır. Bu algoritmaların tasarlanan WiMAX erişim ağının kullanıcı talebine bağlı olarak yüksek hızlı internet erişimi, ses ve görüntü iletimini yüksek performansla sağlarken aynı zamanda enerji verimliliğini de mümkün olduğu kadar arttırması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: WiMAX, Enerji verimliliği, ADSL, Omurga, İnternet erişimi

1. GİRİŞ

Mobil cihazların ve internet kullanımının yoğunluğu dikkate alındığında enerji etkin sistemlere olan ihtiyacın veya teknolojik farkındalığın önemi konusunda şüphe kalmayacaktır. Günümüzde enerji verimliliğini arttırmak için Endüstri, Ulaştırma ve Telekomünikasyon gibi farklı alanlarda birçok çalışma yapılmaktadır. İletişim ağlarının özellikle yaygın internet kullanımı nedeniyle enerji tasarrufu konusundaki önemi artmıştır [1]. Bu yüzden özellikle Bilgi ve İletişim Teknolojileri kapsamında enerji tüketimini azaltacak donanım ve yazılıma ilişkili çalışmalarda bulunulmalıdır.

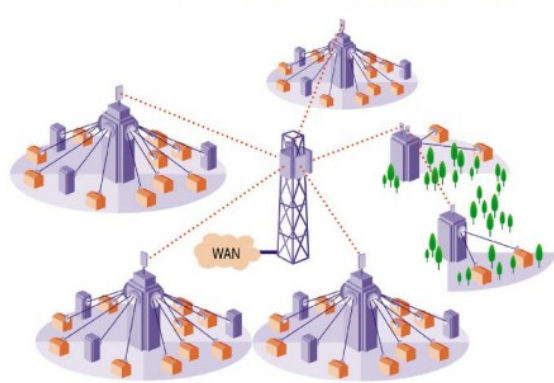
Şehir içindeki iletişim teknolojilerinin düğüm noktası olan Telekom ağları bulundukları bölgeye göre merkezi (core), şehir içi (metro) ve kullanıcı (access) alanları olmak üzere üç temel bölgeye ayrılmıştır. Merkezi sistemler şehirlerarasındaki hizmeti sağlarken, şehir içi ağları şehirdeki ilçeleri ve merkez yerleşim bölgelerini, kullanıcı ağlar ise semtlerde bulunan bölgesel Telekom Birimlerinden son kullanıcılara olan ağları

içermektedir. Bilişim Teknojileri Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %4'ünden sorumludur. Bu durumun gelecek yıllarda da artan oranda devam edeceği düşünüldüğünde kullanıcı bağlantılı iletişim sistemlerindeki enerji verimliliği çalışmalarının ülke ekonomisi üzerinde olumlu etkisinin olacağı açıktır. Bu çalışmalar sisteme ilişkin tasarım aşamasından başlayarak, fiziksel altyapı ve gerekli uygulama yazılımlarının gerçekleştirilme aşamalarını kapsamalıdır [2].

Bugünkü Telekom Altyapısının şehir içi ve kullanıcı ortamları temel olarak bakır veya fiber optik kablolu aktif ve pasif ağ cihazlarını içermektedir. Bu sistemlerin bakımı ve değişen kullanıcı isteklerine süratle cevap verebilmesi pahalı yatırımları gerektirir. Bu alanda çalışan uzmanların büyük çoğunluğu geniş bant kablosuz ağların bütün sistemlerin ihtiyaçlarını karşılayacak ve muhtemel sorunları çözebilecek özelliklerinin farkındadır. Kullanılmakta olan son kullanıcı erişim ağı sistemleri şunlardır:

- Geleneksel eski telefon sistemleri (POTS)
- Mevcut kullanıcı telefon sistemine dayalı Sayısal Abone hatları (DSL)
- Koaksiyel kablo sistemine dayalı Kablo TV ve Kablo Modem
- Fiber optik kablolama ve iletişim ağları

Son kullanıcı problemlerinin çoğu lokal telefon birimlerinin eski telefon şebekelerinden kaynaklanır. Bundan dolayı şehir içi ve kullanıcı ortamlarında abone sayısı ve mesafelerden bağımsız olarak son erişim noktalarında mükemmel iletişim sağlamak kolay değildir. Bununla birlikte Telekom merkezleri arasında (iki ana ilçe, ilçe ve semt, semt ve kullanıcı dağıtım noktaları) yüksek hızlı fiber optik kablolama şehir içi iletişim için hızlı bir ana omurga altyapısı sunabilir. Aynı bölgedeki Telekom merkezleri ile son kullanıcılar arasında iletişim hızını arttıracak bir WiMAX sistemi örneği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil.1: WiMAX ağı (www.motorola.com)

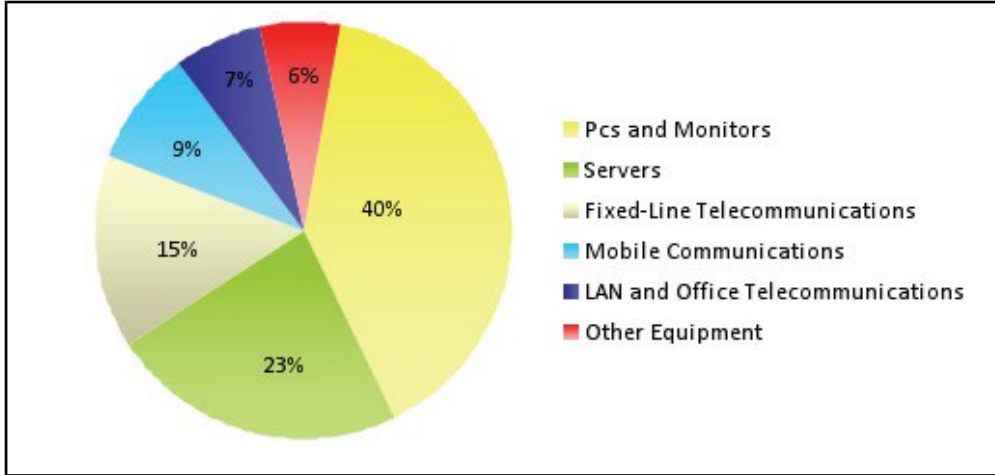
WiMAX (IEEE 802.16) geniş bant kablosuz iletişim teknolojisi internet erişimi için kablo modem veya ADSL bağlantısı olmayanların yanı sıra bu sistemlerini değiştirmek isteyen kullanıcılar için de önemli bir alternatif olacaktır. Çalışmamızda kullanıcı cihazlarındaki ve WiMAX baz istasyonlarındaki değişken güç profillerine dayalı tasarım hususları irdelenmiştir[3]. Her bir baz istasyonu için yaklaşık 1 km.lik ortalama kapsama alanı söz konusu olduğundan[4], WiMAX hizmetlerinin verimli çalışabilmesi için uygun mesafelerde yerleştirilmiş baz istasyonlarında bir yük dengeleme çalışması

yapılması gerekmektedir. WiMAX baz istasyonları 200W'dan daha az bir güç seviyesine sahipken, kullanıcı cihazları yaklaşık 200mW civarındadır. Bugünkü kullanımları göz önüne alındığında temel kullanıcı cihazı durumunda olan ADSL modemlerin 5-10W arasındaki alçak güç seviyesiyle şöyle bir karşılaştırma yapılabilir [5]. Normal bir sokakta 50 bina ve her birinde 8 daire olduğu farz edilerek 400 adet potansiyel internet kullanıcısı rakamına erişilebilir. Bu kullanıcıların dörtte birinin modem kullanabileceği düşünülürse “100 modem * 10W=1000W”lık bir güç seviyesi (1KW) bulunur. Bu kullanıcıların WiMAX özellikli mobil cihazlar kullandığını varsayarsak ($200W + (200mW \times 100)=220W$) bulunacaktır. Bu da sadece 100 kullanıcıya hizmet veren WiMAX baz istasyonu ve WiMAX özellikli mobil cihazlarla ADSL modemli kullanıcılara oranla $1KW/220W \sim 5$ kat daha az bir enerji tasarrufu sağlanacak demektir.

Bir sonraki bölümde Telekom iletişim altyapılarında enerji verimliliğinin artırılması konusundaki çalışmalar özetlenmiş, üçüncü bölümde önerdiğimiz modele ilişkin altyapı ve teknik bilgiler açıklanmıştır. Son bölümde elde edilen sonuçlar ve gelecek çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

ICT sektöründe enerji tüketiminin izlenmesi, enerji verimliliğinin artırılması yönündeki çalışmaların başlatılmasında ‘Uluslar Arası Telekomünikasyon Birliği, (ITU), önderlik yapmaktadır. ITU tarafından 2008’ de yapılan ICT sektöründe enerji tüketim oranlarının tespiti çalışmasının sonuçları Şekil 2’ de verilmiştir. Bu araştırmaya göre enerji tüketimi son kullanıcıların kullandığı PC ve monitörlerde yoğunlaşmaktadır. Ağ tarafında erişim bölümü ve veri merkezlerinde enerji tüketiminin yüksek olduğu görülmektedir. Ağın omurga ve yoğunlaştırma bölümlerinde ise enerji tüketimi daha azdır.



Şekil.2: Telekom sektöründe enerji tüketimi oranları [6].

Bu araştırma sonucunda enerji verimliliği çalışmaları önem sırasına göre başlıca üç alanda[7] yoğunlaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

1. Son kullanıcıda bulunan cihazlar
2. Ağın erişim bölümü ve veri merkezleri

3. Ağın omurga ve yoğunlaştırma bölümleri

Kullanıcı tarafındaki çalışmalar enerji verimliliği yüksek işletim sistemlerinin geliştirilmesi[8], daha az enerji tüketen CPU ve donanım elemanlarının üretilmesi[9], daha verimli LAN protokolleri ile ilgili çalışmalar[10] olarak özetlenebilir.

Ağın erişim kısmında enerjinin en büyük kısmı yönlendirici ve anahtarlama cihazları tarafından tüketilmektedir. Tüketimde elektronik cihazlar kadar kullanılan protokollerin de etkisi olup[11], [12] her iki tarafın da iyileştirilmesi gerekmektedir. Erişim kısmında kullanılan baz istasyonlarının enerji talepleri de yüksektir[13]. Bu talep kullanılan RF cihazları, güç yükselteçleri, sinyal işleme üniteleri, soğutucular gibi yardımcı cihazlar tarafından oluşturulur. Baz istasyonlarının giderek artan sayıları düşünülürse enerji tüketiminin azaltılmasında katkılarının büyük olacağı görülebilir.

Veri merkezlerinde enerji sunucular, büyük çaplı disk üniteleri, kullanılan soğutucular, UPS, anahtarlama ve yönlendirici cihazlar tarafından tüketilmektedir. Veri merkezlerinde enerji verimliliği tasarımın tamamen değiştirilmesi ile sağlanabilir[14]. Veri merkezlerinin birleştirilerek sayılarının azaltılması, sanallaştırma, yeni nesil sunucuların kullanılması, iklimlendirme tekniklerinin enerji verimliliğini arttıracak yönde geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması önemli verimlilik artışı sağlayabilecektir.

Ağın omurga ve yoğunlaştırıcı bölümünde enerji verimliliği yeni protokollerin geliştirilmesi ile arttırılabilir[15]. Gelecekte ağ protokolleri güvenilir bir bağlantıyı sağlamalarının yanında en yüksek enerji verimliliğini sağlayabilecek özellikte olmalıdırlar.

Bir ağın enerji verimliliğinin arttırılması oldukça karmaşık bir işlemdir. Bazen ağın bir bölümünde enerji verimliliğinin arttırılması diğer bir bölümde performans düşümüne ya da enerji tüketiminin artmasına neden olabilir. Bu nedenle enerji-performans eniyilemesi yapılırken bölümler tek olarak ele alınmamalı bunun yerine ağın genel performansı göz önüne alınmalıdır[16].

3.ÖNERİLEN MODEL

Erişim modelimize GWON (Green WiMAX Optical Network) adını verdik. GWON işlevsel modeli hiyerarşık bir yapı önermektedir.

- Kademe-1: Ana omurga ve yoğunlaştırıcı bölümler
- Kademe-2: Bölgesel merkezler ve bunların ana yoğunlaştırıcı ile bağlantısı
- Kademe-3: WiMAX baz istasyonları ve bölgesel merkezlerle veri bağlantıları

GWON' un işlevsel modeli şekil 3'te açıklanmıştır.

3.1 Kademe-1

şehrin ağ trafiğinin toplanma merkezi ve ağ geçidi İzmir-Konak'tadır. Ağ geçidi kontrol merkezi NCC (Network Control Center)'ye gerekli kontrol bilgisini ve dış dünyaya ses, veri ve görüntü trafiğini yönlendirir. Bu kademede modelimiz ağ geçidinin İzmir omurgasına bağlanan çıkış ara yüzlerine odaklanmıştır. Dinamik önceden etkin (proactive) bir yazılım ara yüzler arasında yük eniyilemesi yapar. Ağ geçidi sistemin en

önemli bölümü olduğundan ara yüzler eşit önceliğe sahiptir ve talebi anında karşılamak için programlanmışlardır.



Şekil.3: Önerilen modelin altyapısı

3.2 Kademe-2

Kademe-2’de optik yoğunlaştırıcılar ağ geçidine örgü (mesh) bağlantılı ağ şeklinde bağlanmışlardır. Bu yapı olası altyapı iletişim arızalarında aktif yedekli çalışmayı sağlar. Dinamik önceden etkin bir yazılım, kademe-2 yoğunlaştırıcının her bir giriş ara yüzündeki iletişim yoğunluğunu izler. Optik yoğunlaştırıcılarda şehir dağıtım omurgasına bağlanabilecek giriş ara yüz sayısı üç ile sınırlandırılmıştır. Kademe-2’deki optik yoğunlaştırıcının giriş ara yüzleri aşağıdaki önceliklere sahiptirler.

- Arayüz-1: Yüksek öncelik
- Arayüz-2: Orta öncelik
- Arayüz-3: Düşük öncelik

Ara yüzler trafik yükünü bir iletim hattı veya ara yüz arızası olmadığı sürece önceden belirlenen oranlarda paylaşırlar. Bir arıza oluştuğunda olağanüstü durum programı yük paylaşımını tekrar belirler ve ağ kontrol merkezini (NCC) uyarır. Trafik en iyileştirme programı her ara yüzdeki trafik yükünü sürekli olarak izler ve omurgaya bağlanan ara yüzler arasında bir yük-zaman programına göre yük paylaşımı yapar. Kademe-2 yoğunlaştırıcıda normal çalışma işleyişi aşağıdaki gibidir.

- Yoğun çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Bütün omurga ara yüzleri çalışır ve yük paylaşımı dinamik olarak gerçekleştirilir.
- Normal çalışma saatlerinde yük paylaşımı: En düşük önceliğe sahip ara yüz kapatılır. Trafik diğer ara yüzler arasında dinamik olarak paylaşılır.
- Düşük çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Orta önceliğe sahip ara yüz kapatılır. Çalışan son ara yüzün çalışma hızı düşürülür.

3.3 Kademe-3

Kademe-3'te optik yoğunlaştırıcılar Kademe-2'ye tek bir F/O hat ile bağlanmışlardır. Yedek hattın varlığı Türk Telekom'un önceliklerine bağlıdır. Dinamik önceden etkin bir yazılım Kademe-3'teki optik yoğunlaştırıcının giriş ara yüzündeki trafik yükünü izler. Şekil 3'teki örnek kademe-3 yoğunlaştırıcı Bornova/Özkanlar'dır. Trafik en iyileştirme programı giriş ara yüzündeki trafiği izler ve giriş ara yüzünün çalışma hızını önceden belirlenen bir yük-zaman programına göre değiştirir.

- Yoğun çalışma saatlerinde çalışma hızı: Giriş ara yüzü en yüksek hızda çalışır.
- Normal çalışma saatlerinde çalışma hızı: Giriş ara yüzü normal hızda çalışır.
- Düşük çalışma saatlerinde çalışma hızı: Giriş ara yüzü düşük hızda çalıştırılır.
- Aynı algoritma gerçek zamanlı olarak Kademe-2 yoğunlaştırıcının Kademe-3 yoğunlaştırıcıya bağlanan çıkış ara yüzlerinde de çalıştırılır.

Yedek bir hat varsa:

- Yoğun çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Bütün giriş ara yüzleri çalışır ve yük paylaşımı dinamik olarak ayarlanır.
- Normal çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Düşük öncelikli ara yüz kapatılır. Diğer ara yüzün çalışma hızı dinamik olarak ayarlanır.
- Düşük çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Diğer ara yüzün çalışma hızı azaltılır.

Kademe-3 yoğunlaştırıcının çıkış ara yüzleri WİMAX baz istasyonlarına doğrudan bağlıdır. Yedek bir hattın varlığı Türk Telekom'un önceliklerine bağlıdır. Dinamik önceden etkin bir yazılım Kademe-3 teki optik yoğunlaştırıcının çıkış ara yüzlerindeki trafik yükünü izler ve çalışma hızını önceden belirlenen bir yük-zaman programına göre değiştirir.

- Yoğun çalışma saatlerinde çalışma hızı: Çıkış ara yüzü en yüksek hızda çalışır.
- Normal çalışma saatlerinde çalışma hızı: Çıkış ara yüzü normal hızda çalışır.
- Düşük çalışma saatlerinde çalışma hızı: Giriş ara yüzü düşük hızda çalışır.

Yedek bir hat varsa:

- Yoğun çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Bütün giriş ara yüzleri çalışır ve yük paylaşımı dinamik olarak ayarlanır.
- Normal çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Düşük öncelikli ara yüz kapatılır. Diğer ara yüzün çalışma hızı dinamik olarak ayarlanır.
- Düşük çalışma saatlerinde yük paylaşımı: Kalan ara yüzün çalışma hızı azaltılır.

WiMAX baz istasyonundaki yük, dinamik önceden etkin bir en iyileme programı tarafından izlenmektedir.

- Yoğun çalışma saatlerinde çalışma hızı: WiMAX baz istasyonu en yüksek düzeyde enerji tüketir.
- Normal çalışma saatlerinde çalışma hızı: WiMAX baz istasyonu normal düzeyde enerji tüketir.
- Düşük çalışma saatlerinde çalışma hızı: WiMAX baz istasyonu düşük düzeyde enerji tüketir.
- Uyku Durumu: Bir eylemsizlik zamanlayıcısı belirli bir süre trafik olmazsa WiMAX baz istasyonunu uyku durumuna sokar. İlk trafik talebi olduğunda çalışma hızı en düşük düzeyden başlar.

4. SONUÇ VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR

GWON modelimizde enerji etkin çalışmalar üç kademeli hiyerarşik bir yapıda gruplandırılmıştır. Modelimiz gelecekteki yeşil enerjili iletişim ağlarının gelişmesine yardımcı olacak minimum enerji tüketimine sahiptir. WiMAX sistemlerle elde edilen esneklik şehir içi yoğunlaştırıcı merkezler arasındaki fiber optik kablolama ile geliştirilebilir. Enerji tüketiminin azaltılmasındaki en büyük katkı Kademe-3'te kablolu ADSL sistemleri yerine önerilen WiMAX sistemi ile sağlanmaktadır. Kademe-2 ve Kademe-3'te kullanılacak olan yoğunlaştırıcılar dinamik önceden etkin bir yazılım ile çalışma hızlarını ve dolayısıyla enerji tüketimlerini talebe göre ayarlayabilmektedirler.

Kullanıcı tarafındaki diğer önemli bir husus da değişen internet trafiği profilleridir. Bu ortamdaki trafik yükü geniş ölçüde kullanıcılardan kaynaklanır ve günlük trafik yoğunluğu dalgalanmaları toplam güç tüketiminde önemli rol oynar. Bu konuda geliştirmekte olduğumuz eniyileme yazılımları ve benzetimleri ile enerji verimliliğinin daha üst seviyelere getirilmesi hedeflenmektedir. WiMAX baz istasyonlarının ve yoğunlaştırıcı merkezlerinin yenilebilir alternatif enerji kaynakları ile beslenmesi yapılacak enerji tasarrufunu daha da arttıracaktır.

KAYNAKLAR

- [1] P. Leisching and M. Pickavet, "Energy footprint of ICT: Forecasts and network solutions," OFC/NFOEC'09, Workshop on Energy Footprint of ICT: Forecast and Network Solutions, San Diego, CA, 2009.
- [2] C. Lange and A. Gladisch, "On the energy consumption of FTTH access networks," OFC/NFOEC'09, San Diego, CA, 2009.
- [3] http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns811/networking_solution_category.html.

- [4] <http://www.eetimes.com/design/power-management-design/4005852/How-much-transmit-power-do-WiMAX-nets-need>.
- [5] F. J. Effenberger, "Opportunities for power savings in optical access" Online: <http://www.itu.int/dms-pub/itu-t/oth/>, 2008.
- [6] International Telecommunication Union, "Report on Climate Change", Oct. 2008.
- [7] K. George, P. Demestichas, "A review of energy efficiency in telecommunication networks", Proc. of Telecom. Forum (TELFOR) 1-4, 2009.
- [8] Y. Agarwal, S. Savage, R. Gupta, "SleepServer: a software-only approach for reducing the energy consumption of PCs within enterprise environments", Proceedings of the USENIX Conference, 22-30, 2010.
- [9] Y. Agarwal, S. Hodges, R. Chandra, J. Scott, P. Bahl, R. Gupta, "Somniloquy: Augmenting network interfaces to reduce PC energy usage", Proceedings of the USENIX Conference, 365-380, 2009.
- [10] L., T., Nguyen, X., Defago, R. Beuran, "An energy efficient routing scheme for mobile wire wireless sensor networks", Proc. of the ISCWS Conference, 569-572, 2008.
- [11] N. Pantazis, S. Nikolidakis, D. Vergados, "Energy-efficient routing protocols in wireless sensor networks: A survey", IEEE Communications Surveys and Tutorials, (99), 1-41, 2012.
- [12] T. Nadeem, S. Banerjee, A. Misra, A. "Energy-efficient reliable paths for on-demand Routing protocols", Proc. of MWCN, 485-496, 2004.
- [13] P. G. Brevis, J. Gondizo, Y. Fan, H. V. Poor, J. Thompson, I. Krikidis, "Base-station localization optimization for minimal energy consumption in wireless networks", Proc. of VTC, 1-5, 2011.
- [14] A. Beloglazov, R. Buyya, "Energy efficient resource management in virtualized cloud data centers", Proc. of CCGRID, 826-831, 2010.
- [15] R. Bolla, R. Bruschi, F. Davoli, F. Cucchietti, "Energy efficiency in the future internet: A survey of existing approaches and trends in energy-aware fixed network structures", IEEE Communication Surveys and Tutorials, 13(2), 223-244, 2011.
- [16] R. Bolla, F. Davoli, R. Bruschi, J. K. Christensen, F. Cucchietti, S. S. Singh, "The potential impact of green technologies in next generation wireline networks: Is there room for energy saving optimization?", IEEE Communications Society, 49(8), 80-86, 2011.