

AKILLI EV OTOMASYONU SİSTEMLERİNDE ZİGBEE TABANLI AĞ UYGULAMALARI

Sinan UĞUZ¹, Bayram KILIÇ², Melike ŞİŞECİ³

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

sinanuguz@mehmetakif.edu.tr, bayramkiliç@mehmetakif.edu.tr,
melikesiseci@mehmetakif.edu.tr

ÖZET

Endüstriyel kontrol, HVAC, ev otomasyonu, medikal vb. birçok alanda gerçekleştirilen otomasyon sistemlerinde veri iletimi ve kontrolü için kullanılan kablosuz sensör ağı uygulamaları, maliyet, kurulum kolaylığı, genişletilebilme gibi özelliklerinden dolayı kablolu sistemlerin yerini almaya başlamıştır. Son birkaç yıldır düşük güç tüketimi, düşük maliyet ve güvenilirlik gibi özellikler ile ön plana çıkan IEEE 802.15.4 Zigbee haberleşme protokolü, kablosuz sensör ağı uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Zigbee kablosuz sensör ağlarının akıllı ev otomasyonu sistemlerinde kullanım alternatifleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz Sensör Ağları, Zigbee, Ev Otomasyonu

1.GİRİŞ

Günümüzde akıllı bina ve evlerde güvenlik, konfor, güç tüketim analizleri, uzaktan kontrol vb. uygulamaların hep bir arada bulunduğu gömülü sistemlerin kontrol edilmesi düşünülmekte ve bununla ilgili çalışmalar yürütülmektedir. Tüm bu sistemlerin binaya ya da konuta ayrı ayrı kurulması aslında sistemin kontrolü açısından çok sağlıklı görülmemektedir. Özellikle tek bir haberleşme protokolü üzerinden birçok farklı görev gerçekleştiren bir sistemin daha sağlıklı çalışması mümkündür. Bu sistemler sayesinde güvenlik sistemler, aydınlatma sistemleri, ısıtma sistemleri, perdeler ve havalandırma sistemleri gibi cihazlar internet, gömülü sistem, PC ve kumanda sistemleri ile kontrol edilebilirler. Akıllı ev otomasyon sistemleri kişisel konfor ve enerji tasarrufu bakımından faydalar sağlayarak hızla gelişim gösteren bir sektör haline almıştır. Ev otomasyon sistemlerinde ergonomi, maliyet ve sistem kurulum kolaylığı tüketiciler için büyük önem arz etmektedir. Kablolu haberleşme sistemleri birçok açıdan kablosuz haberleşme sistemlerine göre avantajlar sağlamakla birlikte bu konularda büyük bir problem oluşturmaktadır. İnsanlar evlerinin içinde kablo yığınları görmek istememekle

birlikte maliyet açısından da daha cazip fiyatlar ile çözüm sağlamak istemektedirler. Bu noktada kablosuz uygulamaların önemi ortaya çıkmaktadır. Kablosuz sistemlerinde bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları olduğu aşikârdır. Özellikle çekim mesafelerinin uzak olması ya da alıcı ile verici arasında kablosuz veri iletimini olumsuz etkileyen engeller içermesi bu problemler arasındadır. Bu sorunların çözümü için kablosuz sensör ağları kullanmak yerinde olacaktır. Çünkü kablosuz sensör ağlarında ağ, kullanılan protokolün müsaade ettiği oranda genişletilerek daha uzak mesafelere veri iletimi yapılmasını sağlayabilmektedir. Farklı kablosuz sensör ağı protokolü olmakla birlikte bu çalışmada zigbee kablosuz sensör ağları tanıtılmış ve diğer kablosuz sensör ağları ile kıyaslanması gerçekleştirilmiştir.

Bu konularda farklı çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bai ve Hung (2008), çalışmalarında evlerdeki elektrik prizleri için akım ölçümü gerçekleştirebilen ayrıca uzaktan erişim ile evdeki elektrikli cihazların On/Off kontrolünü gerçekleştiren Zigbee haberleşmesi içeren gömülü sistem uygulaması tasarlamışlardır. Tasarlanan sistem Zigbee

kontrol modülü ve server modülü olarak iki bölümden oluşmaktadır. Ayrıca Visual Basic dili kullanılarak izleme ve kontrol amaçlı bir kullanıcı ara yüzü oluşturulmuştur[1].

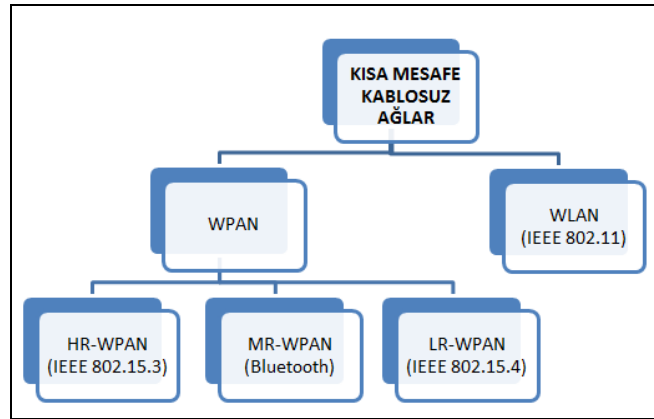
Lim ve Yeap (2011)'nin çalışmalarının amacı, ev içinde kullanılan elektronik aletlerin, aygıtların uzaktan kumanda ile tek bir merkezden kontrolünün (on/off) sağlanmasıdır. Ayrıca geliştirilen sistem bağlı olan aygıtların çalışıp çalışmama durumlarını LED'ler ile göstermektedir[2].

Wang (2010) çalışmasında, gerçek zamanlı ve düşük güç tüketimli ev enerji yönetim sistemi amaçlanmıştır. Çalışmada kablosuz sensör ağı olarak zigbee kullanılmıştır. Fazla güç tüketimi olduğunda uyarı verilmesi sistemin temel amacı olmuştur. Çalışmanın veri elde etme kısmında güç tüketiminin hesabı için akım voltaj dönüştürücü işlemini sağlayacak elektrik devresine ihtiyaç duyulmuştur[3].

Tsang vd. (2007), altı farklı odaya yerleştirilen zigbee modüllerine PC, TV, Klima, çamaşır makinası, mikrodalga fırın bağlanmış ve bir kumanda ile bunların kablosuz kontrolü sağlamıştır. Sistemde farklı zaman dilimlerinde aile bireyleri tarafından ne kadar güç tüketimi yapıldığı kayıt altına alınmıştır[4].

2. Kısa Mesafe Kablosuz Ağlar ve Zigbee Standardı

Kısa mesafe kablosuz ağlar Şekil 1'de görüldüğü gibi iki temel kategoriye ayrılırlar. Bir kablosuz yerel alan ağı (WLAN, Wireless Local Area Network) aygıtı, kablolu yerel alana (LAN, Local Area Network) entegre edilerek, ethernet (IEEE 802.3) gibi kablo kullanılan yerel ağlar için ağın uzamasında kullanılabilir. WLAN aygıtları ağın bir parçası oldukları zaman, ağdaki kablosuz aygıt diğer kablolu aygıtlar ile benzer şekilde davranış gösterir. Bir WLAN'ın amacı mesafeyi ve veri hızını maksimuma çıkarmaktır.



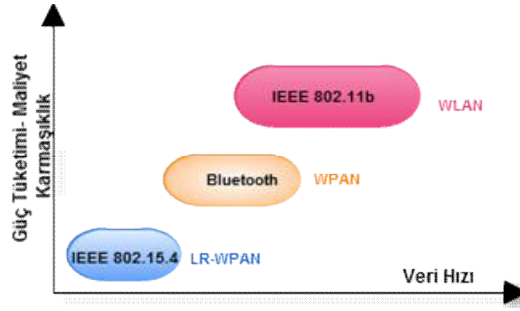
Şekil 1. Kısa mesafeli kablosuz ağların sınıflandırılması

Kablosuz kişisel alan ağı (WPAN, Wireless Personal Area Network), altyapı ihtiyacı olmayan kişisel etki alanı (POS, Personal Operating Space) boyunca kablosuz haberleşebilen cihazları kapsayan sınıftır. Bir kablosuz aygıtın kişisel etki alanı 10m yarıçaplı bir daire olarak ifade edilebilir[5]. WPAN, üç sınıfa ayrılır. Bunlardan Yüksek Oran WPAN (HR-WPAN, High Rate WPAN), gerçek

zamanlı kablosuz video transferi gibi yüksek hız gerektiren uygulamalar için geliştirilmiş olup 11-55 Mbps arasında veri transfer hızına erişir. Orta Oran WPAN (MR-WPAN, Medium Rate WPAN) sınıfına, 1-3 Mbps veri hızı ile Bluetooth örnek verilebilir. Düşük Oran WPAN (LR-WPAN, Low Rate WPAN) sınıfına ise 250 Kbps veri hızı ile Zigbee girmektedir. Kısa mesafeli kablosuz ağların Şekil 2'de güç

tüketimi, maliyet, karmaşıklık ve veri hızı açısından karşılaştırması grafiksel olarak verilmiştir. IEEE 802.15.4 standardında bu

özelliklerin hepsinin düşük değerli olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Kısa mesafeli kablosuz ağların karşılaştırılması

Zigbee, kişisel alan ağları, IEEE 802.15.4 standardına dayanan, düşük güç tüketen, üst düzey haberleşme protokolleri için uygun bir standarttır[6].

Zigbee kısa menzilli ve düşük veri transfer hızına sahip kablosuz haberleşme protokol kümesi olarak tanımlanmıştır[5]. Zigbee'nin temel olarak düşük veri transfer oranlarında, düşük maliyetli ve uzun batarya ömrü özelliklerinin barınacağı uygulamalarda kullanılması hedeflenmiştir. Zigbee standardı, yarı iletken endüstrisi, yazılım geliştiriciler, orijinal parça üreticilerinden (OEM) oluşan yüzlerce şirketin üyesi olduğu Zigbee Alliance tarafından geliştirilmiştir.

Zigbee standardının temel özellikleri aşağıda verilmiştir[7].

- Düşük güç tüketimi,
- Düşük veri hızı,
- Düşük maliyet,
- Tek bir ağ için 65000 düğüm desteği,

- Wi-Fi ve Bluetooth ile kıyaslandığında daha küçük paket kullanımı,
- Kendi ağında otomatik olarak kurulabilmesi

Zigbee, bluetooth ve Wi-fi kablosuz ağ standartlarının çeşitli özellikler açısından kıyaslanması Tablo 1'de görülmektedir. Zigbee standardı ile mesafe olarak kullanılan radio alıcı-vericinin gücüne bağlı olarak, arada kablosuz bağlantıyı engelleyebilecek engeller olmadan 1600 metreye kadar veri iletimi gerçekleştirebilmektedir. Batarya ömrünün uzun oluşu özellikle elektrik enerjisinin olmadığı coğrafi koşullarda Zigbee'yi ön plana çıkarmaktadır. Veri iletim hızı diğer standartlara göre düşüktür. Özellikle yüksek veri hızı gerektiren endüstriyel uygulamalarda bu bir dezavantaj olarak görülebilir. Düşük maliyet, yüksek güvenilirlik ve ağdaki düğüm sayısının çok oluşu Zigbee'yi bluetooth ve Wi-fi standartlarından üstün kılan diğer özelliklerdir.

Tablo 1. Zigbee, Bluetooth ve Wi-Fi Karşılaştırılması[8].

Kategori	Zigbee	Bluetooth	Wi-Fi
Mesafe	50 -1600 m	10 m	50 m
Genişleme	Otomatik	Yok	Ağın varlığına bağlı
Batarya Ömrü	Yıllar	Günler	Saatler
Karmaşıklık	Basit	Karmaşık	Çok Karmaşık
İletim Hızı	250 Kbps	1 Mbps	1-54 Mbps
Ağdaki Düğüm Sayısı	65535	8	50
Maliyet	Düşük	Düşük	Yüksek
Güvenilirlik	Yüksek	Yüksek	Normal
Kullanım Kolaylığı	Kolay	Normal	Zor

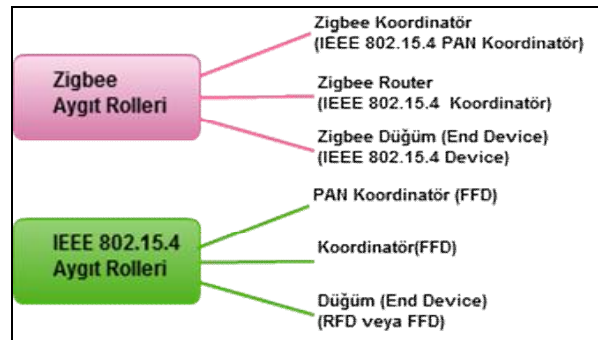
IEEE 802.15.4'ün 2006 yılında yayınlanan en son sürümünde üç adet frekans bandı yer almıştır.

- 868–868.6 MHz (868 MHz band)
 - 902–928 MHz (915 MHz band)
 - 2400–2483.5 MHz (2.4 GHz band)
- 868 MHz frekans bandı kısa mesafe uygulamalar için Avrupa'da kullanım için tahsis edilmiştir. Diğer iki bant endüstriyel ve medikal alanlarında kullanılan bantlardır[9].

IEEE 802.15.4 kablosuz ağlarda, Tam Fonksiyonlu Aygıt (FFD, Full-Function Device) ve İndirgenmiş Fonksiyonlu Aygıt (RFD, Reduced-Function Device) olmak üzere iki tip aygıt vardır. FFD'nin tüm görev ve yetenekleri IEEE 802.15.4'te tanımlanmıştır. RFD sınırlı yeteneğe sahiptir. Örneğin FFD, network içindeki her bir aygıt ile haberleşebilirken, RFD sadece FFD aygıt ile haberleşebilir. RFD aygıtlar bir anahtarın açılıp kapanması gibi çok basit uygulamalar için geliştirilmiştir.

RFD aygıtların hafıza ve güç büyüklüğü FFD aygıtlardan daha azdır.

Bir FFD aygıt, koordinatör (Coordinator), PAN koordinatör (Personal Area Network Coordinator) ve düğüm (End Device) olarak üç farklı rol üstlenebilir [10]. Bir koordinatör aslında FFD aygıttır yani mesaj iletme yeteneğine sahiptir. Eğer koordinatör bir PAN'ı kontrol ediyorsa PAN koordinatör olarak adlandırılır. Koordinatör olarak davranmayan aygıtlar düğüm olarak adlandırılır. Bir Zigbee koordinatör IEEE 802.15.4 PAN koordinatördür. Bir Zigbee yönlendirici (Router) ise IEEE 802.15.4 koordinatör olarak davranabilen bir aygıttır. Nihayetinde, bir Zigbee düğümü ya bir koordinatör ya da bir yönlendiricidir. Düğüm, en az hafıza kapasitesine ve işlem yetenek ve özelliklerine sahip Zigbee rolüdür. Bir ağda maliyeti normalde en düşük olan aygıt düğümdür. Şekil 3'de Zigbee standartları ve IEEE 802.15.4 içindeki aygıt rolleri görülmektedir.



Şekil 3. Zigbee standartları ve IEEE 802.15.4 içindeki aygıt rolleri

Üç farklı tipte Zigbee ağ topolojisinden bahsedilebilir.

- Yıldız (Star) Topolojisi
- Uçtan uca (Peer-to-peer) Topolojisi
- Ağaç (Tree) Topolojisi

Yıldız topolojisinde ağdaki her aygıt sadece PAN koordinatör ile haberleşebilir. Uçtan uca ağ topolojisinde eğer aygıtlar başarılı şekilde haberleşebilecek yeterli uzaklığa sahiplerse her bir aygıt diğer aygıtlar ile doğrudan haberleşebilir. Bir diğer Zigbee ağ topolojisi ise ağaç topolojisidir (Tree Topology). Bu topolojide bir zigbee koordinatör (PAN koordinatör) başlangıç ağına yerleştirilir. Zigbee yönlendiriciler ağacın dalları şeklindedir ve mesaj iletirler. Zigbee düğümler ise ağacın yaprakları olup mesaj iletmezler. Zigbee yönlendiriciler aynı zamanda ağı büyütebilirler.

IEEE 802.15 standardı, WPAN ağlar için geliştirilmiştir. Bu standardın alt standardı olan IEEE 802.15.4 ise LR-WPAN ağlar için belirlenmiştir. IEEE 802.15.4 standardında Fiziksel Katman (PHY, Physical Layer) ve Ortama Erişim Denetimi (MAC, Medium Access Control) katmanları 2003 yılında kabul edilmiştir. 2004 yılında ise Zigbee tarafından Uygulama Katmanı (APL, Application Layer) ve Ağ katmanı (NWK, Network Layer) tanımlanmış ve böylece Zigbee uyumlu bir aygıt IEEE 802.15.4 standardına da uyumlu hale gelmiştir.

Şekil 4'te bir akıllı ev otomasyon sistemi modeli görülmektedir. Sistemi üç farklı kısımda incelemek doğru olacaktır. Öncelikle ev içerisinde kullanılan elektrikle çalışan cihazların tükettikleri güçlerin analizinin yapılabilmesi için bu cihazların bağlı olduğu prizler akıllı hale getirilebilir. Prizlerin donanımında çekilen gücün hesaplanması için bir donanım yapısı oluşturulmalı ve hesaplanan güç bilgisinin de kablosuz olarak koordinatör birime gönderilmesi amacıyla ilave olarak bir donanım eklenmesi gerekecektir. Akıllı priz olarak adlandırabileceğimiz bu

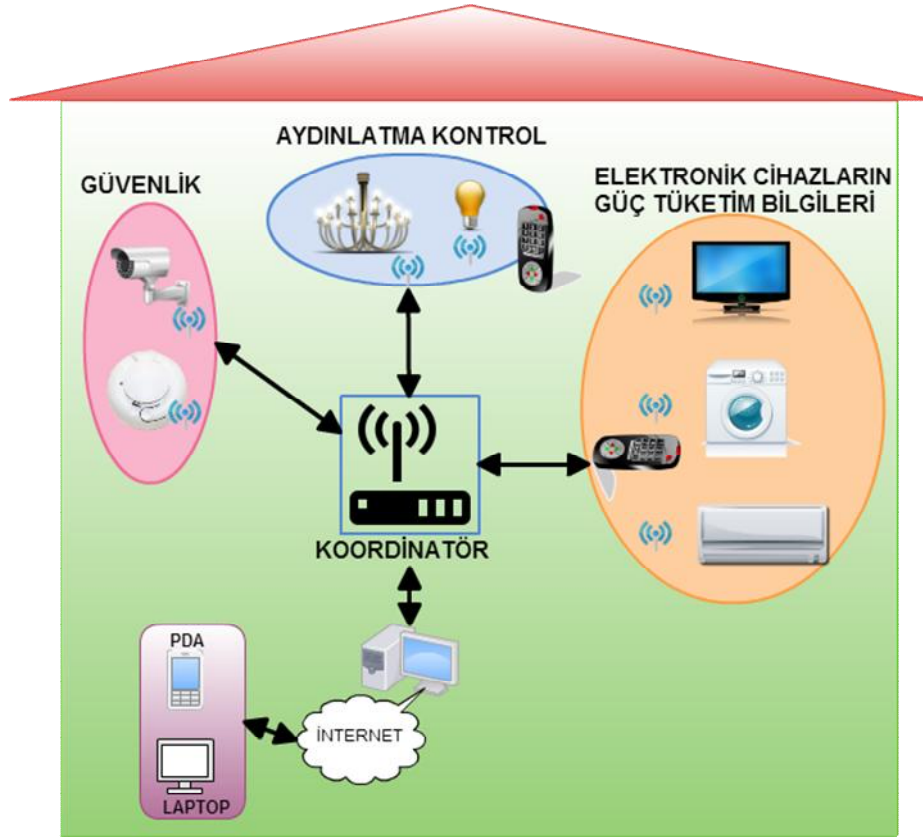
donanımlar sayesinde ev içinde cihazların tükettiği güç bilgilerinin günün hangi saatinde gerçekleştirildiği gibi istatistikler tutulabilir ve haftalık, aylık olarak da analiz bilgileri elde edilebilir.

Modelin bir diğer kısmı ise ev içerisindeki aydınlatma birimlerinin kontrol edilmesidir. Özellikle geliştirilebilecek bir kumanda sistemiyle anlık olarak ev içerisinde hangi odaların ışıklarının yanık olduğu görülebilir ve istenen odadan bu aydınlatma birimleri on-off olarak kontrol edilebilir. Hatta geliştirilebilecek dimmer kontrollü sistemler ile aydınlatma birimlerinin ışık şiddetleri artırılıp azaltılabilir.

CCTV, gaz detektörü, hareket detektörü, yangın detektörü gibi güvenlik amaçlı donanımlarda ev otomasyonunda yer alabilir. Bu detektörlerin verileri kablosuz olarak koordinatöre iletilerek buradan izleme ve kontroller gerçekleştirilebilir.

Tüm bu sistemlerin verileri koordinatör cihaz tarafından alınır. Koordinatör cihaz USB arabirim ile bir bilgisayara bağlanabilir. Bilgisayar içinde gerçekleştirilebilecek yazılım sayesinde başta güç tüketim verilerinin veri tabanında saklanması, grafiksel olarak istatistiklerinin yapılması, güvenlikle ilgili donanımlardan verilerin alınarak veri tabanına kaydedilmesi ve anlık uyarı sistemlerinin harekete geçirilmesi gerçekleştirilebilir. Ayrıca oda içerisindeki aydınlatma sistemlerinin anlık takibi, belirli bir saatte otomatik kapanmaları gibi özelliklerle zenginleştirilmiş bir yazılım tasarlanabilir.

Sistem ayrıca web üzerinden izlenme ve kontrol edilme özelliğine sahip olabilir. Geliştirilen yazılımın web tabanlı olarak yazılması uzaktan izleme özelliği sayesinde evde bulunulmadığı hallerde bile sistemlerin anlık hareketleri takip edilebilir ayrıca web yazılımı sayesinde cihazların kontrolleri sağlanabilir.



Şekil 4. Zigbee haberleşme tabanlı otomasyon sistemi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kablosuz sensör ağı teknolojilerinden zigbee tanıtılmış ve ev otomasyonu uygulamalarında uygulanabilirliği ifade edilmiştir. Akıllı ev projelerinin hızla geliştiği günümüzde tek bir haberleşme protokolü içeren izleme ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Zigbee'nin kurulum kolaylığı, maliyet, genişletilebilme ve düşük güç tüketimi gibi özelliklerle ön plana çıkması bu teknoloji üzerinde farklı uygulamalar geliştirilmesine neden olmaktadır. Ev otomasyonunda izlenmesi ya da kontrol edilmesi planlanan cihaz sayısının sınırlı olmaması, router'lar ile zayıflayan sinyallerin güçlendirilmesi gibi özellikler önemli artıları arasındadır.

KAYNAKLAR

[1] Bai, Y.W., Hung, C.H., 2008. Remote Power On/Off Control and Current Measurement for Home Electric Outlets

Based on A Low-Power Embedded Board and Zigbee Communication. IEEE International Symposium on Consumer Electronics, 14-16 April, Vilamoura, Portugal.

[2] Lim, S.P., Yeap, G.H., 2011. Centralised Smart Home Control System Via XBee Transceivers. IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering, 5-6 December, Penang, Malaysia, 327-330.

[3] Wang, J., 2010. Wireless Sensör Networks For Home Appliance Energy Management Based on Zigbee Technology. Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 11-14 July, Qingdao, 1041-1044.

[4] Tsang, K., Lee, W., Lam, K., Tung, H., 2007. An Integrated Zigbee Automation System: An Energy Saving Solution. 14th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in

Practice, 3-5 December, Xiamen, China, 252–258.

[5] Farahani, S., 2008. ZigBee Wireless Networks and Transceivers, Elsevier Ltd. 339p, Oxford.

[6] Wikipedia, 2012. Erişim Tarihi: 26.07.2012.

<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

[7] Ajgaonkar, P., 2010. Simulation Studies on ZigBee Communications for Home Automation and Networking. The University of Toledo, M.Sc. Thesis, 83p, Toledo, ABD.

[8] ControlEngineering, 2012. Erişim Tarihi: 27.07.2012.

<http://bbs.cechina.cn/showtopic.aspx?id=25736>

[9] Eaton Corporation, 2005. Erişim Tarihi: 10.12.2012.

<http://www.cs.berkeley.edu/.../day21.pdf>

[10] Rao, V.P., 2005. The Simulative Investigation of Zigbee/IEEE 802.15.4. Dresden University of Technology, Department of Electrical Engineering and Information Technology, M.Sc. Thesis, 103p, Dresden, Germany