

Duyarga Ağların Kurtarma Birimleri Tarafından Kullanımına İlişkin Bir Modelleme

Tuncay Ercan

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yaşar Üniversitesi, İzmir

e-posta: tuncay.ercan@yasar.edu.tr

Özetçe

Doğal felaketler veya tahmin edilemeyen sebepler nedeniyle kaybolan, enkaz altında kalan ve kurtarma ekipleri tarafından kurtarılmayı bekleyen insanlar için, her geçen süre hayatlarını kaybetme risklerini arttırmaktadır. Bu yüzden bütün kurtarma ekipleri mümkün olan en teknolojik imkanlarla kurtarılmayı bekleyen insanları bulabilmek için diğer yardımcı birimlerle ortaklaşa çalışırlar. Bu makalede teorik olarak birçok kişinin sahip olduğu cep telefonları içine monte edilecek uygun aktif veya pasif sensör (duyarga) cihazlarla, bu kişilere ait kimlik bilgilerinin kurtarma ekipleri teçhizatı içinde bulunan toplayıcı cihaza (PDA-Portable Digital Assistant) iletilmesine ilişkin bir model tasarlanmış, gerekli uygulama ve iletişim altyapısı hakkında bilgi verilmiştir. Cihazın geliştirilme çalışmaları halen devam etmektedir.

1. Giriş

Kurtarma ekipleri tarafından özellikle depremler sonrası yıkıntılar altında kalmış kişilere zamanında erişmek ve gerekli tıbbi müdahalede bulunmak büyük önem taşımaktadır. Kazazedeye zamanında tıbbi yardım verilememesi, enkazdan çıkarılma süresinin uzaması, hayatı tehdit eden kalıcı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Hali hazırdaki mevcut arama yöntemleri ses, eğitilmiş köpek ve geliştirilmiş farklı elektronik cihazları içermektedir.

1.1. Kurtarma Birimleri ve Teçhizatları

Kurtarma birimlerinin teçhizatı kendi kuruluş amaçlarına uygun olarak faaliyet gösterecekleri kurtarma operasyonlarındaki etkinliklerine bağlıdır. Aşağıda ayrıntılı olarak verilen kazazade arama ve diğer kurtarma faaliyetlerinde görevli birimlerin birbirleriyle olan iletişimlerinin hızlı bir biçimde kurulmasını sağlayacak elektronik malzemeler aşağıda belirtilmiştir. Bu malzemeler birimlerin büyüklüğüne göre eksik veya fazla olarak envanterlerde yer alabilir.

- Mobil Uydu Terminalleri,
- Farklı frekanslardaki almaç ve göndermeç cihazları, el telsizleri, cep telefonları,
- Portatif bilgisayar sistemleri ve el bilgisayarları,
- Gerekli antenler ve kablo grupları,
- Jeneratör, Akü grupları ve kesintisiz güç kaynakları,
- GPS ve diğer konumlama cihazları,
- Personel yer belirleme cihazları,

Kullanılacak veya geçici olarak afet bölgesinde tesis edilecek iletişim altyapısı mevcut arazi şartlarına uygun olmalı veya hasar görmüş olan mevcut altyapı ile kolaylıkla entegre edilebilmelidir.

1.2. Duyarga Ağların Kullanımı

Tamamen yıkılan binaların enkazı altında kalan kişilerin %80'i ilk dakikalarda hayatlarını kaybetmektedir [1,2]. Kurtarma çalışmaları hemen başlatılırsa kazazedelerin yaklaşık %20'si kurtarılabilmektedir. Bu yüzden geliştirilen sensor kontrollü birçok ürün kurtarma birimleri tarafından enkaz altında canlı arama maksatlı kullanılmaktadır. Her türlü göçme ve çökmelerde kullanılan, enkaz altına dağınık olarak yerleştirilen sensörler ile ses titreşimindeki değişimler algılanarak canlı varlığı tespit edilebilir. Aynı şekilde çeşitli seslere duyarlı sensörler ile anlamlı/anlamsız seslere ulaşılabilir veya kalan gücü ile tıkırtı yaparak yerini belirtmeye çalışan insanlara erişilebilir. Her iki uygulama için kullanılan örnek cihaz grupları Şekil 1'de gösterilmiştir [3].



Şekil 1: Delsar ve Entercom 2000 dinleme dedektörleri

Kablosuz duyurga (algılayıcı) ağlar geleneksel kablolu endüstriyel izleme ve kontrol sistemlerinden farklı olarak kendi kendine organizasyon, iyileştirme, esneklik ve akıllı işleme yetenekleri ile çok çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadırlar [4]. Kişilere yönelik uygulamalarda en çok dikkati çeken, sensör özellikli cep telefonlarındaki mobil algılama sistemleri ZigBee 802.15.4 düşük güç kısa mesafeli radyolar kullanılarak dizayn edilmiştir [5].

Çalışmanın ikinci bölümünde daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde modelimizde kullanacağımız ZigBee sensör cihazlara ilişkin teknik bilgiler verilmiş ve örgü ağların çalışma mimarisi açıklanmıştır. Dördüncü bölüm önerilen modelin kullanımı için gereken mimariyi tanımlamış ve gerçekleştirilecek uygulamaya ait algoritmayı bir akış şeması şeklinde açıklamıştır. Son bölüm modelden beklentileri ve kullanımına ilişkin değerlendirmeleri içermektedir.

2. Önceki Çalışmalar

Bu alanda daha önceki yıllarda yapılmış çalışmalar farklı bölgelerdeki kurtarma faaliyetleri, canlı aramaya yönelik sistemler ve içerdikleri sensör uç cihazlar, sensör cihazlardaki gelişmeler, ZigBee örgü ağlardaki topoloji ve iletişim gibi farklı uygulama alanları olmak üzere gruplara ayrılabilir. Bu bölümde önerilen model ile ilgili ve afet sonrası bina yıkıntıları altında kalan canlı insanları aramak için kullanılacak olan duyurga ağlar ile ZigBee sensörleri içeren farklı çalışma alanları incelenmiştir.

Kablosuz duyurga ağlar, gerçek zamanlı olaylara hızlı bir şekilde tepki verip kendi kendine organize olan, dinamik olarak yönlendirme hatalarını iyileştiren ve güvenilir endüstriyel sistemlerdir. Bu sistemlerin teknik zorlukları, tasarım ilkeleri, sistem mimarisi ve protokolleri ile uygulama geliştirme için kullanılacak olan donanım ve yazılım geliştirme detayları Güngör ve Hancke tarafından tartışılmıştır [4]. Patricelli ve diğerleri felaket bölgelerindeki telekomünikasyon zorluklarına ilişkin yenilikçi çözümler önermişlerdir [6]. Sunulan çözümlerle yerel, ulusal veya uluslararası büyüklükte bir afet yönetimi gerçekleştirilebilir. Bunların uygulanması kurtarma ekipleri, itfaiye, sağlık personeli ve sivil yetkililerin kendi aralarında göreve yönelik iletişim ihtiyaçlarını karşılar ve yeni nesil ağ omurgaları yoluyla farklı birimler arasında bilgi dağılımını sağlar.

Günlük yaşantımızda her yere büyük miktarlarda kullanılması gereken sensör uç noktalarını yaymak mümkün değildir. Bu durumda en pratik çözüm herkesin kullandığı cep telefonları, müzik çalar, PDA'ler ve dizüstü bilgisayarları gibi herkes tarafından kullanılabilir cihazlara mobil duyurgaların yerleştirilmesi olacaktır [2,7]. Cuff ve diğerleri ile Abdelzaher ve diğerleri aynı şekilde kentsel alanlarda çevresel algılamanın gittikçe daha önemli olduğunu vurgulamışlar ve kontrollü durumlar altındaki geleneksel statik sensör ağ altyapılarından farklı olarak cep telefonları gibi birbirlerine entegre olabilen algılama düğümlerinden oluşan bir duyurga ağ yapısını geliştirecek uygulamalar için gerekli görmüşlerdir [1,8]. Çevresel algılama ile ilgili olarak özellikle dağlık bölgelerde faaliyet gösteren kanun dışı grupların aynı habitat üzerinde yaşayan muhtelif hayvanlara

takılan sensörlerle izlenebilmesi de örnek olarak gösterilebilir [9].

ZigBee kablosuz sensörler ve entegre oldukları her türlü sayısal elektronik cihazlar kullanılacakları ortamlarda (örneğin evsel kullanım) izlenebilmek ve değerlendirilebilmek için belirli ağ geçitlerine ihtiyaç duyarlar. Bu maksatla Ha tarafından ZigBee örgü ağı içindeki sensör uç cihazlarla kullanıcı ağ geçitleri arasında dinamik entegrasyon için etkili bir mimari gerçekleştirilmiştir [10]. Buradan yola çıkarak şehir içinde veya dışında bir deprem sonrası yanan veya çöken binalarda enkaz altında kalmış insanların acilen kurtarılması için itfaiye, polis ve ambulans birimleri arasındaki işbirliğinde karşılıklı veri aktarımını mümkün kılan eğitim maksatlı bir simülasyon programı geliştirilmiştir [11].

[12]'deki çalışmada duyurga ağlarla ilgili sistemlerde ve özellikle bütün algılama ve veri toplama süreçlerinde insanların önemli bir bileşen olması sebebiyle insanlara ait konum bağımlı ve sosyal tabanlı bilgilerin toplanmasına ilişkin bir uygulama açıklanmıştır.

Miluzzo ve diğerleri yaptıkları çalışmada kişiden-kışıye mobil bir iletişimde 802.15.4 sensörler ile insan vücuduna ilişkin bilgiler iletilmişler, sensörlerin göğüs, ayak gibi farklı yerlerde bulunmasının iletişim sisteminin performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirleyerek bu özellikleri diğer kablosuz teknolojilerle karşılaştırmışlardır [5]. Sağlık sebepli olan incelemelerin yanında, mimari yapıların dayanıklılığına ve atmosferik olaylardan etkilenmelerinin belirlenmesine ilişkin başka çalışmalarda vardır [13].

Örgü duyurga ağlarda koordinatör olan veri toplama cihazı bir PDA veya cep telefonu olabilir. Bu cihazların kullanım amaçları insan vücuduna yerleştirilecek cihazlarla elde edilecek fizyolojik bilgileri gerçek zamanlı olarak tespit etmek ve izlemektir. Mamafih kablosuz ortamdan ve cihazların teknik özelliklerinden kaynaklanan olumsuz kısıtlar kişinin sağlığı gibi önemli bir konuda hataya yer vermez. Thepvilojanapong tarafından farklı kişisel ağların birbirlerini engellemeleri için özel bir radyo frekans kanalı tahsis planı uygulanmıştır [14].

Modelimizi önceki çalışmalardan ayıran en büyük özellikler algılayıcı olarak kullanılan sensör cihazların cep telefonu içine monte edilmesi, cep telefonu sinyal seviyesi ve batarya gücünün giriş bilgisi olarak kullanılması, işlenmesi ve hafızasında bulunan uygulamayı çalıştırarak ilgili cep telefonu kimlik verisini mevcut ZigBee örgü ağ topolojisi üzerinden kurtarma timindeki koordinatör PDA cihaza gönderilmesidir.

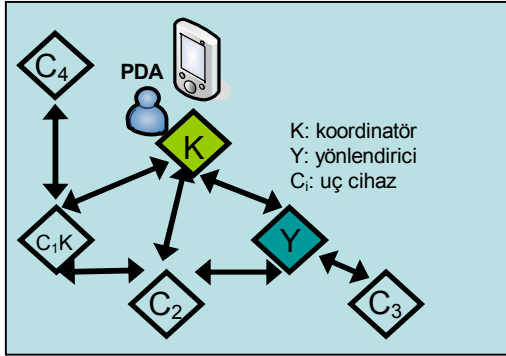
3. “ZigBee” Duyurga Ağlar

ZigBee özellikle uzaktan gözlem/kontrol için ve sensör ağ uygulamalarında kullanılan, IEEE 802.15.4 olarak tanımlanmış kablosuz ağ, güvenlik ve uygulama prensiplerini içermektedir.

ZigBee 2.4 GHz frekans bandında, düşük hızlı, nispeten uzun mesafeli bir örgü (mesh) ağ teknolojisidir. Aynı frekansı

kullanılan kablosuz ağların (WiFi) noktadan noktaya veya erişim noktaları ile yapılandırılmış çoklu bir ağ oluşturduğunu, “Bluetooth” un ise noktadan noktaya bir erişim sağladığını düşünürsek, ZigBee ile tekrarlayıcı, yönlendirici ve son kullanıcılardan oluşan karmaşık bir örgü ağı yeteneği kazanılmaktadır. ZigBee ile bir saniyede kanal başına 2,4 GHz frekans bandı için 250 kbit, 915 MHz için 40 kbit, 868 MHz için 20 kbit hızlar, 10-75 metre aralığında mümkündür. ZigBee ile doğru koşullar altında bir kilometreye kadar yaklaşık 250 Kbit hızında iletişim sağlanabilir. Bu yüzden diğer kablosuz teknolojilerle karşılaştırıldığında bu mesafe hem çok uzun olup, hem de çok düşük güce gereksinim göstermektedir.

ZigBee modülleri genellikle seri bağlı kontrol konsolu ve kullanıcı cihazları için kullanılan “AT” komutları¹ ile programlanır [15]. Böylece hertürlü Internet Protokol (IP) verisi ve basit metinler ZigBee bağlantısı üzerinden aktarılabilir. Böyle bir ağ koordinatör, yönlendirici ve uç cihazlar olmak üzere 3 farklı grupta ZigBee ögesini içermektedir. Bütün uç cihazlar uyku veya aktif/hareketli modunda olabilir. Şekil 2’deki gibi gerektiğinde otomatik olarak tesis edilmiş olan örgü ağlarda birden fazla yedekli iletişim yolları vardır. Bu yüzden tek bir düğüm (C1, C2 gibi) herhangi bir nedenle (bina enkazının çok derin/yüksek olması sinyali erişimi güçleştirir) sistemde pasif olarak kalırsa, ağ üzerindeki mesajlar dinamik olarak diğer alternatif düğümlere yönlendirilir. ZigBee ağı böylece kuvvetli bir hizmet kalitesi sağlar.



Şekil 2: ZigBee ağ bileşenleri

Sensör cihazlara ilişkin farklı aygıt yazılım (firmware) modüllerinden yararlanarak gerekli uygulamalar kodlanabilir. Bu akıllı sensör cihazların bir cihaz içine monte edilmesiyle farklı endüstriyel çözümler tasarlanabilmektedir.

4. Önerilen Model

Bu makalede, araştırmalarımız neticesinde kullanım amacı yeni olan ve/veya mevcut teknolojilere alternatif olabilecek bir modeli tanıtmaya çalıştık. *Kişisel acil durum ikaz modeli (KADİM)* bugün için yaygın olarak kullanılmakta olan cep

¹ Hayes komutu (ayrıca AT komutları) da denir. Hayes komut seti belirli bir komut dili olup “Hayes Smartmodem 300 baud” modem için 1977 yılında geliştirilmiştir.

telefonları ile bunlara kolaylıkla monte edilebilen “ZigBee” sensör cihazları içermektedir. Kolaylıkla tedarik edilebilen bu cihazların yanısıra, mikrokontrol birimleri için kullanılan program geliştirme modülü ile uygulama çeşitliliği ve iletişim ağı bağlantıları küçük bir maliyetle belirtilen amaca uygun olarak geliştirilebilir. Modeldeki cep telefonu yerine kullanılabilecek başka elektronik cihazlar ve bunlara ilişkin endüstriyel kullanımlar daha sonraki çalışmaların konusu olacaktır.

4.1. Mimari Yapı

Modelimizde enkaz altında kalmış kişilere ait cep telefonları devrelerine entegre edilmiş ZigBee sensör cihazlara ait kontrol ve algılama, uçtan-uca bağlı cihazların gerektiğinde birbirleri üzerinden yönlendirildikleri bir örgü ağ topolojisi içinde gerçekleşmektedir. ZigBee örgü topolojisi ortamda bulunan model cihazların çalışıp çalışmama durumlarına göre yıldızlı ve küme ağa gibi diğer ağ topolojilerini de destekler.

Böylece Şekil 4’deki gibi bir uygulama algoritması olan model cihaz tarafından üretilen kablosuz veri paketleri, koordinatör olarak adlandırılan ve kurtarıcı personel tarafından kullanılmakta olan PDA veya cep bilgisayarına doğru güvenilir bir şekilde iletilir (Şekil 3). Enkaz altındaki uç cihazlar arasındaki mesafeye bağlı olarak cep telefonları uç noktaları ile Kurtarma timi PDA cihazı arasındaki bağlantı kalitesi artar veya azalır.

ZigBee örgü ağlar içindeki uç cihazlar aktif hale geldikleri anda kendi kendilerini ağı otomatik olarak entegre ederler. Bunun için ayrı bir kontrol birimine gerek yoktur. Kendini iyileştirme denilen bir başka özellik ile de bu tip örgü ağlar problemlili uç noktalar yerine hemen yeni bir yönlendirme kararı vererek iletişimin kesintisiz devam etmesini sağlarlar.



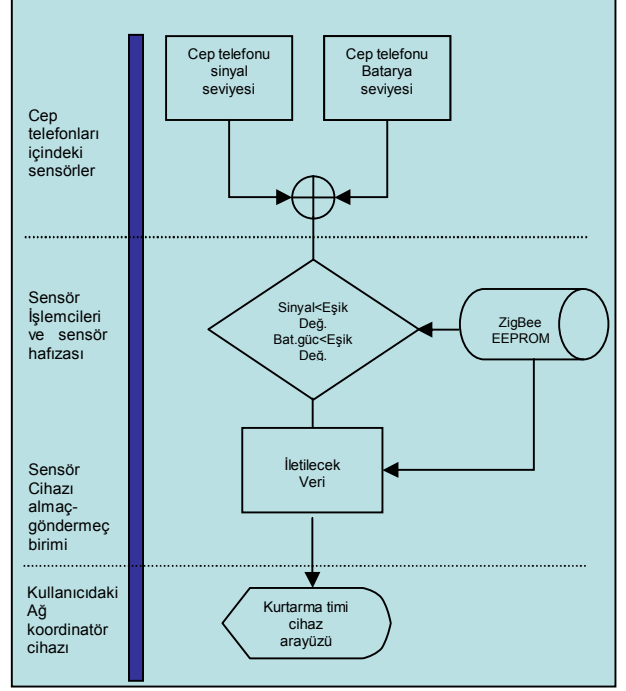
Şekil 3: Mimari model

Kendi kendine otomatik olarak oluşturulan bu örgü ağda sistemin uygun şekilde işlemesi, enkaz altında kalmış kişilere ait cep telefonlarının büyük çoğunluğunda bu modelin bulunmasına bağlıdır. Dolayısıyla her bir cihazın üzerinde bulundurduğu kişisel tanımlama verilerini kurtarma timlerinde bulunan koordinatör cihazlara gönderebilmesi için alternatif bir veya iki farklı yol bulma ihtimali oldukça yüksektir.

4.2. Uygulamanın İçeriği

Uygulamada kullanılacak olan EM250, 802.15.4/ZigBee birimi programlanabilen bir mikroişlemci, alımaç-göndermeç birimi, ağ bağlantı birimi ve hafızadan oluşmaktadır [16]. Sistemi oluştururken gelişmelere göre özellikle çalışma gücü en uygun, fiziksel büyüklüğü en küçük olan, fonksiyonları kolaylıkla cep telefonlarına entegre edilebilecek ürünler de seçilebilir.

Modelde kullanılacak olan sensör mikroişlemcisi giriş bilgisi olarak cep telefonu ekranında görülen GSM sinyal seviyesini ve halihazır batarya/şarj seviyesini kullanacaktır. Bu seviyeler daha önceden EEPROM'a AT komutları ile yazılmış olan eşik değerleri ile karşılaştırılacak ve bu değerler küçükse sensör alımaç-göndermeç olan RF cihazı aktif hale geçirecektir. Gerekirse civardaki diğer ZigBee sensör monteli cep telefonlarındaki uyku modunda bulunan uç cihazlara da aktivasyon mesajı gönderecektir. Böylece hedef bölgede mevcut cihazlar üzerinden bir örgü ağı tesis edilecek ve yine uç cihazların EEPROM'unda bulunan cep telefonu sahibine ilişkin kimlik ve adres bilgisi gibi veriler RF sinyali olarak ortama yayımlanacaktır. Çevrede bulunan kurtarma timleri üzerinde bulunan ve ZigBee örgü ağındaki koordinatör (baz istasyonu gibi) görevindeki PDA veya cep bilgisayarı (veya dizüstü bilgisayar) tarafından bu sinyaller alınarak uygun bir arayüzle izlenecektir (Şekil 3).



Şekil 4: Uygulama modeli

4.3. Değerlendirme/Tartışma

Önerilen model cihaz konfigürasyonu ve uygulama modeli olarak yeni bir alanı işaret etmektedir. Ancak çok farklı özelliklerdeki sensör cihazların ve cep telefonlarının bulunması standart konfigürasyon ve uygulama yazılımı gerçekleştirilmesini zorlaştırmaktadır.

Şekil 4'deki uygulama algoritması sunulan model ile uyumlu özellikleri olan her türlü elektronik cihaz tarafından da çalıştırılabilir. Hali hazır sensör ve entegre RF birimlerinin büyüklükleri (ZigBit 900 Module için) 18.8 x 13.5 x 2.8 mm'dir [17]. Cep telefonlarının gittikçe küçülen ölçüleri ve batarya ömürlerinin hala çok sınırlı olması sebebiyle pratik olarak sensörlerin bu küçük ölçüleri bile mobil telefonlar içine gömülmesini zorlaştırmaktadır. Ancak diğer farklı özellikleri olan akıllı (smart) diye bilinen veya PDA telefonlar bu uygulama için uygun bir aday olabilir. En iyi neticeyi verecek farklı sensör cihazları ve bağlantı frekanslarının denenmesi önemlidir.

5. Sonuçlar

ZigBee sensör ağlar otomatik yarattıkları örgü topolojisinden dolayı, özellikle çok fazla uç noktanın kullanılarak çevresel faktörlerin izlendiği durumlarda iyi bir performans gösterirler. Sağlık sektöründe hasta üzerinde taşınabilen uç noktalar için sinyal toplayan koordinatör cihazlar olarak izlemeyi mümkün kılan dizüstü bilgisayar veya PDA gibi mobil cihazların kullanılması geliştirilen/geliştirilecek olan birçok uygulama için uygun bir zemin oluşturmaktadır. Sensor ağların endüstriyel olarak kabul görmesinin temel unsurları olan güvenilirlik, farklı durumlara uyarlanabilirlik ve ölçülenebilirlik gibi özellikler modelde mevcuttur.

Hayatta kalabilme gibi oldukça önemli bir konuda cep telefonu sinyal veya batarya problemlerinden kaynaklanan acil bir durumda sensör cihazlardan oluşan örgü ağı kullanılmasıyla sistemin güvenilirliği sağlanmıştır.

Çalışmada belirtilen uygulamada en önemli noktalar cep telefonu içine yerleştirilen sensörlerdeki mikrokontrol ünitesinin çalışma şeklini belirleyecek olan baz istasyonu sinyallerinin veya telefonun güç seviyesi değerlerinin giriş bilgisi olarak alınması ve önceden planlanmış eşik değerlere göre flash memory içindeki bilgilerin kurtarma birimleri üzerinde bulunan toplayıcı cihaza iletilebilmesidir.

Uygulama sadece çevresel bilgilerin toplanması veya insan sağlığı ile ilgili olan vücut fonksiyonlarının uzaktan izlenebilmesi amacıyla değil aynı zamanda arama ve kurtarma faaliyetleri gibi çok uygun senaryolarda da rahatlıkla kullanılabilir. Bu model ayrıca sadece doğal felaketler veya başka sebeplerle yıkılan binalar altında kalan canlı arama faaliyetleri dışında, üzerinde cep telefonu bulunma ihtimali çok yüksek olan kaybolmuş dağcılar, çığ altında kalan insanlar için de başarılı bir model olabilir. Cep telefonlarından farklı olarak başka elektronik cihazlara da monte edilebilecek bu sistemlerle hırsızlık ve çalıntı mal satma gibi kanunsuz faaliyetlere karşı da önlem alınabilecektir.

6. Kaynakça

- [1] Cuff, D., Hansen, M., ve Kang, J., "Urban Sensing: Out of the Woods", *Communications of the ACM, Vol. 51, No. 3, 2008.*
- [2] Burke, J., ve diğerleri, "Participatory sensing", *In Proceedings of the World Sensor Web Workshop, ACM SENSYS*
- [3] İtfaiye Ekipmanları, http://www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye/ekipmanlarimiz/Documents/kurtarma_ekipman/canli_arama.pdf, 2009.
- [4] Gungor, V.C., ve Hancke, G.P., "Industrial Wireless Sensor Networks: Challenges, Design Principles, and Technical Approaches", *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 56, 4258-4265, Oct 2009.*
- [5] Miluzzo, E., ve diğerleri, "Radio characterization of 802.15.4 and its impact on the design of mobile sensor networks", *5th European Conference on Wireless Sensor Networks, Bologna, ITALY, 2008, 171-188.*
- [6] Patricelli, F., ve diğerleri, "Disaster management and mitigation: the telecommunications infrastructure", *Disasters, vol. 33, 23-37, Jan 2009.*
- [7] Campbell, A.T., Eisenman, S.B., Lane, N.D., Miluzzo, E., ve Peterson, R. "People-Centric Urban Sensing", *Proceedings of the 2nd ACM/IEEE Annual International Wireless Internet Conference, 2006.*
- [8] Abdelzaher, T., ve diğerleri, "Mobiscopes for human spaces", *IEEE Pervasive Computing Mobile and Ubiquitous Systems, 2007.*
- [9] Şahin, Y.G. ve Ercan, T., "Detection of hidden hostile/terrorist groups in harsh territories by using animals as mobile biological sensors", *Sensors, vol. 8, 4365-4383, Jul 2008.*
- [10] Ha, Y.G., "Dynamic Integration of Zigbee Devices into Residential Gateways for Ubiquitous Home Services", *6th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing, Brisbane, AUSTRALIA, 2009, 221-235.*
- [11] Certo, J., ve diğerleri, "FC Portugal: Search and Rescue in Urban Catastrophes", *2nd Conference of the Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, Porto, PORTUGAL, 2007, 193-204.*
- [12] Campbell, A.T., ve diğerleri, "The rise of people-centric sensing", *IEEE Internet Computing, 12(4):12-21, 2008.*
- [13] Arms, S.W., Newhard, A.T., Galbreath, J.H., ve Townsend, C.P., "Remotely Reprogrammable Wireless Sensor Networks for Structural Health Monitoring Applications", *ICCES International Conference on Computational and Experimental Engineering and Sciences, Medeira, Portugal, July 2004.*
- [14] Thepvilojanapong, N., ve diğerleri, "Resource Allocation for Coexisting ZigBee-Based Personal Area Networks", *7th International Conference on Networking (ICN 2008), Cancun, MEXICO, 2008, 36-45.*
- [15] AT-Command Dictionary, "TG-ETRX-R301-AT-Commands, ETRX2 ZigBee Modules", http://en.wikipedia.org/wiki/Hayes_command_set
- [16] E250, http://www.ember.com/products_zigbee_chips_e250.html
- [17] Meshnetics, "ZigBit 900 Module Hardware Platform", <http://www.meshnetics.com/zigbee-modules/zigbit900/>