Türkiye'de Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Yapılan Teknolojik Uygulamalar Üzerine Bir İnceleme

Gül Fatma Türker, İlhan Tarımer
Muğla Üniversitesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Muğla
gft_48@hotmail.com, itarimer@mu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, Türkiye'de Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile yapılan uygulamalar üzerine bir inceleme yapılmaktadır. Kablosuz Algılayıcı Ağların kullanım ve gelişimine iki farklı yönde katkı sağlanmaktadır. Algılama işlevi öncelikli olduğundan, Algılayıcı Düğümlere uyumlu çeşitli algılayıcı tasarım denemeleri sürdürülmektedir. Diğer yönden protokol çalışmalarının önemi, algılama sonrası haberleşme yeteneği bulunan düğümler üzerine iletişimin en iyi sağlanması için devam ettirilmektedir. Böylece uluslararası standartlara uygun olarak tasarlanmış Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA) uygulamalarının ülkemizde bulunduğu aşama gösterilmek istenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) , Protokoller, Uygulamalar

Abstract: In this paper, research is examined about applications on Wireless Sensor Networks in Turkey. The contribution is provided in different two ways usage and devlopment of the Wireless Sensor Network. Because of the sense process is priority, various sensation planning experiences which are suitable for sense nodes have been carried on. In other way, the importance of the protocol studies are continued, on nodes which are abilities on communication after sense, to provide the communication best. In this way, the gradution of the Wireless Sensor Network of our countries which is designed according to the international standarts are wanted to indicate.

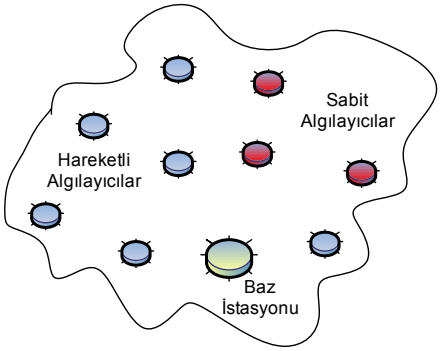
Keywords: Wirelss Sensor Networks (WSN), Protocolls, Applications

1. Giriş

Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA) uygulamaları mikro elektromekanik sistemlerdeki gelişmeler ve kablosuz haberleşme sistemlerindeki ilerlemelerle birlikte 1990'lu yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır [1]. Algılayıcı ağları, nem, sıcaklık, basınç, ses, ışık ve hareketlilik gibi durumsal değişiklikleri takip edebilecek yapıdaki termik, sismik, manyetik ve görsel bir çok farklı tipte algılayıcı içerebilir. Bu ağların uygulama alanları askeri, çevre, sağlık, ev ve diğer ticari alanlar olmak üzere sınıflandırılabilir. Askeri alanda, özellikle savaş alanlarında mevcut donanım bilgisine ulaşmak, düşman askerinin hareketlerini izlemek ve savaş hasarı ile ilgili bilgi toplamak için, çevresel uygulamalarda hayvanların hareketlerini izlemek, kimyasal ve biyolojik tespitlerde bulunmak, orman yangınlarını ve sel felaketlerini tespit etmek için, sağlık uygulamalarında ise hasta takibi için kullanılabilir [2].

Bu tür ağlar temel olarak algılayıcılar (sensor düğüm) ve bu algılayıcılardan gelen verileri toparlayan düğüm istasyonlarından oluşmaktadır. Algılayıcılar pil ile çalışan ve kısıtlı ömre sahip olan kablosuz iletişim cihazlarıdır [1, 3]. Algılayıcı düğümler herhangi bir kablo olmaksızın, izleyecekleri ortama rasgele saçılmış halde bulunurlar. Ağ içerisinde hareketli ve sabit pozisyonlu algılayıcılar olabilmektedir. Ayrıca bu elemanlar işbirliği içerisinde çalışmaktadırlar. Dolayısıyla ağ elemanları kendi aralarında sürekli iletişim halinde olmaktadırlar [1, 3].

Şekil 2.1'de Kablosuz Algılayıcı Ağ düzeneği verilmiştir.



Şekil 2.1 Kablosuz algılayıcı ağ düzeneği

İzlemenin yapıldığı ortamda veri genelde 3 seviyede işlenebilir [4].

- İzlenilecek ortamdaki olaylar, algılayıcı düğümler tarafından algılanır. Her bir algılayıcı düğüm elde ettiği veriyi ayrı ayrı işlemektedir.
- İkinci seviyede her düğüm algılayıp, işledikleri veriyi komşularına yollamaktadır.
- Algılayıcı ağ haberleşmesinde ki en üst katman, işlenmiş verinin baz (base) olarak adlandırılan merkeze gönderilmesidir.

Algılayıcı ağ düğümlerinin öncelikli amacı, hesaplama, analiz ya da haberleşme değildir, algılamadır (sense). Dönüştürücüler (transduser) algılayıcı düğümlerde ön uçta kullanılıp, enerjiyi bir formdan diğerine çevirme işini yaparlar. En basit haliyle bir düğüm sadece dönüştürücü içerir, fakat düğümlere algılama-haberleşme görevi yüklendiğinden işleme, hesaplama ve verici-alıcı üniteleri de eklenir [5].

Bugüne kadar Kablosuz Algılayıcı Ağ üzerine yapılan çalışmaların amacı sistemin yeteneklerini etkin bir biçimde kullanmaktır. Bu çalışmada Türkiye'de Kablosuz Algılayıcı Ağlar üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. İkinci bölümde detaylı bir literatür taraması yapılarak, KAA teknolojisinde gelinen son durum bilgisi aktarılmıştır. Son bölümde ise sonuç ve öneriler verilmiştir.

2. Kablosuz Algılayıcı Ağlar Üzerine Yapılan Uygulamalar

Gelişmiş teknolojiyle birleşerek ileri uygulamaların bir parçası olan Kablosuz Algılayıcı Ağların Türkiye'deki kullanım alanları gittikçe artmaktadır. Kablosuz Algılayıcı Ağ uygulama geliştirme çalışmaları akademik birimlerce hızlı bir şekilde sürdürülmektedir. Enerji tasarrufu, trafik yönlendirme, veri gizliliği, izleme, konumlandırma üzerine oluşturulan protokoller ile birlikte aktif gözlem uygulamaları üzerine çalışmalar geliştirilmiştir.

2.1 Durum incelemesi

Konumlandırma: KAA'da algılayıcıların konumlandırılması ve sonrasında yer tespiti veri analizi açısından önemlidir. Konumlar bir takım algoritmalar kullanarak tahmin edilmektedir, literatürde göreli algılayıcı konumlarını dikkate almayan yaklaşımlardaki problemleri ortadan kaldırabilecek metrikler tarifleri incelenerek farklı metrik çalışmaları simülasyon yardımıyla uygulanmaktadır [6]. Kablosuz algılayıcı ağlarındaki teorik çalışmalar pasif, yönsüz algılayıcıları belirtmektedir. Her algılayıcı düğümü belirli bir kapsama alanına sahiptir. Bu kapsama alanındaki gözlemlerini güvenilir ve doğru bir şekilde raporlayabilir. Ayrıca kapsama alanını arttırmaya ve algılayıcıların dizilimini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır [7].

Yönlendirme ve Enerji Verimliliği: Pek çok uygulamada gerçek zamanlı iletişime gerek duyulduğundan Kablosuz Algılayıcı Ağlarda paketlerin varmaları gereken noktalara zamanında ulaştırılması gerekmektedir. Değişik öncelikli paketler olabilir bunları ayırt etmek hedefe zamanında ulaşmaları açısından büyük önem taşır. Bu açıdan önerilen yönlendirme protokolleri arasında radyonun iletim gücünü ayarlayarak acil paketleri zamanında yerlerine ulaştırmak ve mümkün olduğunca iletim gücünü azaltarak enerji tüketimini azaltan uygulamalar bulunmaktadır [8]. Hareketli kablosuz algılayıcı ağı hiyerarşik olarak düzenlemenin

enerji verimliliğine etkisi performans ölçüleri ve ağ parametreleri tanımlanıp MATLAB ortamında incelenmiştir [9]. KAA'da enerji tüketiminin önüne geçebilmek için alternatif çözümler üretilmektedir; Algılayıcı Düğümleri aralıklı olarak uyku moduna sokmak ağ ömrünü büyük oranda arttıracaktır. Bu doğrultuda fiziksel yer bilgisi gerektirmeyen dağınık ayarlanır uyku düzenleme algoritması ve enerji etkin gecikme duyarlı protokol çalışması gerçekleştirilmiştir [10, 11].

Ağ içerisindeki trafiğin dengeli bir şekilde yönlendirilmesi algılayıcıların enerjilerinin uzun süre kullanılabilmesi için önemlidir. Bu optimizasyon problemi için doğrusal programlama (birçok uygun seçenek içinden hedef için en uygun olanın belirlenmesi) algoritmaları geliştirilmiştir [13, 14]. Yönlendirme tablosu tutulan algoritmalarda görülen iletişim yükünü azaltan, algoritmalar geliştirilmiştir. Her düğüm kendi ağırlığını hesaplayarak işlem yapmaktadır [15]. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda güç bilinçli çoktan çoğa veri merkezli yol atama protokolünde algılayıcılar tarafından sezilen veriler görev kayıt mesajı yayınlar, ağ içinde yayılan mesajı taşıyan algılayıcı düğümler görev için çoklu ağaç inşa ederler. Hissedilen veri paketini alan düğüm ilgili görev için kayıt mesajı gönderen komşu düğümlerine bu paketi gönderir [16]. Ayrıca tıkanıklık oluşmadan önce yük dağılımını yeniden düzenleyen sezgisel yönlendirme protokolü gerçekleştirilmiştir [17].

Kablosuz Algılayıcı Ağlarda bellek ve işlemcide sınırlamalar olsa da onları geleneksel ağlardan ayıran en önemli kısıt pil problemidir. Algılayıcı düğümler zor çevresel koşulların olabileceği alanlara dağıldığından biten pilleri yenileriyle değiştirmek pratik olmamaktadır. Bu yüzden algılayıcı düğümün enerjisinin hem düğüm hem de ağ seviyesinde dikkatlice kullanılması gerekmektedir. Literatürde servis kalitesinden ödün vermeden ağ ömrünü geliştirmek için veri toplaşımı, etkin yönlendirme düzenleri ve ortama erişim protokolleri gibi birçok yaklaşım önerilmiştir. Algoritma kümelerinden biri kontrol edilebilir çıkış düğümü önerisidir, ayrıca ağ ömrü uzatma çözümünün farklı bir bileşeni olarak yük dengeli topoloji yapılandırması konusunda da algoritma uygulaması gerçekleştirilmiştir [18].

Veri Bütünlüğü ve Veri Kaybı: KAA'lar dağıtık seri algılama algoritmaları girişimlere maruz kalınabildiğinden kayıpsız haberleşme açısından önemlidir. Veri tümleştirme merkezine kadar verinin dağıtık algılama aşamasında Düşük güç iletimin-sönümleme ve gürültü etkileri dikkate alınarak algoritmalar oluşturulmaktadır [19]. Hedef takibi durumunda veri kaybını en aza indirme amaçlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir [20]. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda veri toplama ile ilgili konularda yapılan çalışmalar: Yönlendirilmiş bir antene sahip merkezi bir düğümün görev yaptığı bir tasarımda elemanların hakkında gerekli temel teknik altyapı sunulmaktadır. Görev alan algılayıcı algılamaya ve rapor üretmeye başlar, böylece belirli bir bölgedeki algılayıcılar arzu edildiği zaman aktif ve pasif edilebilir. Görev dağılımı enerji tüketimini azaltır ve algılayıcı yerleri önemli ölçüde tahmin edilebilir [21]. Artık veri aktarımını önlemek için KAA da kümeleme sistemi gereklidir. Geleneksel kümeleme yöntemlerinde veri gizliliğine de katkı sağlayan, güvenli ve kümeleme protokolü geliştirilmiştir[22]. Buna katkı sağlayabilecek ölçeklenebilir güvenli gurup haberleşmesi uygulaması gerçekleştirilmiştir [23]. Video iletimi için paket gecikmesi aktarım hızı. Bant genişliği gibi önem taşıyan parametreler dikkate alınarak verimli protokol uygulaması gerçekleştirilmiş [24]. Kablolu ağ sistemlerinde geliştirilmiş olan katmanların kablosuz ağ yapılarındaki yetersizlikleri gidermek, iletişim ortamını kararlı kılmak için Karma Katman Tasarımı yaklaşımı önerilmiştir [25].

Veri Güvenliği: KAA da iletim aşamasında ideal olmayan telsiz kanallarından iletmeleri problem oluşturmaktadır. Bu durumda karmaşıklığı azaltmak için tümleştirme kuralları belirlenmekte, ayrıca çoklu anten uygulamasıyla algılama sonrası iletimde doğruluğu arttırma

çalışmaları yapılmaktadır [26]. Güvenlik açıklarından biri olan ortam erişim protokolüne yapılan hizmet engelleme saldırılarına karşı yetersiz kalan sisteme saldırgan türüne göre uygun çözüm sağlayan protokol tasarımı gerçekleştirilmiştir [27]. Kablosuz Algılayıcı Ağlara dışarıdan ulaşıldığında veriler ele geçirilebilir ya da imha edilebilir, algılayıcı ağa düşman düğümler dahil edilebilir. Sürekli sahte mesaj üretebilen algılayıcılar yakın algılayıcıların enerjisinin tükenmesine neden olabilir. Bu tür saldırılara karşı çözümler üretilmekte ve simülasyon çalışmalarıyla değerlendirilmektedir. Düşman algılayıcıların hareketli olduğu düşünülerek o bölgenin karantinaya alınması ve yakın algılayıcıların belli bir süre sadece kimlik doğrulama mesajları iletmeleri sağlanır [28].

KAA da çalışmaların başarılarının ölçümünde benzetim, analiz gibi yöntemler kullanılmasına rağmen en gerçeğe yakın ölçüm için sınama ortamları geliştirilmiştir. Sorgu tabanında alma, aktarma, uyuma gibi durumlar sınanmaktadır [29]. KAA'da güvenlik ve servis kalitesi: Servis kalitesi uygulama seviyesinde olup çözünürlük, kapsama alanı, sistem ömrü ve çarpışmaya bağlı paket kaybı olmak üzere 4 başlıktan oluşur. Ele alınan güvenlik konuları ise mesaj bütünlüğü ve kimlik doğrulamasıdır. Bu çalışmada, istenen servis kalitesini ve güvenliği uygulama süresi boyunca tutmak için önerilen sistem daha basit ve daha başarılıdır [30]. Ağlar için önerilen açık anahtarlı şifreleme yöntemi düğümlerin kısıtlı kaynakları sebebiyle uygun değildir. Anahtarların ve güvenlik bilgilerinin düğümlere konumlanmadan önceden yüklenmiş olması gerekir. Ön yükleme dağıtım mekanizmaları üzerine ölçeklenebilir çalışmalar gerçekleştirilmiştir [31].

Veri Görüntüleme ve Ağ İzleme: Uygulamaların görüntülenmesi, hafıza yetersizliklerinin aşılması üzerine ideal izleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir [32]. KAA'da gözetim kalitesinin düğüm sayılarıyla ilişkisini inceleyen çalışmalar yer almaktadır [33]. Sistemin uzaktan takibi oldukça önemlidir. İnternet tabanlı izleme sistemleri geliştirilmiştir [34]. Çok geniş bant kablosuz radar algılayıcı düğümlerinin işbirlikçi çabalarıyla hareketli hedeflerin izlenmesi için algoritma geliştirilmiştir [35].

Uygulama: Uygulamalarda gemilerde acil durum tespit ve kurtarma üzerine çalışma gerçekleştirilmiş [36]. Biyolojik sinyallerin izlenmesi hayati önem taşımaktadır, ülkemizde Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile kalp sinyallerinin aktarımı gerçekleştirilmiştir [37]. Arıca biyomedikal uygulama alanında micaZ tabanlı pulse oximeter veri iletimi gerçekleştirilmiştir [38]. Sualtı Kablosuz Algılayıcı Ağlar için yeni bir mimari önerisi; Algılayıcıların dağıtılmasından sonra, şamandıra içerisinde bulunan Algılayıcılar şamandıra ve kendi arasında iletişim hattı olarak kullanılan bir kablo vasıtasıyla algılayıcılar derinliklerini ayarlayabilirler. Algılayıcılar su altında olmasına rağmen şamandıralarda bulunan antenler yoluyla su üstündeki telsiz ortamı kullanılarak birbiriyle işbirliği halinde çalışırlar. Bu sistem üzerine geliştirilen yerleştirme algoritmaları: yer bilgisine sahip algılayıcılar üzerine ve yer bilgisinden yoksun algılayıcılardan oluşan sistemler için geliştirilmiştir. Algılayıcıların 3 boyutlu kapsamını azami arttıracak şekilde komşu algılayıcıların yerlerine göre algılayıcıların derinliğini hesaplar [39]. Güç verimli afet sezimi şeması tasarlanmış [40].

4. Sonuç ve Öneriler

Kablosuz Algılayıcı Ağ tasarımında amaç, algılayıcı düğümleri olabildiğince ucuza mal etmek ve sahip oldukları güç kaynaklarını efektif olarak kullanmalarını sağlamaktır. Ağ içerisindeki düğümlerin bir kısmı zaman içerisinde devre dışı kalabilir. Bu sebeple kullanılan ağ protokolleri düğüm sayısının azaldığı durumlarda olası hataları tolere edebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Yönlendirme protokolleri de eldeki band genişliğinin etkin olarak kullanılmasını sağlamalıdır. Bu özellikleri dikkate alarak hızlı bir ilerleme içerisinde olan Kablosuz Algılayıcı Ağ yapısının ülkemizdeki durumu incelenmiştir.

Yapılan araştırmada çeşitli yönlendirme protokolleri üzerine çalışmaların aktif olarak sürdürüldüğü izlenmiştir. Uygulamaların güvenlik, servis kalitesi, enerji tasarrufu, trafik yönlendirme üzerinde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Algılayıcı düğümlerin programlanmasıyla çevre izleme, medikal alanda sinyal işleme özelliklerinin uygulamaya aktarıldığı gözlenmiştir. Buna rağmen Türkiye'de uygulama çalışmalarının günlük hayatta kullanım eksikliği göze çarpmaktadır. Sağlık izleme hizmetlerinin geliştirilebilir bir alan olduğu açıktır. Geliştirilen protokoller doğrultusunda daha verimli çevre izleme uygulamalarının yapılabileceği gösterilmiştir. Yapılan araştırmanın Türkiye'de kablosuz Algılayıcı Ağlar üzerine yapılacak çalışmalara fikir oluşturabileceği düşünülmüştür.

5. Kaynaklar

[1] Akyıldız, I. F., Su. W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., "Wireless Sensor Networks" A Survey Elsevier Computer Networks, 2002

[2] Alaybeyoğlu, A., Kantarcı, A., Erciyes, K., "Telsiz Duyarga Ağlarında Hedef İzleme Senaryoları", Akademik Bilişim 2009 konferansı, Bildiri No: 69, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 11 - 13 Şubat 2009.

[3] Pathan, A. S. K., Hyung-Woo, L., Choong, S. H.,"Security in Wireless Sensor Networks: issues and challenges", The 8th International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT, Cilt 2, 20-22, 2006

[4]internet:http:www.cs.itu.edu.tr/õrencik/DuyargaAglarındaGuvenlik.doc

[5] Freng, J., Koushanfar, F., Potkonjak, M., "Handbook of Sensor Networks Compact Wireless and Wired Sensing Systems-Sensor Network Architecture"

[6] Aksu, H., " Tasarsız ve Algılayıcı Ağlarda Yer Belirleme Algoritmalarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Metrikler Üzerine Bir Araştırma ",Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008

[7] Kalaycı, T.E., "Kablosuz Algılayıcı Ağlar ve Uygulamaları", Akademik Bilişim 2010, Muğla, 2010

[8] Çelikkaya, E. B., " Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Paket Önceliğine Göre Zamanlama ve Güç Yönetimi Destekli Gerçek Zamanlı Yönlendirme ", Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, 2008

[9] Aslan, A.İ., " Hiyerarşinin Hareketli Kablosuz Algılayıcı Ağların Kapsama Alanı Üzerindeki Etkisi ",Işık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006

[10] Yardibi, T., " Kablosuz Duyucu Ağlarında Enerji Korunması için Kısmi Kapsamalı Enerji Düzenlemesi ", Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006

[11] Bandırmalı, N., Ertürk, İ., Çeken, C., Bayılmış, C., " Skipjack Şifreleme Algoritması Kullanarak Gecikme ve Enerji Etkin Kablosuz Algılayıcı Ağ Güvenlik Hizmeti ",ELECO 2008 Sempozyumu, Bursa, Türkiye, 26-30 Kasım 2008

[13] Ceylan, O., " Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Yaşam Süresi En İyilemesi İçin Veri İşleme ve İletişim Yöntemleri ", TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008

[14] Erginöz, N., " Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Sıcak Nokta Probleminin Çözümü İçin Yöntemler ", TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008

[15] Soytürk, M., Altılar, T., " Telsiz Tasarsız ve Duyarga Ağlar İçin Kaynak-Başlatmalı Coğrafi Veri Akış Yöntemi ", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2008

[16] Döğüşçü, T., " Telsiz Duyarga ve Aktivatör Ağlarında Güç Bilinçli Çoktan Çoğa Veri Merkezli Yol Atama " , Işık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2004

[17] Şimşek, M., Akcayol A., " Kablosuz Ağlarda Sezgisel Bir Yönlendirme Protokolü Ve Tıkanıklık Denetimi ", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No 1, 57-63, 2008

[18] Koç, M., " Telsiz Algılayıcı Ağlarda Ağ Ömrünü Geliştirmek İçin Çıkış Düğümü Yer Değişimi Konusunda Algoritmalar ", Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ağustos, 2008

[19] İmamoğlu, M., " Telsiz Duyarga Ağlarda Dağıtık Seri Sezilmeme Stratejileri ", Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2008

[20] Alabeyoğlu, A., " Telsiz Duyarga Ağlarında Hedef Takibi ", Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi,2009

[21] Erdoğan A., " Telsiz Sensor Ağlarında Veri Toplama İle İlgili Konular ve Yeni Sektörel Tarayıcı Konsepti Tasarımı ", Işık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, İstanbul, 2003

[22] Özdemir, S., " Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Homomofrik Şifreleme İle Güvenli Veri Kümeleme ", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 23, No 2, 365-373, 2008

[23] Sağlam, Ö. , "Kablosuz Duyarga Ağlarında Ölçeklenebilir Güvenli Grup Haberleşmesi", Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 2009

[24] Ayran, O., " Telsiz Sensor Ağlarda Gerçek Zamanlı ve Güvenilir Video İletimi ", Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2007

[25] Kantarcı, A., " Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Karma Katman Tasarımları Üzerine Bir İnceleme ", Akademik Bilişim 2007, Kütahya, 2007

[26] Eritmen, K., " Paralel ve Hiyerarşik Telsiz Duyarga Ağları İçin Dağıtık Sezilmeme Algoritmaları ", Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008

[27] Çakıroğlu, M., Özcerit, T., " Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Hizmet Engelleme Saldırılarına Dayanıklı Ortam Erişim Protokolü Tasarımı ", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 22, No 4, 697-707, 2007

[28] Sancak, S., " Telsiz Sensor Ağlarında Güvenlik ", Işık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,İstanbul, 2003

[29] Demirkol, İ., Başol, K.,Orhan, Ö.B., Sevinç, S., " Sorgu Tabanlı Telsiz Algılayıcı Ağları Sınama Ortamı Çalışmaları " , Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2008

[30] Tomur, E.," Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Güvenlik ve Servis Kalitesi ", Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüüsü, Doktora Tezi, 2008

[31] Ünlü, A., " Duyarga Ağları İçin İki Seviyeli, Konum Bilgisi Kullanan ve Yüksek Dayanaklılığa Sahip Ön Yüklemeli Anahtar Dağıtım Mekanizması ", Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006

[32] Okçuoğlu, Z., Ertürk, İ., Karahan, A., " Kablosuz Algılayıcı Ağ Uygulaması: İdeal İzleme A Wireless Sensor Network Application: İdeal Monitoring ", Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü,

[33] Ertan, O., " Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Gözetim Kalitesi Ölçüleri " , Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 2007

[34] Bayılmış, C., Çakıroğlu, M., Öztürk, Ş.S., Çankaya, İ., " Matlab WEB Sunucusu Kullanılarak Kablosuz Algılayıcı Ağlar İçin İnternet Tabanlı İzleme Sistemi Tasarımı ", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 25, No 2, 371-379, 2010

[35] Arık, M., " Çok Geniş Bant Kablosuz Radar Sensor Ağlarında Hareketli Hedeflerin İşbirlikçi Görüntülemesi ", Kasım 2008

[36] Bekçibaşı, U., " Kablosuz Algılayıcı Ağ Kullanarak Gemiler İçin Geliştirilen Bir Acil Durum Tespit ve Kurtarma Sistemi ", Akademik Bilişim 2010, Muğla, 2010

[37] Türker, G.F., " Kalp Atışının Sezilmesi ve Alınan Sinyalin Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile İletimi ", Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2010

[38] Çetin, H.E., " Kablosuz Algılayıcı Ağların MicaZ Tabanlı Biyomedikal Uygulaması ", Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009

[39] Tezcan, H., "Sualtı Kablosuz Algılayıcı Ağlar İçin Dağıtık Üç Boyutlu Uzay kapsama Yapıları", Yeditepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2004

[40] Eryiğit, S., " Kablosuz Algılayıcı ve Erişim Düzeneği Ağlarını Kullanan Güç Verimli Bir Afet Sezimi Şeması ", Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2008