

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA¹ Erdem UÇAR² Hasan H. BALIK³

¹İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği

²Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği, Edirne

³İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği

oguzata@gmail.com, erdemucar@trakya.edu.tr, hasanbalik@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada üzerinde birçok araştırmacının inceleme ve geliştirme yaptığı kablosuz algılayıcılar hakkında güncel bilgi derlemek amaçlanmıştır. Çalışma 2 bölümden oluşmaktadır. Birinci kısımda kablosuz ağların yapısı ve kullanılan teknolojiler detaylandırılmıştır. İkinci kısımda ise bu algılayıcılarda kullanılan ortam erişim ve yönlendirme protokolleri ayrıntıları ile açıklanmıştır.

GİRİŞ

Teknolojideki gelişmeler ile hem bilgisayarların boyutu küçülmüş hem de aradaki veri iletim hızı artmıştır. Bilgisayar ve bilgisayar ağları eğitimden ticarete sosyal hayatın vazgeçilmezi olmuş ve toplumu sanayi toplumundan bilgi toplumuna dönüştürmüştür.

Teknolojideki bu hızlı değişimler neticesinde boyutları çok küçük, bilgi işleme ve işlediği bilgiyi iletebilme yeteneklerine sahip cihazların üretilmesi ile bu cihazları kullanarak fiziksel olayları gözleme imkanı sunacak bir yapı oluşturma fikri ortaya atılmıştır. Algılayıcılar olarak da adlandırılan bu cihazlar günümüz bilgisayar dünyasının en hızlı gelişen ve üzerinde en çok araştırma yapılan konulardan biri halini almıştır.

Algılayıcılar günümüzde, askeri, sağlık, domestik ve endüstriyel uygulamalardan çevresel bilgilerin izlenmesine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Algılayıcılar üzerlerindeki donanımlar yardımı ile istenilen bilgi algılanabilmekte, işlemcileri sayesinde işleyebilmekte ve alıcı/verici üniteleri ile de önceden belirlenen merkezlere bilgiyi gönderebilmektedir.

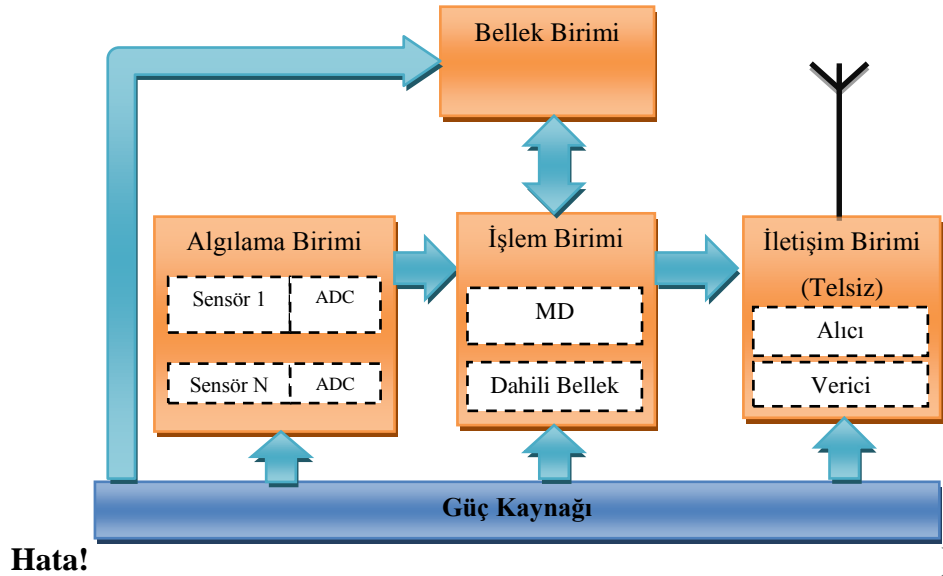
KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

Bu çalışmada kablosuz algılayıcı ağlar konusunda araştırma yapanlara algılayıcı teknolojileri ile algılayıcılarda kullanılan protokoller konusunda güncel bilgi vermek amaçlanmaktadır.

Kablosuz Algılayıcı Teknolojileri

Şekil 2.1'de bir kablosuz algılayıcının tipik mimarisi gösterilmiştir. Mimaride beş ana bileşen bulunmaktadır. Bunlar güç kaynağı, hafıza birimi, algılama birimi, işlem birimi ve iletişim birimidir. Algılama birimi birden fazla algılayıcı ve analog sayısal dönüştürücüden (Analog Digital Converter- ADC) oluşabilir. Algılayıcılar ivme, ısı, basınç, nem gibi bilgileri ölçen donanımsal birimlerdir. Algılayıcılar tarafından ölçülen analog bilgiler ADC birimi ile sayısal bilgilere dönüştürülüp işlem birimine iletilir. İşlem birimi bir mikro denetleyici ve dahili bir hafızadan meydana gelmektedir. İşlem birimi, düğümün nasıl davranacağını yöneten, işlemleri yerine getiren ve diğer bileşenleri kontrol eden birimdir. İletişim birimi ise kablosuz algılayıcıların kendi aralarında yada merkez düğüm ile haberleşmesini sağlar. Kablosuz iletim ortamı radyo frekansı, optik veya kızılötesi olabilmektedir [HYPERLINK \l "Fen09" 1]. Bu bölümde her bir birim ayrı ayrı irdelenmiştir.



Şekil 2.1 : Kablosuz Algılayıcı Mimarisi

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

1.1 İşlem Birimi

İşlem birimi kablosuz algılayıcının yapacağı işi, diğer dahili birimlerle haberleşerek algılayıcı bilgileri almak, gereken bilgileri hafızada saklamak, diğer düğümlerle haberleşmek, ilgili haberleşme protokollerini yerine getirmek gibi işlemleri yerine getirir.

İşlem birimi olarak yüksek performanslı işlemciler, sayısal işaret işleyiciler (DSP), gibi birimler kullanılabilir. Beraber kablosuz ağlardan genel olarak beklenen düşük enerji tüketimi ve diğer cihaz ve birimlerle haberleşmek için çok esnek değıllerdir. Bunların yerine mikro denetleyiciler, kendi üzerlerindeki hafıza birimi, diğer cihazlarla haberleşme özelliklerindeki esneklik, enerji verimliliğı için uyku moduna geçebilmeleri ve programlanabilir olmaları gibi özellikleri neden ile kablosuz ağlarda kullanmak uygun bir seçim olacaktır. Kablosuz ağlarda kullanılacak mikro işlemci ve mikro denetleyicilere örnekler verilmiştir [2]. Bunlar;

- i. **Intel Strong ARM:** Özellikle PDA cihazlarında kullanılmakla beraber KA'larda da kullanılan bir işlemcidir. SA-1100 modeli 32 bit RISC mimarisine sahip 206 MHz hızında çekirdeğı sahiptir [3] .
- ii. **Texas Instruments MSP 430:** Texas Instruments firması bütün mikro denetleyici ailesini MSP-430 tanımı altında piyasaya sürmüştür. Gömülü sistemler için geliştirilmiş bir mikro denetleyicidir [4].
- iii. **Atmel ATmega:** Atmel AT mega128L, 8 bitlik RISC mimarisine sahip 16MHz hızında bir mikro denetleyicidir. Gömülü sistemlerde kullanıma uygun genel çevre şartlarında kullanılacak bir dış ara yüze sahiptir [5].

1.2 İletişim Birimi

İletişim birimi düğümler arasında haberleşmeyi sağlayan birimdir. İletişim için optik(lazer), kızılötesi (IR), yada radyo frekansı (RF) vb. iletişim ortamları kullanılabilir. Kullanılacak iletim ortamına göre de iletişim birimi seçilir.

Haberleşme tek yönlü ve iki yönlü olabilmektedir. Alıcı-verici birimin görevi, işlem biriminden gelen bilgileri alarak haberleşmenin yapılacağı fiziksel ortamı kullanarak ilgili yere iletilmesini sağlamaktır. Aynı şekilde iletim ortamından gelen sinyalleri demodüle ederek işlem birimine gönderilmesini sağlamaktır.

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

Kablosuz algılayıcı düğüm için seçilecek alıcı-verici biriminin bazı karakteristik özellikleri olması beklenir. Üst katmanlara hizmet kapasitesi, güç tüketimi ve enerji verimliliği, taşıyıcı frekans ve çoklu kanal sağlama, durum değiştirme süreleri ve enerji, veri hızı, modülasyon, şifreleme, iletim gücü kontrolü, gürültü faktörü, kazanç, alıcı hassasiyeti, frekans kararlılığı gibi karakteristik özellikleri dikkate alınır [2].

Birçok alıcı-verici biriminin dört işlem durumu mevcuttur.

- i. **İletim durumu (transmit):** Alıcı-verici biriminin verici kısmının aktif olduğu ve antenden enerji yaydığı durumdur.
- ii. **Alıcı durumu (receive):** Alıcı kısmının aktif olduğu durumdur.
- iii. **Boş (idle):** Alıcı-vericinin veri almaya hazır olduğu fakat aktif olarak veri alıp vermeye başlamadığı durumdur. Idle durumunda alıcı-verici biriminin birçok kısmı aktif durumdadır.
- iv. **Uyku durumu (sleep):** Alıcı-vericinin birçok önemli biriminin kapalı halde beklediği durumdur.

Kablosuz algılayıcı ağları için uygun alıcı-verici birimleri pek çok firma tarafından piyasa sürülmüştür. Bu aygıtların sınıflandırılmasında genellikle Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da, taşıyıcı frekans üzerinde yapılan düzenleyici kısıtlamalar dikkate alınmaktadır. Piyasada kullanılan bazı ürünler şunlardır; RFM TR 1001, Chipcon CC 1000 & CC2420 ve Infineon TDA525x ailesi. Aşağıda bu ürünlere ait kısa açıklamalar verilmiştir.

- i. **RFM TR1000 Ailesi:** TR1000 ailesi 916MHz ile 868MHz frekans aralığına sahiptir. 115.kbps üzeri kısa mesafe veri iletişimine yöneliktir. Dinamik olarak ayarlanabilen çıkış gücüne sahiptir. Üretici bilgilerinde maksimum çıkış gücü $1.5\text{dBm} \approx 1.4\text{mW}$ olarak verilmiştir [6].
- ii. **Chipcon CC1000 ve CC2420 Ailesi:** Chipcon kablosuz sensör ağı donanımlarını çekici kılan geniş bir alıcı-verici aralığı sunmasıdır. CC1000 programlanabilir 250Hz'lik aralıklarla 300 ile 1000MHz aralığında bir frekans genişliği ve programlanabilir çıkış gücü sunmaktadır [7] [8]. CC2420 ise CC1000'e göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. IEEE 802.15.4 standardında tanımlanan fiziksel katman ve MAC protokol standardı desteklemektedir [7] [8] [9]
- iii. **Infineon TDA 525x Ailesi:** TDA 525x ailesi esnek, tek parça çip ve enerji verimliliği konusunda dikkat çekmektedir. Örnek vermek gerekirse TDA 5250 üretici bilgilerine

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

göre; 868 MHz de çalışmakta, ASK ve FSK modülasyonu sağlamakta, yüksek verimli güç yükseltici, ayarlanabilir kristal osilatör, tümleşik veri filtresi, gelişmiş güç kesme özelliği sunmaktadır [10].

1.3 Algılama birimi

Algılayıcı birim, dış dünyadan elde etmek istenilen bilgileri almak ve bu bilgileri işlem birimine göndermekle görevlidir. Algılayıcı birime bağlı iki modül bulunmaktadır. Bunlar algılayıcı ve analog sinyalleri sayısal sinyallere çeviren ADC modülleridir. Algılayıcıları sınıflandırmak gerekirse [11], [12];

- **Ölçülen Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma:** Algılayıcılarla ölçülen büyüklükler 6 gruba ayrılabilir
 - **Mekanik :** Uzunluk, alan, kütlelesel akış, kuvvet, tork (momentum), basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalga boyu ve yoğunluğu
 - **Termal :** Sıcaklık, ısı akısı
 - **Elektriksel :** Akım, gerilim, direnç, endüktans, kapasite, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alan şiddeti ve frekans
 - **Manyetik :** Manyetik alan şiddeti, akı yoğunluğu, manyetik moment, manyetik geçirgenlik katsayısı
 - **Işıma :** Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
 - **Kimyasal :** Yoğunlaşma, içerik miktarı, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı, pH değeri,
- **Çıkış Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma:** Analog ve sayısal olarak ikiye ayrılırlar. Analog çıkışlara alternatif olan sayısal çıkışlı algılayıcılar, bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurabildiklerinden günümüzde daha çok tercih edilmektedir.
- **Besleme İhtiyacına Göre Sınıflandırma:** Algılayıcılar besleme ihtiyacına göre iki sınıfa ayrılabilir.
 - **Pasif Algılayıcılar;** Hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan (besleme kaynağına ihtiyaç duymadan) fiziksel ya da kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu algılayıcı tipine örnek olarak termocouple (T/C) ya da termik anahtar gösterilebilir.
 - **Aktif Algılayıcılar;** Çalışmaları için harici bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu algılayıcılar tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar.

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

1.4 Hafıza birimi

Dahili hafıza olarak rasgele erişimli bellek kullanılır (RAM). Algılayıcıdan gelen bilgiler diğer düğümlerden gelen bilgiler ve işlemcinin işlem yapmak için ihtiyaç duyduğu saklama alanı bu bellek tarafından karşılanır. Fakat RAM bellekler elektrik kesintisinde üzerindeki bilgi kaybeder. Bu nedenle saklanması gereken bilgiler harici bellek olarak kullanılan flaş bellek benzeri belleklerde saklanır.. Kablosuz algılayıcının yapacağı işi ve davranış şeklini belirleyen program kodları ise ROM bellek veya EEPROM belleklerde saklanır.

1.5 Güç Kaynağı

Algılayıcılarda algılama, veriyi işleme ve iletişim nedeniyle enerji tüketimi olmaktadır. Algılayıcılarda gereksinim duyulan enerji, pil içerisinde saklanmaktadır. Şarj edilebilir ve şarj edilemez olmak üzere iki tip pil kullanılmaktadır. Günümüzdeki algılayıcılar yenilenebilir (güneş enerjisi, ısı enerjisi, titreşim enerjisi vb. gibi) enerji kaynaklarını da kullanabilecek şekilde geliştirilmektedir.

Güç kaynaklarının kısıtlı olmaları ve algılayıcıların daha uzun süre canlı kalmasını sağlamak için güç yönetim politikaları kullanılır. Algılayıcılarda yaygın olarak kullanılan iki güç yönetim politikası vardır;

- **Dinamik Güç Yönetimi (Dynamic Power Management - DPM):** Algılayıcının çalışması esnasında o an için kullanılmayan veya etkin olmayan sistem parçaları uyku modunda veya kapalı tutularak güç tasarrufu gerçekleştirilir [13].
- **Dinamik Voltaj Ölçeklendirme (Dynamic Voltage Scaling - DVS):** Algılayıcının o anki iş yüküne bağlı olarak güç seviyeleri arasında geçişler yaparak çalışır. Algılayıcının çalışma gerilimi, frekans ile birlikte değiştirilerek güç tüketiminde azalmalar sağlanması mümkündür. Özellikle yoğun olmayan çalışmalarda algılayıcı gerilimi ve frekansı düşürülür ve daha az güç harcanmasını sağlar [13].

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

2 KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN PROTOKOLLER

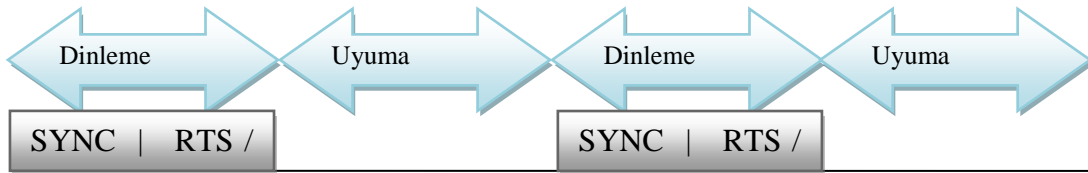
Bu bölümde kablosuz algılayıcıların ortamdaki topladıkları bilgileri iletebilmeleri ve/veya merkezden gerekli komutları alabilmeleri için iletişimde kullandıkları protokoller verilmiştir.

2.1 Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Ortam Erişim Protokolleri

2.1.1 Sensor MAC (SMAC)

Çekişme tabanlı bir protokol olan SMAC (Sensor MAC) kablosuz algılayıcı ağlarda enerji tüketimi en aza indirmek için önerilmektedir. SMAC, gecikme duyarlılığını göz önünde bulundurmaz. Erişim için her düğüm eşit önceliğe sahiptir. Ayrıca enerji kullanımını en aza indirmek için algılayıcı düğümleri belli aralıklarla uyku moduna alınır. Düğümler sürekli ağı dinlemek yerine çoğunlukla uyku modunda bulduklarından dolayı enerji daha verimli bir şekilde kullanılmış olur. Düğümlerin dinleme ve uyuma periyotlarında beraber hareket edebilmesi için senkronizasyona ihtiyaç duyulur. Düğümler dinleme ve uyuma zamanlamasından önce tüm komşu düğümlerin zamanlama tablolarını bilmelidir [14], [15]. Bunun için algılayıcı düğüm kendine ait zamanlama tablosunu seçerken iki noktaya dikkat eder:

1. Algılayıcı düğüm belirli bir süre içinde SYNC mesajı almazsa rastgele bir zaman (t) sonra uykuya geçeceğini gösteren bir SYNC paketi yayınlar. (synchronizer)
2. Algılayıcı düğüm kendi zamanlamasını seçmeden önce bir SYNC paketi alırsa o pakete uyar ve (t-t₁) süre sonra uykuya geçeceğini gösteren SYNC paketini gönderir (follower).



Şekil 2.1 : Algılayıcı Düğüm Uyku / Dinleme Modu

S-MAC protokolü enerjiyi daha verimli kullanmasına karşın ağ üzerinde fazladan veri trafiğine yol açmakta ve sabit uyuma/dinlenme zamanlaması nedeni ile yüksek trafik yoğunluğu bulunan kablosuz algılayıcı ağlarda gecikmeye neden olmaktadır.

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

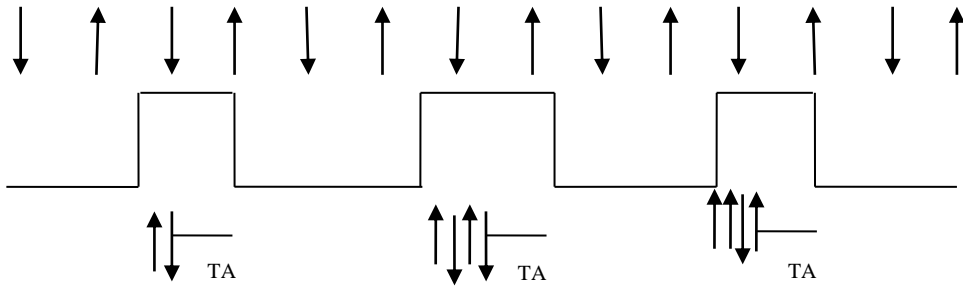
Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

2.1.2 Enerji Duyarlı DCF

DCF (Distributed Coordination Function), CSMA\CA protokolünün dağıtık eşgüdümlü fonksiyonudur [42]. Enerji duyarlı DCF protokolünde algılayıcı düğümler iletim ortamında veriyi elde ettikten sonra veri paketi gönderirler. Gönderilecek paket büyükse enerji tüketimi fazla olacağından küçük parçalara ayrılır ve tüm parçalar tek bir RTS (Request To Send)-CTS (Clear To Send) ile gönderilir. Paketin alınmıyın alınmadığının kontrolü için karşı taraftan bir ACK paketi beklenir. Beklenen ACK paketi gelmezse veri paketi tekrar gönderilir. ACK paketi veri paketini gönderen algılayıcı düğüme gelirse veri paketi kuyruktan alınarak yok edilir. Diğer algılayıcı düğümler radyo iletim fonksiyonlarını kapatarak paket iletimi bitene kadar uyku moduna geçerek enerji tasarrufu sağlarlar.

2.1.3 Timeout MAC (TMAC)

TMAC (Timeout MAC) protokolü SMAC protokolünde karşılaşılan değişken yüklü trafikte meydana gelen sorunları aşmak için önerilen bir protokoldür [16]. Bu protokolda SMAC'te olan sabit uyku ve çalışma aralıkları değişken hale getirilmiştir. Böylelikle gecikmelerde verimlilik sağlanmıştır. Düğümler belli bir süre boyunca iletişim olmazsa (timeout) uyku moduna geçerler. Bu durum Şekil 2.3'de görülmektedir [16].



Şekil 2.2 : TMAC protokolünde değişken uyku ve çalışma periyotları

Düğümlerde periyodik zamanlamanın taşması, radyodan herhangi bir paket alımı, iletişim ortamının algılanması, algılayıcı düğümün veri veya ACK paketi göndermesi söz konusu değilse aktif süre (TA) tamamlanır ve uyku moduna geçilir.

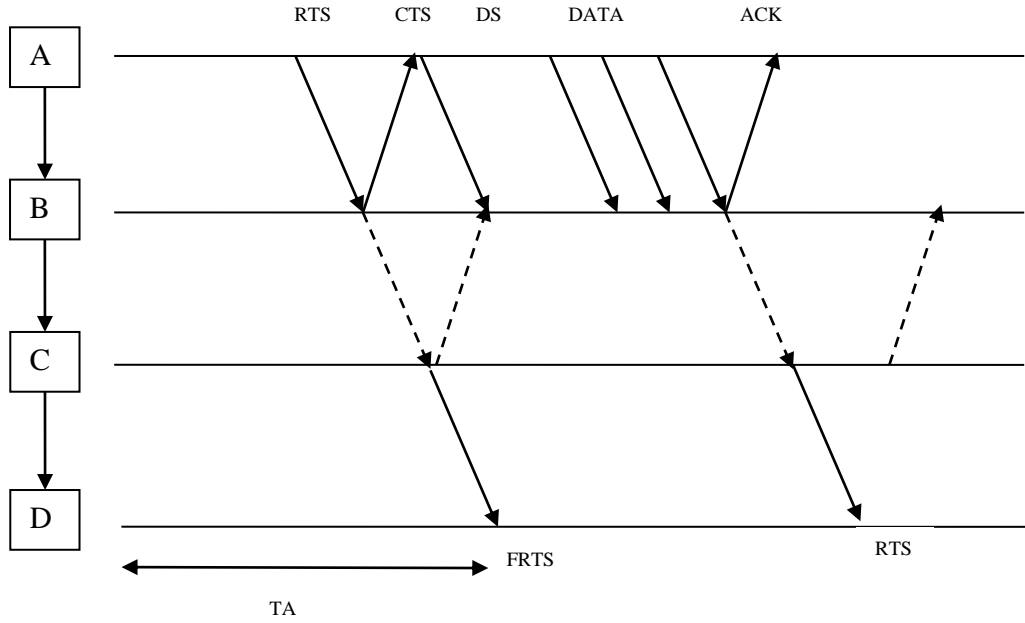
KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

Aynı paketin çok fazla algılayıcı düğümler arası aktarılması gerektiği durumlarda T-MAC protokolünde erken uyuma problemleri yaşanabilir. Bunu için 2 çözüm üretilmiştir [16]. Bunlar;

- FRTS (Future Request To Send)
- Full Buffer Priority (Dolu Tampon Önceliği)

dir. FRTS çözümünde Şekil 2.4'te görüldüğü gibi bir algılayıcı düğüm bir başka komşu düğümü hedefleyen bir paket aldığı anda FRTS paketini gönderir. İlk RTS paketi gönderen algılayıcı düğüm CTS paketini aldıktan sonra veriyi hemen göndermez. Bunun yerine bir DS paketi gönderir. DS ve FRTS paketi çarpışır. Böylelikle diğer düğümler kanalın boş olmadığını anlarlar. Algılayıcı düğümler arası iletişim sağlanmış olur [16].

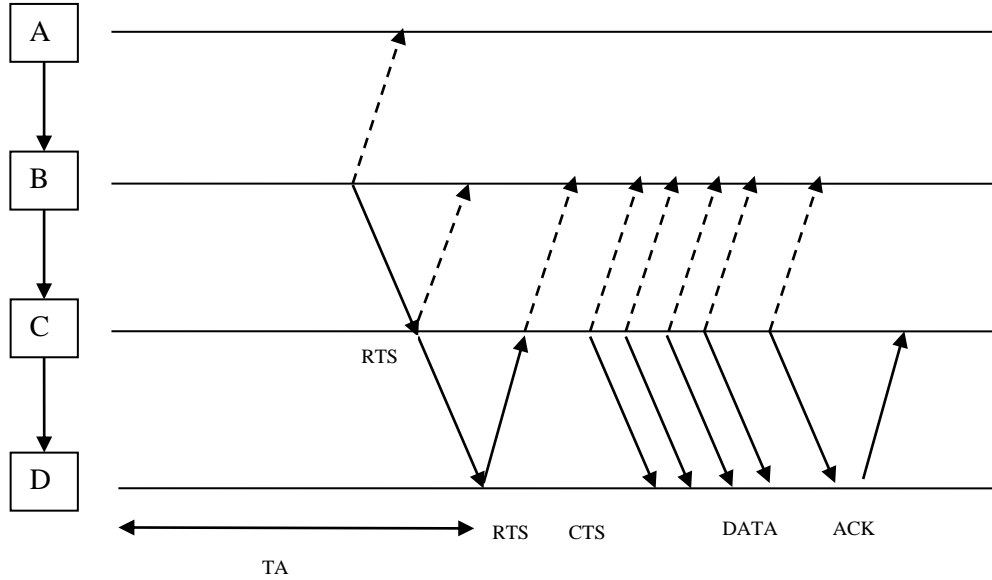


Şekil 2.3 : FRTS Paket Gönderimi

Dolu tampon önceliğinde ise tamponu sürekli dolu olan algılayıcı düğümleri paket almak yerine paket gönderirler. Yani algılayıcı düğüm kendi için hedeflenen RTS almak yerine kendi RTS'sini bir başka düğüme gönderir. Şekil 2.5'de bu işlem görülmektedir.

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK



Şekil 2.4 : RTS almak yerine kendi RTS'sini başka düğüme gönderen algılayıcı düğümler

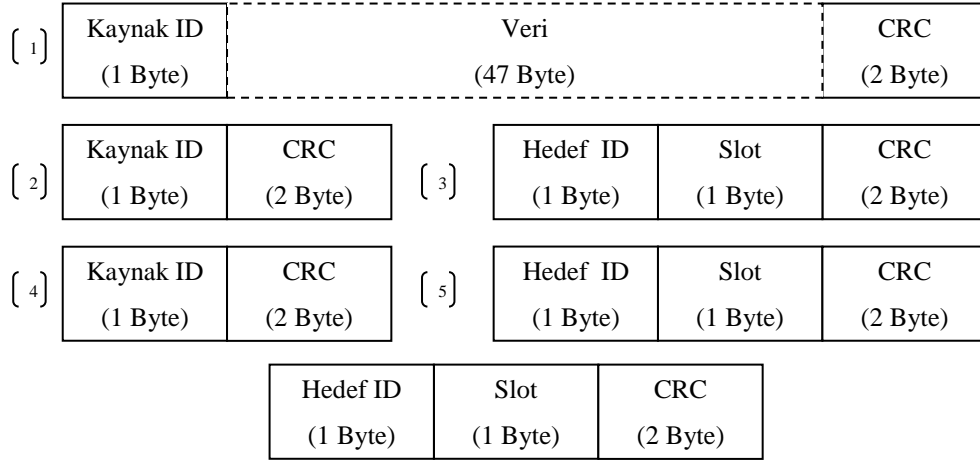
2.1.4 EDSMAC

Enerji etkin ve gecikme duyarlı ortam erişim kontrol protokolü olarak adlandırılmıştır. Kablosuz algılayıcı ağlarda enerji kullanımını ve gecikmeleri en aza indirmek için kullanılan bir diğer protokol EDSMAC protokolüdür [17]. TDMA tabanlıdır. Bu protokolle algılayıcı düğümler merkez düğüm üzerinden birbirleri ile haberleşmektedirler. İletim zamanı slotlara bölünerek her algılayıcı düğüm kendine ayrılan slot zamanda paketini göndermektedir. Gecikme duyarlılığı olan algılayıcı düğümler için daha fazla slot tahsis edilmektedir.

Enerji tüketiminin azaltmak için gecikme duyarlılığı olmayan algılayıcı düğümler belirli aralıklarla uyku moduna geçirilir. Gecikmeye duyarlı olan algılayıcı düğümler uyku moduna geçen düğümlerin slot zamanında da iletim yapmaktadırlar. Böylelikle gecikmeye duyarlı algılayıcı düğümlere fazladan slot tahsis edilmiş olmaktadır. Bu özellik sayesinde kuyrukta beklemeler ve uçtan uca gecikmeler azalmakta fakat algılayıcı düğümün enerji tüketimi artmaktadır. Uyku modunda olan algılayıcı düğümlerde ise enerji tüketimi azalmakla beraber kuyruk gecikmeleri ve noktadan noktaya gecikmeler meydana gelmektedir.

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER
ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK



Şekil 2.5 : Protokolünde kullanılan paket formatları

Şekil 2.5’da EDSMAC protokolünde kullanılan paket formatları görülmektedir. (1) Veri paketi, (2) Bağlantı istek paketi, (3) Bağlantı cevap paketi, (4) Ek slot istek paketi, (5) Ek slot cevap paketi ve (6) Slot iptal paketi olarak kullanılmaktadır. EDSMAC protokolünde algılayıcı düğüm ve merkez düğümler olmak üzere 2 tip düğüm mevcuttur [17].

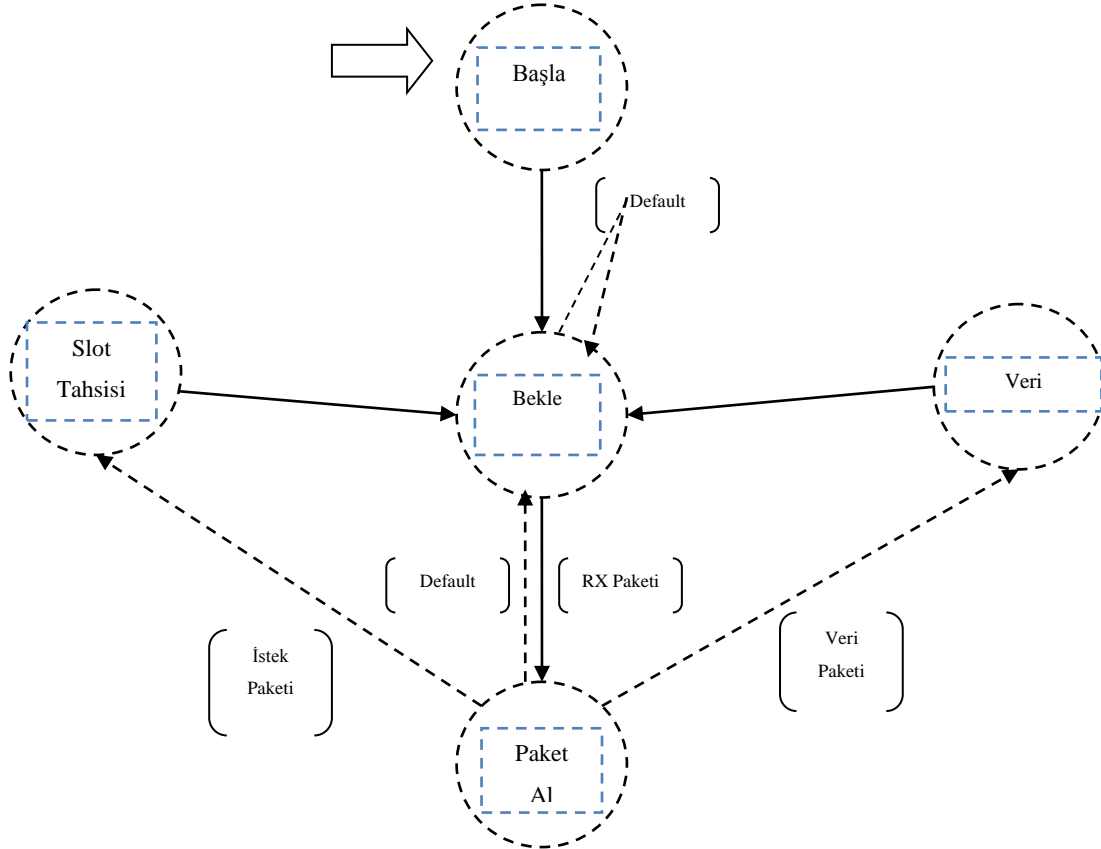
- **EDSMAC Protokolü Algılayıcı Düğüm Modeli:** Kablosuz algılayıcı ağlarda bulunan algılayıcı düğüm bağlantı istek paketini üretip merkez düğüme göndererek bağlantı isteğinde bulunur. Merkez düğüm algılayıcı düğüme bağlantı cevap paketini göndererek kullanacağı slotu bildirir. Algılayıcı düğüm hazırladığı paketi göndermek isterse hazırlanan paket veri paketi halinde getirilir kuyruğa atılır. Eğer o anda kullanılan slot o algılayıcı düğüme aitse paket kuyruktan alınır, hedefe gönderilir ve bir sonraki zaman dilimine kesme ayarlanır. Eğer slot o algılayıcı düğüme ait değilse paket gönderilmeden bir sonraki zaman dilimine kesme ayarlanır. Gecikme duyarlılığı olan algılayıcı düğümlerde kuyruқта bulunan paketler üst eşik değerini geçerse ek slot talebinde bulunabilirler. Bunun için merkez düğüme ek slot istek paketi gönderilir. Merkez düğüm ek slot cevap paketi üreterek istekte bulunan algılayıcı düğüme tahsis etmiş olduğu ek slotu bildiren paketi gönderir. Gecikme duyarlılığı bulunmayan algılayıcı düğümlerin radyo iletim fonksiyonları belirli zaman aralıklarında kapatılarak uyku moduna geçmeleri sağlanmaktadır. Bu durumda iletim yapılmamaktadır. Fakat üretecten gelen paketler parçalanarak kuyruğa gönderilmektedir. Uyku modu bittiğinde iletim yeniden başlamaktadır [17].

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

- **EDSMAC Merkezi Düğüm Modeli:** Merkez düğüm algılayıcı düğümden kendine gönderilmiş olan bağlantı istek veya ek slot paketlerini alarak değerlendirir. Bunların dışında gelen her paket değerlendirilmeden yok edilir. Merkez düğüm veri paketi geldiğinde ilk olarak paketin hedef bilgisine bakılır. Ardından istatistiksel bilgi almak için paket ilgili modüle gönderilir. Merkez düğüm bağlantı istek paketi geldiğinde slotların hangi terminal tarafından kullanıldığını gösteren slot tablosuna bakılır ve bağlantı isteği için ayrılan slotlardan boş bulunan ilk slot algılayıcı düğüm için ayrılarak slot tablosu güncellenir. Bu işlem sonucunda algılayıcı düğüm cevap paketi gönderilerek kendisi için ayrılan slot bildirilir [17].

Merkez düğüm ek slot istek paketi geldiyse ek slot tahsisi için ayrılan bölümde boş slot varsa algılayıcı düğüm için ayrılır ve algılayıcı düğüm ek slot cevap paketi gönderilir. Ek slotun yoksa rastgele bir slot tahsis edilir. Bu işlem sonunda da algılayıcı düğüm ayrılan ek slotu bildiren ek slot cevap paketi gönderilir. Ayrıca daha önce bu slotu kullanan diğer algılayıcı düğüm slot iptal paketi gönderilerek slotun iptal edildiği bildirilir. Şekil 2.7’de merkez düğüm işlem modeli görülmektedir [17].



KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

Şekil 2.6 : Merkezi Düğüm İşlem Modeli

2.2 Yönlendirme Protokolleri

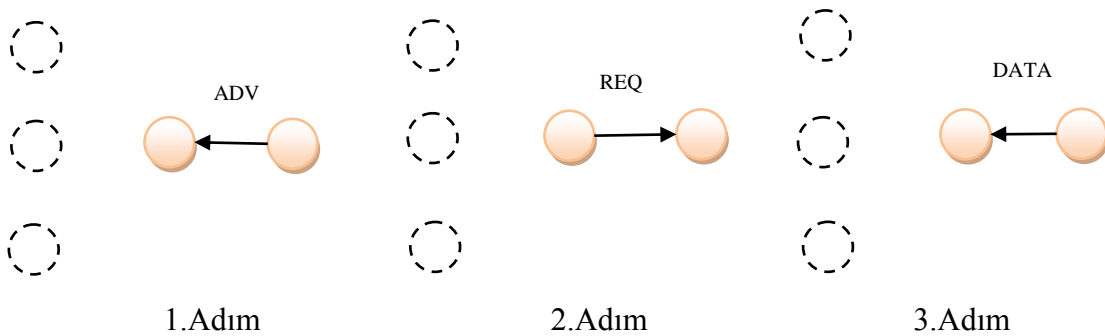
Yönlendirme KAA'ların başlıca problemlerinden birisi olup bu probleme yönelik çözüm yolları geliştirilmeye devam etmektedir. Kablosuz algılayıcı ağlara yönelik problemlerden dolayı etkin bir yönlendirme algoritması geliştirmek zordur. Bu zorluklar mevcut geliştirilmiş yönlendirme algoritmalarını KAA'larda kullanımını engellemektedir. Bu nedenle KAA'lara özel yönlendirme algoritmalarının geliştirilmesi kaçınılmazdır. Sonraki bölümde KAA'lar için geliştirilmiş bazı yönlendirme algoritmaları anlatılacaktır.

2.2.1 SPIN (Sensor Protocol For Information Via Negotiation-Görüşme Tabanlı Algılayıcı Protokolü)

Bu protokolde her bir noktadaki bilgi ağ üzerinde tüm noktalara yayılır. Böylelikle istenilen herhangi bir noktaya yapılan sorgudan hemen sonuç alınabilmektedir. SPIN yönlendirme protokolünde noktalardan toplanan verilerde verilerin özelliklerini içeren bir kısım bulunur (metadata) [18]. Bir veri tamamen alınmadan önce metadata'sı kontrol edilir. Böylelikle gereksiz veri transferi engellenerek enerji verimliliği sağlanır [19], [18].

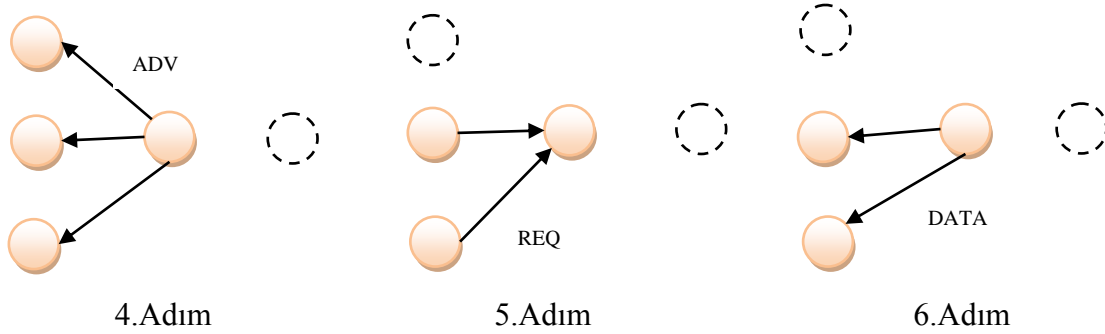
Şekil 2.8'de görüldüğü gibi SPIN protokolünde düğümler arası 3 adet işlem yürütülür [18]. Bunlar;

1. Yeni bir veri olduğunda düğüm ADV (ilan) paketi yayınlar.
2. Verisi olmayan düğümler gelen ilan paketini kabul etmek için REQ paketi gönderir.
3. Veri talep eden düğümlere DATA paketi ile veriler gönderilir.



KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK



Şekil 2.7 : SPIN Yönlendirme Protokolünde Düğümler Arasındaki İşlemler [19]

2.2.2 DD (Directed Diffusion-Doğrudan Yayılma)

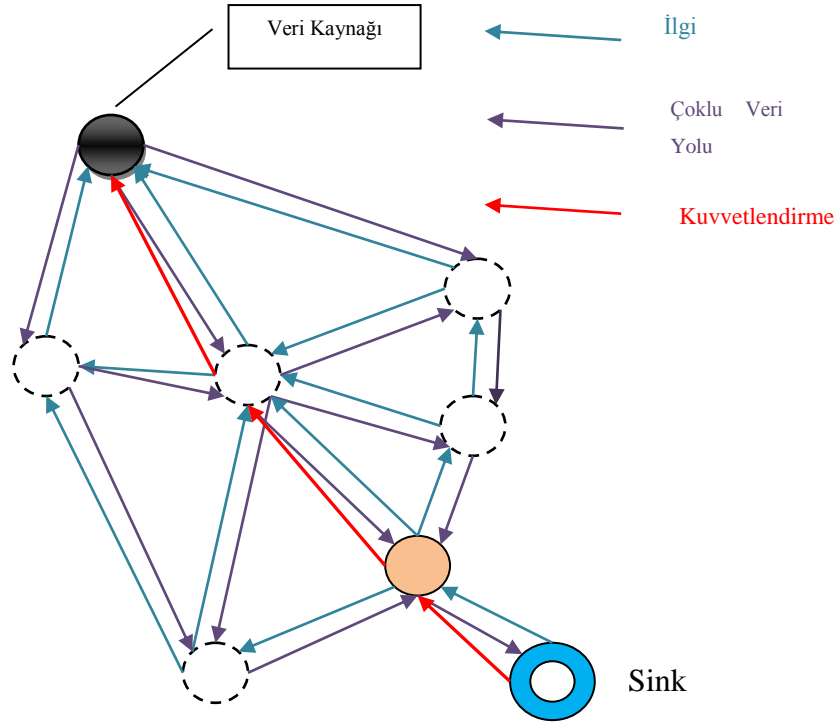
Doğrudan yayılma protokolü veri merkezli bir protokoldür. Enerjii verimli kullanabilmek için veriler için niteliksel olarak adlandırılır. Bitkilerin gözlenmesin de kullanılan algılayıcı düğümlerden çiçekli bitkiler hakkında bilgi alınması örnek verilebilir [20].

SINK algılayıcı düğümlerden istediği bilgi için sürekli istek yayınlar. İsteği alan düğümler SINK'e talep edilen bilgiyi gönderir. SINK'e ilk bilgi ulaştığında SINK gerçek veriyi elde etmek için en elverişli yolu belirler. Bu yolu belirlerken en iyi performans gösteren düğümler seçilir. Bu işlem kuvvetlendirme (reinforcement) olarak adlandırılır. Şekil 2.9'de bu işlem gösterilmektedir [19] [20].

Bazı durumlarda SINK'in belirlediği düğüm üzerinde veri sorgulaması esnasında kalite düşerse kullanılan düğüm değiştirilebilir. Bu işlem negatif kuvvetlendirme olarak adlandırılır [20].

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK



Şekil 2.8 : Doğrudan yayılma ile SINK'in veri elde etmesi

2.2.3 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy- Düşük Enerjili Adaptif kümeleme Hiyerarşisi)

Düşük enerjili adaptif kümeleme hiyerarşisi dağıtılmış küme oluşumu içeren küme tabanlı bir protokoldür. Küme baş elamanları rastgele seçilir ve enerji durumlarına göre dönüşümlü olarak değişir [21]. Veri işleme ve toplama işlemleri küme başı seçilen düğüm tarafından yürütülür. Küme içerisinde küme başları kullanılacak kodu seçer. Kümeler arası iletişimde CDMA kullanılır. Küme başları küme içerisinde düğümlerin gönderim zamanlarını belirler. Küme içerisinde TDMA kullanılır. Böylelikle küme içerisinde ve kümeler arası iletişimde çakışmalar azaltılmış olur [19], [21], [22].

LEACH protokolünde rastgele küme başı dağılım nedeni ile düzensiz bir küme başı seçimi oluşabilir. Bu da verinin güvenilir olmadan elde edilmesine neden olabilir. Ayrıca düzensiz yerleşim gereksiz haberleşmeye neden olabilmektedir.

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

2.2.4 PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems-Enerji Verimli Sensör Bilgi Sistemi)

Bu protokolde düğümler küme oluşturmak yerine sıralanmışlardır. Düğümler sadece en yakınındaki komşu düğümlerle iletişim yapabilmektedir ve sadece rastgele seçilen tek bir düğüm SINK'e bilgi gönderebilmektedir [22], [23].

Sadece birbirine yakın düğümler arası iletim olduğunda ağın yaşam süresi artmaktadır. Veri sıra ile (zincir halinde) birçok düğümden geçmektedir. Bu protokolde karşılaşılan ana problem gecikmedir.

2.2.5 GEAR (Geographical and Energy Aware Routing-Coğrafi ve Enerji Bilinçli Yönlendirme)

GEAR (Geographical and Energy-Aware Routing) algoritması sorgu-yanıt modelini kullanır. Her düğümün, kendi konumunu, enerji seviyesini, komşularının konumları ve enerji seviyelerini bildiğini varsayar. İlk evre boyunca, sorgu, enerji-bilinçli ve coğrafi bilgiye sahip komşu seçme yöntemleri kullanılarak R bölgesine gönderilir. İkinci evrede, Özyineli Coğrafi İletim (Recursive Geographic Forwarding) veya Kısıtlanmış Taşma (Restricted Flooding) R bölgesine paketi yaymak için kullanılır.

SONUÇ

Bu çalışmada algılayıcılarda kullanılan ortam erişim ve iletişim protokolleri ayrıntıları ile anlatılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Feng Xia, "Wireless Sensor Technologies and Applications," *sensors*, vol. 9, no. 11, 2009.
- [2] Holger Karl and Andreas Willig, *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks.*: John Wiley & Sons Ltd, 2005.
- [3] Intel Strong ARM SA-1100 Datasheet. (2011, Dec.) Intel. [Online]. [HYPERLINK
"..../..../AppData/Local/Microsoft/Windows/Temporary
Files/Content.Outlook/ICKE5SF4/www.lartmaker.nl/278088.pdf"
www.lartmaker.nl/278088.pdf](http://www.lartmaker.nl/278088.pdf) Internet

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER
ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

- [4] "16-Bit MSP430™ Microcontrollers". (2011, Dec.) Texas Instruments. [Online]. HYPERLINK
"http://focus.ti.com/paramsearch/docs/parametricsearch.tsp?sectionId=95&tabId=1200&familyId=342&family=mcu"
http://focus.ti.com/paramsearch/docs/parametricsearch.tsp?sectionId=95&tabId=1200&familyId=342&family=mcu
- [5] "ATmega128/L Datasheet". (2011, Dec.) Atmel. [Online]. HYPERLINK
"http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf"
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf
- [6] RFM TR1000 Ailesi Datasheet. RFM TR1000 Ailesi Datasheet. [Online]. HYPERLINK
"http://www.rfm.com/products/data/tr1000.pdf"
http://www.rfm.com/products/data/tr1000.pdf
- [7] TI Chipcon Product List. (2011, Dec.) Texas Instruments. [Online]. HYPERLINK
"http://focus.ti.com/analog/docs/enggresdetail.tsp?familyId=367&genContentId=3573"
http://focus.ti.com/analog/docs/enggresdetail.tsp?familyId=367&genContentId=3573
- [8] CC1000 Datasheet. (2011, Dec.) TI CC1000. [Online]. HYPERLINK
"http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1000.pdf"
http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1000.pdf
- [9] Chipcon CC2420 Datasheet. (2011, Dec.) TI CC2420. [Online]. HYPERLINK
"http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf"
http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf
- [10] Infineon TDA5250 Datasheet. (2011, Dec.) Infineon. [Online]. HYPERLINK
"http://www.infineon.com/dgdl/TDA5250_DS_V1.7.pdf?folderId=db3a30431689f4420116a096e1db033e&fileId=db3a3043191a246301192e72a7312c03"
http://www.infineon.com/dgdl/TDA5250_DS_V1.7.pdf?folderId=db3a30431689f4420116a096e1db033e&fileId=db3a3043191a246301192e72a7312c03
- [11] (2011, Dec.) Sensör Nedir? [Online]. HYPERLINK
"%20http://www.robotiksistem.com/sensor_nedir_sensor_cesitleri.html"
http://www.robotiksistem.com/sensor_nedir_sensor_cesitleri.html
- [12] Musa Çibuk, *WIMAX/IEEE 802.16 Ağları Üzerinden Web Tabanlı Bio-Telemetri Uygulamaları İçin Protokol Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi*. Elazığ, 2009.
- [13] Hai Chen, Bingqing Wei, and Dongsheng Ma, "Energy Storage and Management System

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE PROTOKOLLER
ÜZERİNE BİR İNCELEME

Oğuz ATA, Erdem UÇAR, Hasan H. BALIK

- With Carbon Nanotube Supercapacitor and Multidirectional Power Delivery Capability for Autonomous Wireless Sensor Nodes," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 25, no. 12, pp. 2897-2909, 2010.
- [14] Nikolas A. Pantazis and Dimitris D. Vergados, "A survey on power control issues in wireless sensor networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 9, no. 4, pp. 86-107, 2007.
- [15] Wei Ye, John Heidemann, and Deborah Estrin, "Medium Access Control with Coordinated Adaptive Sleeping for Wireless Sensor Networks," *IEEE/ACM Trans. Net*, vol. 12, no. 3, pp. 493–506, 2004.
- [16] T. Van Dam and K. Langendoen, "An Adaptive energy-efficient MAC protocol for Wireless Sensor Networks," in *In The First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, Los Angeles, CA,USA, 2003, pp. 171–180.
- [17] Celal Çeken, "An energy efficient and delay sensitive centralized MAC protocol for wireless sensor networks," *Computer Standards & Interfaces*, no. 30, pp. 20–31, 2008.
- [18] Joanna Kulik, Wendi Heinzelman, and Hari Balakrishnan, "Negotiation-Based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks," in *5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, 2002, pp. 169-180.
- [19] Ian F Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey.," *Computer Networks*, vol. 38, no. 4, pp. 393-422, March 2002.
- [20] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, John Heidemann, and Fabio Silva, "Directed diffusion for wireless sensor networks," *IEEE/ACM Trans. Networking*, vol. 11, no. 1, pp. 2-16, 2003.
- [21] W.R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," in *System Sciences, 2000. Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference*, 2000, pp. 1-10.
- [22] Ahmed A. Ahmed, Hongchi Shi, and Yi Shang, "A Survey on Network Protocols for Wireless Sensor Networks," in *Information Technology: Research and Education, 2003. Proceedings.*, 2003, pp. 301-305.
- [23] Stephanie Lindsey and Cauligi S. Raghavendra, "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems," in *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, vol. 3, 2002, pp. 1125-1130.