Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Konum Saptama Teknikleri ve Mesafe Bağımlı Tekniklerde Dördüncü Çapa Yaklaşımı

Uğur BEKÇİBAŞI, Mahmut TENRUH

Muğla Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Muğla

ugur@mu.edu.tr, tmahmut@mu.edu.tr

Özet: Konum saptama konusu, geniş bir uygulama alanına sahip olan kablosuz algılayıcı ağları içinde önemli bir yere sahiptir. Bu bildiride mevcut kablosuz algılayıcı ağ konum saptama teknikleri incelenmektedir. Mevcut konum saptama yöntemlerinin teknik özelliklerinin incelenmesinin ardından mesafe bağımlı konum saptama yöntemlerinden olan ve bu çalışmanın temelini oluşturan Alınan Sinyal Gücü Seviyesi (RSSi) yönteminde kullanılması önerilen dördüncü çapa düğümü ile geliştirilen yeni bir çözüm sunulmakta ve bu yeni yöntemin değerlendirmesi yapılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Konum Saptama, RSSi

Abstract: Localization is an important subject in Wireless Sensor Networks (WSN) which has a wide application area. In this study, WSN localization methods are investigated. Following a brief overview of the technical aspects of present localization methods, a new solution is proposed with a fourth sensor node in RSSi distance-based localization method.

Keywords: Wireless Sensor Network, Localization, RSSi

1. Giriş

Algılayıcı Ağları günümüz teknoloji gelişimindeki yerlerini almaya başladıklarından beri hızla gelişmiş ve yönelimlerini kablosuz sistemlere çevirmiştir. Teknoloji ile paralel gelişen kullanım alanları sayesinde ulaşılabilirlik ve performansları oldukça iyi düzeye gelmiştir. Kullanım düzeylerinin artmasının bir yansıması olarak kullanım adetlerinde artış gözlenmiş ve konum saptama tekniklerinin gelişimine bağlı bir sürece girilmiştir. Tasarlanan sistemlerde donanım altyapısı olarak yeterli düzeye gelen kablosuz algılayıcı ağlar konum saptama tekniklerindeki farklı yaklaşımlara henüz tam anlamı ile ulaşamamıştır. Saptama teknikleri için kullanımı düşünülen ekstra donanımlar enerji sarfiyatını olumsuz düzeyde fazlasıyla etkilemekte, yazılımsal tasarlanan algoritmalar ise düşük güçlü donanım altyapısına çoğu zaman fazla gelmektedir. Bu kıstaslara dış hava şartları da eklendiğinde çözümlerin hala tam olarak neden netleşemediği görülmektedir.

Sunulan bildiride mevcut konum saptama teknikleri incelenmekte, olumlu-olumsuz yanları belirtilmekte ve mevcut bir algoritmanın dinamikleştirilmiş; daha az donanım gerektiren hali sunulmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde kablosuz algılayıcı ağlar üzerinde durulmuş, yapı taşlarına değinilmiş ve olumlu-olumsuz kısımları belirtilmiştir. Üçüncü bölümde mevcut konum saptama teknikleri listelenmiş ve bölüm olarak sunulmuştur. Dördüncü bölümde çalışmanın temelini oluşturan dördüncü çapa kullanımı ile mesafe bağımlı konum saptama tekniklerine yeni bir yaklaşım sunulmakta; beşinci bölümde de değerlendirilmesi bulunmaktadır.

2. Kablosuz Algılayıcı Ağlar

Kablosuz Algılayıcı Ağlar (K.A.A.'lar), tabi olaylardan, otomasyon ortamında üretim seviyesindeki cihazlara, bina güvenliğinden, yerküre hareketlerinin izlenmesine, sağlık ve askeri uygulamalara kadar çok değişik alanlarda kullanılmaktadır. K.A.A.'lar, özellikle askeri uygulamalar başta olmak üzere birçok uygulama alanında veri gizliliği, bütünlüğü, tazeliği ve kimlik doğrulaması gibi temel güvenlik gereksinimlerini sağlamak zorundadır. K.A.A.'lar, geleneksel ağlardan farklı olarak enerji gibi sınırlı kaynaklara sahip olduğundan klasik iletişim güvenlik tekniklerinin doğrudan uygulanması açısından önemli dezavantajlarla karşı karşıyadır. Günümüzde, K.A.A.'ların sınırlı kaynak, enerji ve hesaplama yetenekleri göz önüne alınarak çeşitli güvenlik protokolleri geliştirilmektedir [1]. Diğer taraftan Kablolu klasik algılayıcı ağların yetersiz kalabileceği ya da uygulama imkânının olamadığı alanlarda kablo kullanım zorunluluğunu ortadan kaldıran K.A.A. çözümleri gerekli hatta bazı durumlarda zorunlu olmaktadır [2].

K.A.A. teknolojileri geliştikçe, kullanım alanları da buna paralel olarak artmaktadır. Bu konuda uygulama geliştirilirken dikkat edilmesi gereken en önemli husus, sistemin kablosuz olması ve tam bir ağ yapısını içermesidir. Ağ özelliği, tek yönlü bir iletişimden farklı olarak, karşılıklı etki ve tepkiye dayalı bilgi akışına yönelik özellikler katar. Dolayısıyla, önerilen veya yapılan K.A.A. uygulamalarında bu özelliklerin tamamı göz önüne alınmalıdır [3].

Kablosuz Algılayıcı Ağların temel elemanları algılama, veri işleme ve haberleşme özelliğine sahip düğümlerdir. Bilindiği gibi düğümler, herhangi bir kablo olmaksızın, izleyecekleri ortama rastgele saçılmış halde bulunurlar.

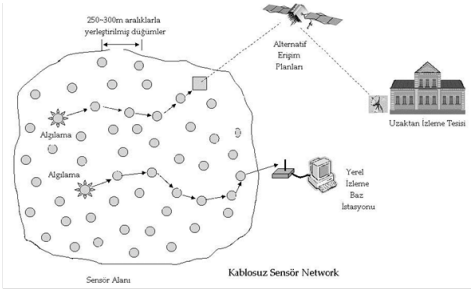
Şekil 1, bir Kablosuz Algılayıcı Ağlar mimarisini karakterize etmektedir. İzlemenin yapıldığı ortamda toplanan veri genelde üç seviyede işlenir [4].

1. İzlenilecek ortamdaki olaylar, düğümler tarafından algılanır. Her bir düğüm elde ettiği veriyi ayrı ayrı işlemektedir.

2. İkinci seviyede her düğüm algılayıp, işlediği veriyi komşularına yollamaktadır.

3. Ağ haberleşmesindeki en üst katman, işlenmiş verinin baz istasyonu (base station) olarak adlandırılan bir merkeze yollanılmasıdır.

Baza gönderilen veri eğer başka kıstaslar eşliğinde tekrar analiz edilecekse ya da başka amaçlar için kullanılacaksa bu işlemlerin yapılacağı sistemlere ya da merkezlere iletimi ayrı bir yöntem ile sağlanır [5].



Şekil 1 - Bir Kablosuz Algılayıcı Ağ Uygulama Modeli

K.A.A.'lar, sınırlı kapasiteye sahip, kısa mesafede kablosuz ortam üzerinden haberleşebilen düşük güçlü, düşük maliyetli ve çok fonksiyonlu algılayıcı düğümlerden meydana gelmektedir [1]. Bu algılayıcı düğümleri çeşitli fiziksel bilgilerin ölçümünü sağlamaktadır. Bununla beraber çevrenin fiziki özelliğinin de nicel ölçümlerle eşlenmesini sağlayabilmektedir.

2.1 K.A.A. Yapı Taşları

K.A.A. yapısı yazılım ve donanım olmak üzere iki bölümde ele alınabilir. Donanım özelliklerinden başlamak gerekirse yapı aşağıdaki bileşenlerden oluşur.

İşlemci: Sistemin matematik hesaplarını gerçekleştiren bileşendir. Yapının tasarım amacına uygun olarak seçilen işlemciler ile sistem düşük enerji harcaması ile verimli çalışabilmektedir. Tercihler arasında çoğunlukla ARM mimarili işlemciler vardır. Çekirdeğin farklı tasarımlara uygun yapısı, çok düşük enerji ihtiyacı ve kolay programlanabilirliği K.A.A. yapısında tercih edilmesinin temel sebepleridir.

Bellek: Yapının tüm bilgilerini saklamak için gerekli hafıza elemanıdır. Yapı tasarımına uygun olarak düşük enerji seviyeli modüller tercih edilir ve yine düşük enerji kullanımı mecburiyeti sebebi ile miktarı düşüktür.

Güç kaynağı: Enerji ihtiyacını karşılayan birimlerdir. Yapının enerji ihtiyacı pil veya doğal kaynaklardan karşılanabilir. Yapı, pil kullanımının yanı sıra çok düşük enerji ihtiyacı sebebi ile güneş enerjisi, titreşim enerjisi, ısı enerjisi gibi doğal kaynaklarla da çalışabilir.

Algılayıcı: Sistem ihtiyaçlarına göre farklı algılayıcılar tek başlarına veya birlikte kullanılabilir. Mikrodenetleyicinin esnek programlanabilirliği ve içerdiği analog-digital çevirici birimleri sayesinde her türlü algılayıcı kullanılabilir.

Radyo: Yapının haberleşme birimidir. Dış dünya ile iletişimi sağlayan ve algılayıcı ağlarda en fazla enerji tüketen birimdir.

2.2 Kablosuz Algılayıcı Ağların Olumlu-Olumsuz Yanları

K.A.A. yapısının diğer sistemlere göre olumlu yanları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Hareketlilik: Kablosuz haberleşen düğümler kapsama alanı içerisinde herhangi bir kısıtlama olmaksızın hareket edebilmektedirler. Bu K.A.A.' ya dinamik bir ağ topolojisi oluşturma imkânı sağlar.

Taşınabilirlik: Herhangi bir kablolama ve enerji altyapısı gerektirmediğinden, mevcut herhangi bir K.A.A., bir yerden başka bir yere kolaylıkla taşınabilir.

Yeniden kullanılabilirlik: Fiziksel ortamlardan çeşitli verileri algılamayı amaçlayan K.A.A. düğümleri defalarca değişik şekillerde ve farklı uygulamalarda yeniden kullanılabilir.

Kolay kullanım: Algılayıcı düğümleri herhangi bir düzenleme gerektirmeden kendi aralarında dinamik bir biçimde organize olarak değişen koşullara kolayca uyum sağlayabilirler.

Ölçeklenebilirlik: Mevcut bir K.A.A.' ya yeni düğümlerin ya da başka bir K.A.A.'nın dahil edilmesi kolayca ve dinamik bir şekilde mümkün olabilmektedir.

Düşük maliyet: Kablosuz iletişim ve mikro-elektromekanik sistem teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak, K.A.A. düğümlerinin maliyetleri oldukça düşüktür ve gün geçtikçe azalmaktadır [6, 7].

Benzer şekilde K.A.A. yapısının diğer sistemlere göre dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Kapsama alanı: Radyo katlarının sınırlı güçleri nedeniyle kapsama mesafeleri rakip teknolojilere göre daha azdır.

Enerji ihtiyacı: Her ne kadar gerekli enerji ihtiyaçları oldukça az düzeyde olsa da enerji kaynağı olarak kullanılan birimin tükenmesi sonucu değiştirme zorunluluğu ek masraflar çıkarmaktadır.

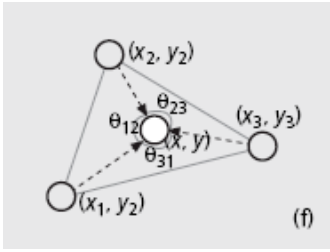
Dayanıklılık: Görece daha hassas tasarlanan yapıları ve enerji kaynağı olarak pil kullanılan birimlerde ısıdan fazlaca etkilenme sonucu deformasyonlar görülmektedir.

3. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Konum Tespit Yöntemleri

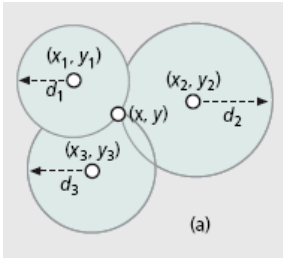
Kablosuz algılayıcı ağ sistemleri yapıları gereği konum değiştirmeye yatkındırlar. Bu taşınabilirlik tasarlanan sistemler için esneklik sağlarken, konumun saptamasını zorlaştırır. Değişken veya sabit olan ağ düğümlerinin konum tespitleri için iki ayrı yaklaşım varsayılmış ve bunlara dayalı yöntemler gerçekleştirilmiştir. Bunlar mesafe bağımlı ve mesafe bağımsız konum saptama yaklaşımlarıdır.

3.1 Mesafe Bağımlı Konum Tespiti Yöntemleri

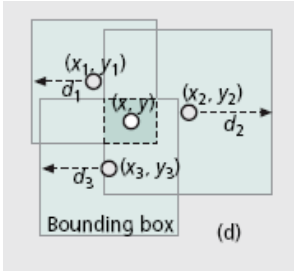
Yöntemin temelinde alıcı ve verici düğümleri arasındaki mesafe ölçümü önemlidir. Ölçümde kullanılan birimler temel geometrik yapılardır. Bunlar Şekil 2,3 ve 4 te görüldüğü gibi üçgen, daire ve dikdörtgen olarak seçilebilir. Genel olarak kabul görmüş mesafe bağımlı konum tespit yöntemleri: Alınan Sinyal Gücü (RSSi), Uçuş Zamanı (ToF) ve bu iki yöntemin ortak kullanıldığı Calamari'dir [8].



Şekil 2 – Üçgen algoritmalı mesafe bağımlı konum tespit yöntemi



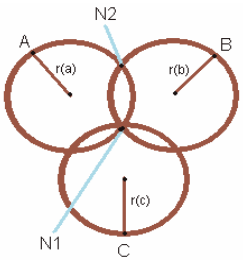
Şekil 3 - Dairesel algoritmalı mesafe bağımlı konum tespit yöntemi



Şekil 4 - Dikdörtgen algoritmalı mesafe bağımlı konum tespit yöntemi

3.1.1. Alınan Sinyal Gücü Göstergesi (Received Signal Strength - RSSi) Tespit Yöntemi

Sinyal gücü ölçümüne dayanan yöntemde amaç; gücü belli verici yayınının, alıcı üstündeki şiddetine göre mesafe ölçmektir. Alıcı üstünde alınan sinyal gücü, sinyalin ne kadar mesafede ne kadarlık bir zayıflama gösterdiği bilgisi ile mesafe bilgisine dönüştürülür. Belirlenen ölçüm/mesafe şablonuna göre konum bilgisi belirli hata sınırları dâhilinde saptanabilir. Konum saptamak için gerekli en az üç (3) alıcı düğümü gereklidir. Kullanılacak geometrik şekle göre her bir düğümün merkez düğüme olan uzaklığı hesaplanıp, kesişim noktalarının taradığı alan bulunur. Bu taralı alan aynı zamanda hata değerini de içeren konum bilgisini vermektedir.



Şekil 5 - RSSi yöntemi

Yöntemin iki (2) düğüm ile gerçekleştirilmesi durumunda N1 ve N2 noktaları kesişim sonucu çıkacak ve konum tespiti olasılığa bırakılacaktır. Bu sebeple eklenen üçüncü düğüm ile kesişim noktalarından hatalı olan (N2 kesişim noktası) elenmiş olur. Düğüm sayısının dört (4) ve üzerine taşınması durumunda N1 taralı alanı küçülür ve hata toleransı azalır. Olumsuz olarak da matematik hesaplama gücü enerji gereksinimi nedeni ile kısıtlanmış olan düğümlere fazladan hesap yükü getirilmektedir.

3.1.2. Uçuş Zamanı (Time of Flight) Tespit Yöntemi

Sinyalin vericiden çıkışından alıcıya gelişine kadar geçen sürenin ölçümüne dayanan yöntemde amaç; hızı belli verici çıktısının zaman olarak eşgüdümlü çalıştığı alıcı üniteye ulaşmasına kadar geçen süreyi ölçmektir. Verici çıktısında kullanılacak sinyallerde kısa mesafeler için ultrasonik sesler kullanılır. Hava içinde yayılımı ölçüm hassasiyeti için yeterli yavaşlıkta olan ultrasonik sesler ile mesafe dönüşümü hava şartlarından bağımsız olarak ölçülebilir. Kablosuz algılayıcı ağ sistemlerinde ise yapı gereği verici çıktısı olarak, yayılım hızı ışık hızına eşit olan radyo sinyalleri kullanılır. Yakın mesafe ölçümü için K.A.A. sistemlerine eklenen ultrasonic alıcı ve vericiler ile ölçüm hassasiyeti geliştirilmiştir. Çalışma mantığı olarak da gezici düğüm sabit düğüm zaman sayacını aktif etmek için önce radyo frekans sinyali ardından da mesafe ölçümü için kullanılacak ultrasonic sinyali gönderir.

Alıcı konumundaki sabit düğüm gelen Rf sinyali ile zaman sayacını başlatır ve ultrasonic alıcısından gelen sinyale kadar geçen süreye göre gezici düğüm arasındaki uzaklığı hesaplar.

Günümüzde kullanılan küresel konumlama sistemi (GPS) de radyo sinyal hızının ölçümüne dayanan time of flight yöntemi ile çalışırlar. Derinlik gibi fazladan bir değere sahip olan küresel konumlama sisteminde konum tespiti için gerekli düğüm sayısı dörde (4) çıkmaktadır. Çalışma yapısında da eş güdümlü olarak gönderilen sinyaller alıcıya farklı zamanlarda ulaşır. Bu zaman farklarına göre alıcı düğüm kendi konumunu hassas bir şekilde tespit edebilmektedir.

3.1.3. Calamari Tespit Yöntemi

Sinyal güç ölçümü ve sinyal ulaşım süresi yöntemlerini birleştiren yapıda amaç; oluşabilecek ölçümleme hatalarını yaşamamak adına yapıdaki bir verici düğümün kendini referans ilan etmesidir. İlan gerekli dönüşüm şablonları içerir ve gerekli zamanlarda tekrar ilanı ile ölçüm hataları minimuma indirgenir [9].

3.2. Mesafe Bağımsız Konum Tespiti Yöntemleri

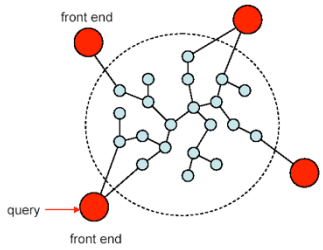
Yöntemin temelindeki mantık; alıcı ve verici düğümleri arasındaki sinyal haberleşmeleri ve bağlantılardır. Düğümlerin kapsam alanlarına ve bu alan içindeki haberleşmelerine dayanan yöntemler ile konum tespiti gerçekleştirilir. Tespitteki temel geometrik yapı çemberdir. Genel olarak kabul görmüş mesafe bağımsız konum tespit yöntemleri: Beni Duyuyor musun? (Do you hear me? - DYHM), Çoklu atlama (Multi-hop) ve Centroid'dir.

3.2.1. Beni Duyuyor musun? (Do you Hear me? -D.Y.H.M.) Konum Tespit Yöntemi

Düğümlerin komşularının öğrenilmesini temel alan Beni Duyuyor musun? yapısında amaç; ağ yapısındaki düğüm komşularının haritasını çıkartmaktır. Düğümler sadece iletişim kurabildikleri komşularını ilan ederler ve böylece çıkartılacak haritayı oluştururlar. Yapı, haberleşme trafiğini en az etkileyen yöntemdir. Diğer taraftan fazla miktarda düğüm gerektirir. Yöntemdeki amaç düğüm haritası çıkarmaktır. Çok sayıda konumu belirsiz düğümlerden her biri kendi yayını ile sesini duyurmaya çalışır ve aynı zamanda komşularından aldığı bilgileri saklar. Böylece düğüm komşuluklarından konum tespiti gerçekleştirilir.

3.2.2. Çoklu Atlama (Multi-hop) Konum Tespit Yöntemi

Beni duyuyor musun? Yöntemindeki gibi amaç; ağ yapısının haritasını çıkartmaktır. Fakat bu yöntemde sadece komşu ilanı yerine, her bir düğümün iletişim kurabildiği ve kuramadığı komşular diğer düğümlerle karşılaştırılır. Böylece konum mümkün oldukça gerçeğe yakın haritalanır (Şekil 6) .



Şekil 6 - D.Y.H.M. yöntemi

3.2.3. Centroid Tespit Yöntemi

Konumu sabit ve bilinen düğümlerden, konumu bilinmeyen düğümün tespiti yöntemidir. En az üç (3) düğümden gelen verilere göre konum değerlendirilir. Diğer yöntemlerinden farklı olarak ölçümü gerçekleştiren düğümlerin sabit ve belirli konumlar içermesidir. Böylece konumu değişken düğümün daha iyi konum tespiti gerçekleştirilir. Benzetimde de kullanılacak olan bu yöntemde gezici düğüm her mevkii değiştirdiğinde göndereceği bilgiler ile konumu sabit düğümlere olan mesafeleri belirlenir. Böylece konum tespiti tam olarak gerçekleştirilebilir. Yöntemin yapısı gereği gezici düğümün alıcı olma durumu da mümkündür. Böylece sabit düğümlerden gönderilecek bilgiler ile gezici düğümün konumunu kendisinin tespiti de mümkündür.

3.3. Yöntemlerin Kullanım Alanları

Belirtilen yöntemler içinde mesafe bağımlı yöntemler konum saptama başarıları ile ön plana çıkmaktadır. Alınan sinyal gücüne göre konum saptama gerçekleştiren RSSi yöntemi hava şartlarına bağlılığın daha az olduğu ortamlara uygunlukları ile ön plana çıkarken; sinyalin ulaşma süresini ölçen uçuş zamanı (ToF) yöntemi zaman sayacındaki programlama zorluğuna rağmen ultrasonic alıcı vericilerin çalıştığı kısa mesafelerde verimli bir şekilde konum tespiti yapabilmektedir. İki yöntemi de kapsayan Calamari yöntemi ise güçlü hata filtreleme

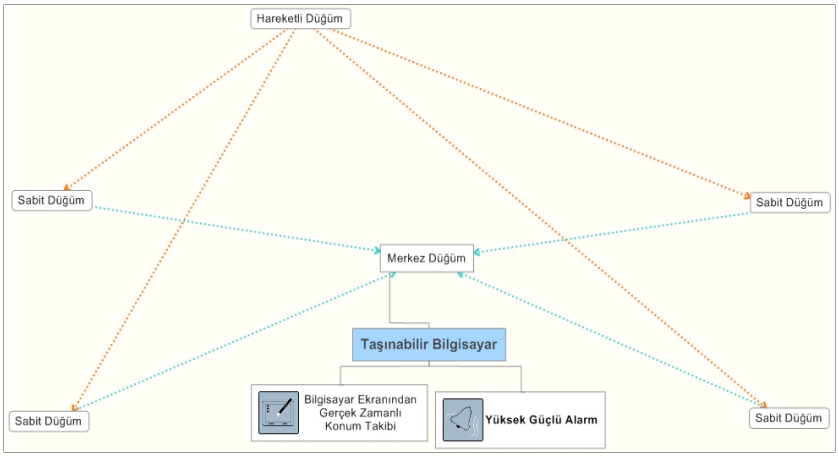
formülleri ile orta mesafe ölçümlerinde öne çıkmaktadır.

Düğüm sayısının arttığı ve referans alınabilecek düğüm sayısının azaldığı durumlar için mesafe bağımsız konum saptama teknikleri geliştirilmiştir. Bu tekniklerden Beni Duyuyor musun? yöntemi referans alınabilecek düğümün olmadığı durumlarda düğüm haritasını çıkartabilmektedir. Konum saptamadaki hata büyüklüğünün çok önemli olmadığı habitat izleme gibi durumlarda kullanımı uygundur.

4. Dördüncü Çapa

Alınan Sinyal Gücü ölçümünde sorun bulunulan ortamdan yüksek oranda etkilenilmesidir. Algılayıcı ağlar ortamda bulunan radyo dalgalarından, radyo dalgalarını yansıtacak-zayıflatacak yüzeylerden, hava şartlarından etkilenmektedirler. Yapılan çalışmada dış ortamda bulunacak algılayıcı ağ yapısının hava şartlarından etkilenme düzeyini azaltmak hedeflenmiştir. Bunun için oluşturulan benzetimde; kullanılacak alanın dört köşesine dört sabit alıcı düğüm, merkez bilgisayara bağlı merkez düğüm ve alan içinde hareketli düğümler oluşturulmuştur. Üç düğüm ile hesaplanan konum tespitine göre daha hassas saptama yapabilmesi için dördüncü çapa konulmuştur. Hava şartlarından ileri gelen konum hesaplama değişikliklerini normalize etmek için dördüncü düğüm dinamik ölçüm şablonu olarak kullanılmaktadır.

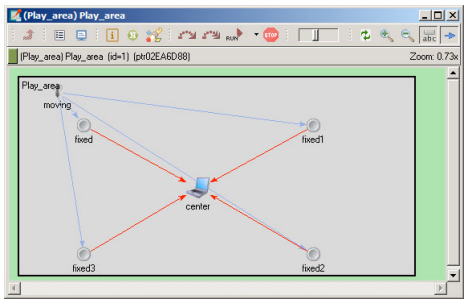
Sistem bileşenleri; saha içinde konumu tespit edilecek gezici düğüm, çapa olarak kullanılacak dört (4) adet sabit düğüm ve merkezi bilgisayara bağlı merkez düğümdür (Şekil 7).



Şekil 7 - Dördüncü Çapa Sistemi

Gezici düğüm isim ve veri etiketlerini düzenli aralıklarda, sabit bir güçte yayınlayacaktır. Yaygın kullanıma ek olarak kullanılacak düğümlerden dördüncüsü hesaplama hassaslığını arttırmanın yanında; dış ortamda hava şartlarının değişkenliğinden ileri gelen hesaplama hatalarını da önlemek amaçlıdır. Sabit düğümlerin görevi gezici düğümlerden gelen verilere kendi etiketlerini ekleyip merkez düğüme yönlendirmektir. Merkez düğüm arayıcılığı ile bilgisayara iletilecek veriler hesaplama işlemine tabi tutulup konum saptaması gerçekleştirilecektir.

Sistem tasarımında göz önünde bulundurulan enerji tasarruf gereksinimi ve basit çalışma yapısı düşünceleri ile tasarımda veri yapısı olarak etiket mantığı temel alınmış ve haberleşme için kullanılmıştır. Gezici düğümün oluşturacağı kendini tanıtıcı isim etiketi üzerine algılayıcılardan gelen veriler eklenecek ve ortaya çıkan veri bloğu gönderilmek üzere hazır olacaktır. Sabit çapa düğümlerinin görevi gezici düğüm(ler)den gelen veri bloklarına kendi tanıtıcı etiketlerini eklemeleridir. Merkez düğümün görevi ise veri bloklarını bilgisayara iletmek olacaktır. Şekil 8 de çalışma yapısının Omnet++ ile benzetimi gösterilmektedir.



Şekil 8 – Omnet++ benzetimi

Tasarlanan sistem ile gezici düğüm için oluşturulacak kod bloğu sadece yükleme öncesi düğüme verilmesi istenen etiket ile değiştirilecek ve kod bütünü tüm gezici düğümlerde aynı olacaktır. Benzer şekilde sabit düğümlerdeki tek kod bloğu her sabit düğümünün görevini birebir aynı yapmasını sağlayacaktır. Merkez düğümün veri bloğunu bilgisayara iletmeden hesaplama olarak yerine getireceği tek işlem dördüncü çapa düğümünün mesafe şablonu olarak kullanılmasıdır. İlk üç sabit düğümden gelen veri tek bir etikette toplanıp merkezi bilgisayara iletilmekte, dördüncü çapa bilgisi ise referans alınması için ayrıca iletilmektedir. Bu iletim sürecince sabit düğüm ile olan mesafe bilindiği için gelen RSSi değerinden bir cetvel çıkarılmakta ve hava şartlarından ileri gelen değişiklikler elimine edilmektedir.

Bu tarz bir eliminasyona tabi tutulmayan sistemlerde normal şartlar şablonu kullanılmakta ve hava şartlarından ileri gelen değişiklikler göz önüne alınmamaktadır. Daha çok laboratuvar şartlarında kullanımı öngörülen sistemler için tasarlanmaları nedeni ile mesafe şablonu üretici firmanın katalog bilgisi olarak kullanılıp sabit bir haldedir.

Yapılan çalışmada üretici firmanın sabit mesafe şablonu kullanılmaktadır. Konumu belli olan çapa düğümlerinden son bilgi sahibi verisini gönderirken dinamik olarak mesafe şablonu olarak işaretlenmektedir. İlk üç yönlendirici sabit düğümden gelen veriler doğrultusunda konum saptaması toleranslar çerçevesinde saptanmakta ve mesafe şablonu olarak kullanılan dördüncü düğüm ile tolerans değeri azaltılmaktadır.

Örnek kullanım alanı olarak çocukların oyun alanları öngörülmüş ve oyun alanında oynayacak her bir bireyin bileğinde saat benzeri bir verici bulunacaktır. Her ne kadar gezici düğüm zorunluluğu isteksizlik yaratsa da günümüz teknolojisinde en uygun çözüm bu olarak gözükmektedir. Bireydeki gezici düğümler oyun alanı etrafına konumlandırılmış aydınlatma veya çeşitli amaçlar için kullanılan direklerdeki sabit düğümlere verilerini ileteceklerdir. Bireyin kolundaki vericiden gelen ve direk üzerindeki yönlendirme biriminden yönlendirilen sinyaller merkezi bilgisayar birimindeki

merkez düğümde toplanıp değerlendirileceklerdir. Bu merkezi birim her bir yansıtıcıdan gelecek sinyallere göre etiketli birey sinyallerinin konumlarını saptayacak; bireyin kesin konumu gerçek zamanlı olarak takip edilecektir.

Tasarımın olumsuz bir yönü olarak konum saptama mesafesinin görece az olması sayılabilir. Günümüz kablosuz algılayıcı ağ teknolojisi ile üretilecek olan sistemler uzun süre ve tam güvenirlik ile çalışabilmelerine karşın enerjinin verimli kullanımı için kısıtlı sinyal güçlerine sahiptirler. Bu nedenle okul çevresindeki direklerden yüz (100) metre uzaklaşan bireyin takibi mümkün olmayacaktır.

5. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışma ile kablosuz algılayıcı ağlarda konum saptama teknikleri genel başlıklar altında toplanmış, mesafe bağımlı başlığından alınan sinyal gücü tekniğine uygun şartlar sağlandığı takdirde daha kesin konum saptama değerleri elde edebilecek bir geliştirme sunulmuştur.

Sistemin benzetim tarafını oluşturan bu çalışma ile elde edilecek bilgiler donanım gerçeklemesinde kullanılacak ve fiyat/performans etkin bir tasarım tamamlanmış olacaktır. Benzetimi gerçekleştirilen sistemin gerçek dünyadaki kullanımı ile dinamik veri şablonu kullanımının arttırılması düşünülmekte ve çapa düğüm kullanılan ağ yapılarında tekniklerin saptama toleransının azaltılması planlanmaktadır.

6. Kaynaklar

[1] Akyildiz I. F., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E., "Wireless Sensor Networks: Survey", **Computer Networks**, 38, 393–422, (2002).

[2] Cayırcı E., "Wireless Sensor and Actuator Networks", **Generation Next Technology Laboratory** (GeNeTLab), İstanbul, (2005).

[3] Okçuoğlu Z., "Kablosuz Algılayıcı Ağ Uygulaması: İdeal İzleme", Kocaeli Üniversitesi, (2007).

[4] Sarısaray P., www.cs.itu.edu.tr/~orencik/DuyargaAglarindaGuvenlik.doc, (4.1.2008, 17.05).

[5] Tarhan H. H., "Kablosuz Sensör Ağlar, Diploma Projesi", İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, (2006).

[6] Örencik B., NAR P., BİLGİN İ., "Askeri İşbirlikli Nesne Ağlarında Güvenlik", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2005).

[7] Bağcı H. " Kablosuz algılayıcı ağlar için konum bazlı çoklu gönderim yol bulma algoritmaları", Bilkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).

[8] Youssef Chraibi, "Localization in Wireless Sensor Networks", Stockholm, Sweden, (2005).

[9] Whitehouse K., Culler D., "Macro-Calibration in Sensor/Actuator Networks", **Mobile Networks and Applications** 8, 463–472, 2003.