

Telsiz Duyurga Ağlarında Hedef İzleme Senaryoları

Ayşegül Alaybeyoğlu¹, Aylin Kantarcı¹, Kayhan Erciyes²

¹ Ege Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

² Ege Üniversitesi, Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü

aysegul.alaybeyoglu@ege.edu.tr, aylin.kantarci@ege.edu.tr, kayhan.erciyes@ege.edu.tr

Özet: Bu çalışmada telsiz duyurga ağlarında yapılmış olan hedef izleme algoritmaları incelenmiş ve temel olarak küme tabanlı ve kapsama ağacı tabanlı olmak üzere sınıflandırılmıştır. Bu çalışmalarda, izleme senaryolarının temel adımları olan hedefin konumunun belirlenmesi ve hedefin hareketinin izlenmesi aşamalarında hangi yöntemlerin kullanıldığı belirtilmiştir.

Abstract: In this study, target tracking algorithms in wireless sensor networks are examined and are classified as cluster based and spanning tree based studies. In these papers, the methods used in target localization and target tracking stages which are the fundamental steps in tracking scenarios are discussed.

Anahtar Kelimeler: Telsiz Duyurga Ağları, Hedef İzleme.

1. Giriş

Son yıllarda telsiz iletişim ortamlarındaki gelişmeler düşük maliyetli, düşük güce sahip, çok fonksiyonlu ve kısa mesafede iletişim kurabilen duyurga (Ing. Sensor) düğümlerinin gelişmesine imkan sağlamıştır. Bu küçük duyurga düğümleri algılama, veri işleme ve iletişim kurma bileşenlerine sahiptir ve birçok düğüm bir araya gelerek duyurga ağlarını oluştururlar. Duyurgalar, telsiz duyurga ağlarına (Ing. Wireless Sensor Networks) rasgele yerleştirilebileceği gibi belirli konumlara da yerleştirilebilirler. Duyurga ağlarında bulunan duyurga düğümleri birbirleri ile işbirliği halindedirler ve yetenekleri doğrultusunda veri üzerinde işlem yapabilirler. Duyurga ağlarına çok sayıda duyurga düğümlerinin yerleştirilmesi ile komşu düğümler arasındaki mesafe çok azalır. Bu da duyurga ağlarda çok sıçramalı (Ing. multihop) iletişimin tek sıçramalı iletişimine göre daha az enerji sarf ettireceği düşüncesini oluşturur.

Duyurga ağları, ortamdaki sıcaklık, nem, basınç, ses, hareketlilik ve ışık gibi ortam koşullarındaki değişiklikleri takip edebilen sismik, termik, manyetik ve görsel gibi bir çok farklı tipte

duyurgalar içerebilir ki bu da duyurga ağlarının bir çok farklı uygulama alanında kullanılabilmesini sağlar. Bu 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 gibi bir çok amaç için, sağlık uygulamalarında hasta takibi için kullanılabilir. Hedef takibi gibi uygulamalar için telsiz duyurga ağlarının kullanım uygunluğu, araştırmacıların bu alana olan ilgisini arttırmıştır.

2. Telsiz Duyurga Ağlarda Hedef İzleme Senaryoları

Telsiz duyurga ağlarındaki gelişmeler, bu ağların birçok farklı gerçek yaşam uygulamalarında kullanılmasına imkan sağlamıştır. Bu uygulama alanlarından birisi de hedef hareketinin takip edilmesidir. Telsiz duyurga ağlarında hedef izleme üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, çoğu çalışmada, ortak olarak öncelikle

izleme alanına giren hedef tespit edilmekte ve daha sonra da hedefi tespit eden düğümlerin kendi aralarında iletişim kurması ile elde ettikleri veriyi gönderebilecekleri bir lider düğüm seçmeleri sağlanmaktadır. Lider düğüm, duyargalardan elde ettiği veriler üzerinde çeşitli işlemler yaparak hedef ile ilgili konum, hız veya yön gibi bilgiler üretmekte ve hedefin hareketini izlemektedir. Alt bölümlerde bu işlemler detaylı olarak açıklanmaktadır.

2.1 Hedef Konumunun Belirlenmesi

Hedef izleme uygulamalarının çoğunda düğüm konumlarının, GPS ya da diğer lokalizasyon teknikleri ile bilindiği varsayılmaktadır. Hedefi algılayan düğümler seçmiş oldukları bir lider düğüme elde ettikleri veriyi gönderirler ve lider düğüm de en yüksek sinyal gücü değerine sahip üç duyurğa düğümünün konumlarını kullanarak *Trilateration* ya da *Triangulation* gibi yöntemlerle hedefin konumunu tespit etmektedirler. *Trilateration* yönteminde en az üç düğümün hedefe olan uzaklık ve konum bilgisi kullanılarak hedefin konumu hesaplanırırken, *Triangulation* yönteminde düğümlerin hedefe olan yön bilgileri de dikkate alınmaktadır. [1]'deki hedef konumu belirleme işlemi, düğümlerin hedefe olan kesin uzaklık tahmini değeri yerine uzaklık oranı tahminine dayanır. Uzaklık oranı kullanılarak, hedefin tahminlenen konumunun periyodik olarak güncellenmesi ile hedefin konumu üç duyurğa düğümü ile tahminlenebilmektedir. Bu tekniklerin yanında hedefin konumunun belirlenmesi için kullanılabilir başka bir teknik de Voronoi diyagramlarının kullanılmasıdır. Voronoi tabanlı yaklaşımlarda, duyurğa ağ alanı, duyurgaların konumlarına göre voronoi hücrelerine bölünecektir. Hedef hangi duyurğanın voronoi hücresine düşüyorsa, o duyurğa hedefe en yakın duyurğa olarak tespit edilmektedir. Hedefin konumunun daha net belirlenebilmesi için üç duyurğa düğümünün konumunun kullanılması daha iyi sonuç verecektir. Bunun için [2]'de ağ ortamı üç kere dinamik olarak voronoi hücrelerine bölünmüştür. İlk adımda hedef hangi

duyurğanın hücresine düşerse o duyurğa hedefe en yakın duyurğa olarak tespit edilir. İkinci adımda seçilen duyurğa dikkate alınmadan, alan voronoi hücrelerine bölünür. Hedefin bulunduğu hücre hangi duyurğa düğümüne aitse o düğüm hedefe en yakın ikinci düğüm olarak belirlenir. Benzer şekilde üçüncü adımda ilk iki adımda seçilen duyurgalar dikkate alınmadan ağ ortamı voronoi hücrelerine bölünür. Hedefin bulunduğu hücre hangi duyurğa düğümüne aitse o düğüm hedefe en yakın üçüncü düğüm olarak belirlenir ve bu üç duyurğa düğümü arasında *Triangulation* yöntemi uygulanarak hedefin net konumu tespit edilebilmektedir. [3]'te voronoi diyagramlarının dinamik olarak oluşturulmasının, bir çok sinyal değeri içinden en yüksek üç sinyal gücü değerine sahip duyurgaların seçimine göre karmaşıklık açısından daha avantajlı olduğu belirtilmiştir. [4,5,6] yaklaşımlarında ise düğümlerin ikili algılama yaptıkları düşünölmüş ve hedefi algılayan düğümlerin konumlarının ortalaması alınarak hedefin konumu belirlenmiştir. [7]'de en yüksek sinyal gücüne sahip düğümün konumu hedefin konumu olarak kabul edilmiştir.

2.2 Hedefin İzlenmesi

Hedefin konumunun belirlenmesinden sonraki adım hedefin hareketinin izlenmesidir. [2,3,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19]'da küme tabanlı yaklaşımlar önerilmiştir. Küme tabanlı yaklaşımların bazılarında kümeler ağın kurulumu aşamasında statik olarak yerleştirilirken [2,8,18], bazılarında da hedef hareket ettikçe dinamik olarak oluşturulmaktadır [3,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19]. Statik olarak kümelerin yerleştirildiği yaklaşımlarda hedef hangi kümenin izleme alanına girdiyse o küme aktif hale gelmekte ve aktif küme lideri, kümesindeki düğümlerden elde ettiği bilgileri işleyerek hedefin gideceği yönü belirlemektedir. Hedefin tahmini gideceği yöndeki küme lideri uyandırılarak hedefin mevcut konum, hız ve yön bilgileri yeni küme liderine iletilir [8]. Kümelerin, ağın kurulumu aşamasında statik olarak oluşturulmasının bir takım dezavantajları bulunmak-

tadır. Bu dezavantajlardan bir tanesi, herhangi bir küme liderinin çeşitli nedenlerden dolayı görevini yerine getirememesi durumunda kümesindeki düğümlerin kullanışsız hale gelmesidir. Benzer şekilde küme içindeki düğümlerin kullanışsız hale gelmesi durumunda küme liderinin görevini yerine getirememesidir. Bir başka önemli dezavantaj da farklı kümelerde bulunan düğümlerin birbirleri ile doğrudan iletişime geçip bilgi paylaşımında bulunamayışlarıdır. Hedefin hareket etmesiyle kümelerin dinamik olarak oluşturulduğu yaklaşımlarda ise küme liderleri önceden belirlenmediği için, küme lideri belirleme mekanizmasına gereksinim vardır. Bazı yaklaşımlarda en yüksek sinyal gücü değerine sahip olan düğüm küme lideri seçilirken [9,10,17], bazı yaklaşımlarda da iki aşamalı lider düğüm seçme mekanizması kullanılmaktadır [3]. Bu mekanizmaya göre ilk aşamada küme içerisindeki komşu düğümler birbirlerine hedefe olan uzaklık ve kimlik bilgilerini iletirler. Eğer düğüme, hedefe kendisinden daha yakın olan bir komşu düğümünden mesaj gelmezse, kendisini aday lider düğüm olarak belirler. Aksi halde hedefe en yakın olan komşu düğümünü ata düğüm (parent) olarak belirler. Kümedeki bütün düğümler birbirlerinden tek sıçramalık mesafede olmayacağı için ilk aşama sonucunda küme lideri olmak için bir kaç aday düğüm çıkacaktır. İkinci aşamada ise bu aday düğümler küme içindeki bütün düğümlere hedefe olan uzaklık ve kimlik bilgisini yayar. Herhangi bir aday düğüm, hedefe kendisinden daha yakın bir aday düğümünden mesaj alırsa, aday düğüm olmaktan vazgeçer ve mesajın geldiği yolun tersi yönde bir yol oluşturarak hedefe kendisinden daha yakın olan aday düğüme bağlanır. Hedefe en yakın olan aday düğüm küme lideri olarak seçilir. [9,4]'te lider düğümü seçmek için Voronoi hücreleri tabanlı bir yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda voronoi hücreleri, önceden belirlenmiş güçlü düğümler arasında oluşturulmakta ve hedef hangi güçlü düğümün hücresine düşüyorsa o düğüm küme lideri olarak belirlenmektedir. Bu yaklaşımlarda kümeleme işlemi voronoi

hücreleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. [15]'te ise küme liderleri, periyodik olarak, kalan enerji miktarlarına ve düğümün komşu düğümlerine olan yakınlığına göre seçilir.

Bazı kümeleme yaklaşımlarında seçilen lider düğüm, kümesindeki bütün düğümlerden veri almak yerine sadece belirli kalitede veri elde eden düğümlerden bilgi almaktadır. [10]'da kümedeki her bir düğümün elde ettiği veriye, düğümün hedefe olan uzaklık bilgisi, hedefin yön ve hız bilgisi dikkate alınarak bir ağırlık değeri atanmaktadır. Düğüm, ancak belirli bir ağırlık değerinin üzerinde veri elde ederse verisini küme liderine iletmektedir. Benzer şekilde [3]'te de küme lideri en iyi kalitede veri algılayan üç düğümden veri göndermesini istemektedir. [12]'de küme lideri kümesindeki düğümler ile ilgili bir istatistik tablosu tutar ve en yüksek değere sahip üç düğüme hedefle ilgili daha detaylı bilgi toplamaları için mesaj gönderir. [16]'da gecikmelere duyarlı bir izleme algoritması geliştirilmesi hedeflenmiştir ve bunun için de küme liderinin kümesindeki düğümlerden elde ettiği bilgiler üzerinde bir sıkıştırma algoritması uygulanmıştır. Böylece hedefle ilgili veri iletilirken bu sıkıştırılmış bilgi iletilerek gecikmeler azaltılmıştır.

Bazı yaklaşımlarda[11] küme, kullanıcın gönderdiği istek mesajı ile eşleşen türde veri algılayan düğümler ile oluşturulur. Eşleşmeyen düğümler ise bu isteği not alırlar ve bu istekle ilgili algılama yaptıklarında isteği gönderen kullanılarak cevap mesajı gönderirler. [13]'te iki aşamalı hedef takibi gerçekleştirilir. İlk aşamada, hedefi algılayan düğümler küme oluşturarak hedefle ilgili bilgi toplarlar. İkinci aşamada ise hedefin küme içindeki hareketi takip edilir. [14]'te hedefin takip edileceği alan belirlenirken direk bir daire çizilip bu daire içindeki düğümlerin algılama yapması yerine, hedefin hız, yön, ivme gibi kinematik özellikleri dikkate alınarak uyandırılacak düğümler belirlenir. Bunun yapılmasının nedeni klasik yöntem ile daireler çizilerek oluşturulan küme-

de, hedef bazı alanlara belirli bir zaman dilimi içinde hiç uğramamaktadır. Bu nedenle klasik yöntemlerde olduğu gibi daire içindeki bütün düğümlerin uyandırılması gereksiz görülmektedir. [14]'teki yöntem benzer şekilde [20]'de de hedefin hareket yönünün ve hızının dinamik olarak değişeceği göz önünde bulundurularak hedef izleme algoritmaları önerilmiştir.

Küme tabanlı yaklaşımların bir takım avantajları vardır. Bunların başında da gereksiz mesaj iletimindeki azalma gelir. Gereksiz iletimin azalmasıyla enerji tüketimi azalacak ve ağın yaşam süresi artacaktır. Düğümlerin mesajlarını sadece küme liderlerine iletmeleri ile uzak mesafelere iletimin neden olacağı büyük enerji kayıpları engellenmiş olacaktır.

[20]'de ağaç tabanlı hareket izleme üzerine bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşıma göre hedefi algılayan düğümler birbirleri ile iletişime geçerek kendilerine bir kök düğüm seçerler. Bu yaklaşımda da bir kök düğüm seçme mekanizmasına gereksinim vardır. Kök düğüm seçmek için genellikle bir önceki bölümde bahsedilen küme tabanlı yaklaşımlarda küme lideri seçmek için kullanılan iki aşamalı yöntem kullanılmaktadır. Kök düğüm, kapsama ağacındaki bütün düğümlerden veri almakta ve bu veriler üzerinde bir takım işlemler yaparak hedef ile ilgili bilgi sağlamaktadır. Kapsayan ağaç tabanlı yaklaşımlarda hedef hareket ettikçe ağaçtan çıkarılacak eski düğümler ve ağaca eklenecek yeni düğümler olacaktır. Kök düğüm ile hedef arasındaki uzaklık belirli bir değeri aştığından yeni kök düğüm belirlenerek ağaç yeniden yapılandırılacaktır. Bu yaklaşım, kök düğüme ağaçtaki bir çok düğümden veri gönderimi yapıldığı için hedefle ilgili daha doğru bilgi elde etmek açısından avantajlıdır. Fakat hedef hareket ettikçe ağaçtaki düğümlerin hedefe uzaklığı artacağı ve ağaçta yeniden düzenlemelere ihtiyaç duyulacağı için enerji kullanımı açısından dezavantajlıdır.

Küme tabanlı ve ağaç tabanlı hareket izleme yaklaşımlarının yanında, [4,5,6] uygulama-

larında duyurga düğümlerinin ikili algılama yaptığı düşünülmüştür. Hedefin konum tespiti, hedefi algılayan düğümlerin konumlarının ortalaması alınarak hesaplanmış ve belirli zaman aralıkları ile hedefin konumları hesaplanarak elde edilen koordinatlar doğrultusunda bir doğru çizilip hedefin gideceği yön tespit edilmiştir. Hedefi, sadece hedefin gideceği yönün etrafındaki düğümlerin izlemesi sağlanmıştır. [21]'de dikdörtgen bir yapıya sahip ağ ortamı düşünülmüş ve dikdörtgenin köşelerine konumu bilinen düğümler yerleştirilmiştir. Ortamdaki diğer düğümler bu dört konumu bilinen (*beacon*) düğümden periyodik olarak sinyaller alırlar. Hedefin konumu, duyurga düğümlerinin, farklı konumu bilinen düğümlerden almış olduğu sinyal zamanına ve bu düğümlere olan açısal konumlarına dayalı olarak hesaplanır. [22]'de hedef takibi sürecinde enerji tüketiminin azaltılması için izleme alanında ve örnekleme aralığında düzenlemelerin yapılması önerilmiştir.

Hedefin izlenmesi sırasında önemli bir işlem hedefin yakın gelecekte uğrayacağı düğümün belirlenmesidir. Genel olarak şimdiye kadar incelediğimiz [8,10,6,4,5] yaklaşımlarında, hedefin iki veya daha fazla zaman dilimlerinde elde edilen konumları ve bu konumlara ulaşmak için geçen süre bilgileri kullanılarak hedefin hız ve yön bilgilerine ulaşılmıştır. Bu bilgiler kullanılarak da herhangi bir zaman için hedefin hangi konumda bulunacağı tahmini bilgisine ulaşılmıştır.

5. Sonuç

Hedef takibi gibi uygulamalar için telsiz duyurga ağlarının kullanım uygunluğu, araştırmacıların bu alana olan ilgisini arttırmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde çoğu çalışmada ortak olarak öncelikle izleme alanına giren hedef tespit edilmekte ve daha sonra da hedefi tespit eden düğümlerin kendi aralarında iletişim kurması ile elde ettikleri veriyi gönderebilecekleri bir lider düğüm seçmeleri sağlanmaktadır. Lider düğüm, duyurgalardan elde ettiği veriler üzerinde çeşitli

işlemler yaparak hedef ile ilgili konum, hız veya yön gibi bilgiler üretebilmektedir.

Bu çalışmada telsiz duyurğa ağlarında yapılmış olan hedef izleme algoritmaları incelenmiş ve temel olarak küme tabanlı ve kapsama ağacı tabanlı olmak üzere sınıflandırılmıştır. Bu çalışmalarda, izleme senaryolarının temel adımları olan hedefin konumunun belirlenmesi ve hedefin hareketinin izlenmesi aşamalarında hangi yöntemlerin kullanıldığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

[1] Jeongkeun Lee, Kideok Cho, Seungjae Lee, Taekyoung Kwon and Yanghee Choi, "Distributed and energy-efficient target localization and tracking in wireless sensor networks," Elsevier Computer Communications (COMCOM), Vol. 29, No. 13-14, pp. 2494-2505, August 2006.

[2] Y. Tseng, S. Kuo, H. Lee, C. Huang "Location Tracking in a Wireless Sensor network by Mobile Agents and its Data Fusion Strategies", International Workshop on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 03), pp. 625-641, 2003

[3] WenCheng Yang, Zhen Fu, JungHwan Kim, and Myong-Soon Park, "An Adaptive Dynamic Cluster-Based Protocol for Target Tracking in Wireless Sensor Networks", WAIM 07, pp. 157-167, 2007

[4] Zhibo Wang, Hongbin Li, Xingfa Shen, Xice Sun, Zhi Wang, "Tracking and Predicting Moving Targets in Hierarchical Sensor Networks", IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC 08), pp. 1169-1173, 2008

[5] W. Zhang, G. Cao, "DCTC: Dynamic Convoy Tree-Based Collaboration for Target Tracking in Sensor Networks", IEEE Transactions on Wireless Communications, pp. 1689-1701, 2004

[6] Kirill Mechitov, Sameer Sundresh, Youngmin Kwon, Gul Agha, "Cooperative Tracking with Binary-Detection Sensor Networks", ACM Sensys 03, pp. 332-333, 2003

[7] S. Ray, R. Ungrangsi, F. Pellegrini, A. Trachtenberg, D. Starobinski, "Robust Location Detection in Emergency Sensor Networks", INFOCOM'03, Volume: 2, pp. 207-219, 2002.

[8] H. Yang, B. Sikdar, "A Protocol for Tracking Mobile Targets Using Sensor Networks", In Proceedings of the IEEE Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, pp. 7181, 2003

[9] W. Chen, J. Hou, "Dynamic Clustering for Acoustic Target Tracking in Wireless Sensor Networks", IEEE Transactions on Mobile Computing, pp. 258-271, 2004

[10] Elizabeth Olule, Guojun Wang, Minyi Guo, Mianxiong Dong, "RARE: An Energy-Efficient Target Tracking Protocol for Wireless Sensor Networks", Proceedings of the 2007 International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW 07), pp. 76, 2007

[11] R.R. Brooks, P. Ramanathan, A.M. Saeed. "Distributed Target Classification and Tracking in Sensor Networks", Proceedings of the IEEE, Volume: 91, pp. 1163-1171, Issue: 8 Date: Aug. 2003

[12] N. Bulusu et al., "Scalable Coordination for Wireless Sensor Networks: Self-Configuring Localization Systems," Proc. 6th Int'l. Symp. Commun. Theory and Apps., Ambleside, U.K., July 2001

[13] R. R. Brooks, C. Griffin, D. S. Friedlander, "Self-organized Distributed Sensor Network Entity Tracking", International Journal of High Performance Computing Applications, Vol:16, No:3, pp. 207-219, 2002

- [14] J. Jeong, T. Hwang, Ti. He, D. Du,” MCTA: Target Tracking Algorithm based on Minimal Contour in Wireless Sensor Networks”, IEEE INFOCOM ’07, pp. 2371-2375
- [15] O. Younis, S. Fahmy,” Distributed Clustering in Ad-hoc Sensor Networks: A Hybrid, Energy-Efficient Approach”, INFOCOM’04, pp. 629-640, 2004
- [16] Y. Xu, W. Lee, “Compressing Moving Object Trajectory in Wireless Sensor Networks”, International Journal of Distributed Sensor Networks, Volume 3, Issue 2 , pages 151 – 174, April 2007
- [17] S.Suganya, “A Cluster-Based Approach for Collaborative Target Tracking in Wireless Sensor Networks” , ICETET’08, pp. 276-281,2008
- [18] R. Goshorn, J. Goshorn, D. Goshorn, H. Aghajan, “Architecture for Cluster Based Automated Surveillance Network for Detecting and Tracking Multiple Persons”, ICDSC’07, pp. 219-226, Sept. 2007
- [19] Wang X, Ma JJ , Wang S , Bi DW , “Cluster-based dynamic energy management for collaborative target tracking in wireless sensor networks”, International Journal of Sensors, Volume: 7, Pages: 1193-1215, 2007
- [20] L. Yang, C. Feng, J. W. Rozenblit, H. Qiao,” Adaptive Tracking in Distributed Wireless Sensor Networks”, ECBS 2006
- [21] A. Nasipuri, Kai Li., “A Directionality based Location Discovery Scheme for Wireless Sensor Networks”, WSNA’02, pp. 105-111, 2002,
- [22] J. Yick, B. Mukherjee, D. Ghosal,” Distributed target tracking and boundary estimation in wireless sensor networks”, International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems , Volume 1, Number 3, pp: 308 – 331, 2008
- [23] K.Akkaya, M.Younis, “A survey on routing protocols for wireless sensor networks ”, In The Journal of Ad Hoc Networks, Vol: 3, No:3, pp: 325-349, 2005