

Telsiz Duyurga Ağlarında Hızlı Hareket Eden Hedefler için Küme Tabanlı Hedef İzleme Algoritması

A Cluster Based Target Tracking Algorithm for Targets Moving Rapidly in Wireless Sensor Networks

Aysegul Alaybeyoğlu¹, Orhan Dağdeviren², Aylin Kantarcı¹, Kayhan Erciyes³

1. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Ege Üniversitesi
{aysegul.alaybeyoglu,aylin.kantarci}@ege.edu.tr
2. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
orhandagdeviren@iyte.edu.tr
3. Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü
Ege Üniversitesi
kayhan.erciyes@ege.edu.tr

Özetçe

Kablosuz iletişim teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte telsiz duyurga ağları (TDA) birçok sivil ve askeri uygulamalarda özellikle de hareketli hedefin takibi gibi konularda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada da TDA'da hızlı hareket eden nesnelere için küme tabanlı bir hedef izleme algoritması önerilmiştir. Literatürde bulunan mevcut çalışmalarda lider düğüm, hedefin sadece $t+1$ anında yaklaşacağı konumu tahminleyerek bu konuma en yakın düğümü uyandırır. Hedefin çok hızlı hareket etmesi durumunda ise hedefin kısa süre içerisinde bir grup düğümün yakınlarından algılanmadan geçip gitmesi söz konusudur. Önermiş olduğumuz algoritma ile hedefin hızına bağlı olarak, hedefin tahmini gideceği yöndeki düğümler önceden uyandırılarak, kümeler önceden oluşturulmaktadır. Böylece hedefin ani hızlanması durumunda, önceden oluşturmuş olduğumuz kümeler sayesinde hedefin kaybolma riskini azaltmış bulunmaktayız.

Abstract

Due to the advancements in low cost embedded processors and wireless transmission technologies, wireless sensor networks have been commonly used in many civil and military applications. In this study, we propose a cluster based target tracking algorithm for targets moving rapidly in wireless sensor networks. In the existing studies found in the literature, the current leader node at time t predicts the location only for time $t+1$. In case the target moves in high speed, it can pass by a group of nodes very fast without being detected. With our algorithm, we plan to implement target tracking systems that will predict the future locations

of the target and awaken the corresponding leader nodes in order the nodes along the trajectory to self organize to form the necessary structures to collect data related to the target in advance and thus reduce the target misses.

1. Giriş

Hedef takibi gibi uygulamalar için telsiz duyurga ağlarının kullanım uygunluğu, araştırmacıların bu alana olan ilgisini arttırmıştır. Literatür incelendiğinde, hedef takibi için yapılan çalışmalar temel olarak küme tabanlı ve kapsama ağacı tabanlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Küme tabanlı yaklaşımların bazılarında kümeler ağır kurulumu aşamasında statik olarak yerleştirilirken [1,2,3], bazılarında da hedef hareket ettikçe dinamik olarak oluşturulmaktadır [4,5,6,7,9]. 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 gideceği yöndeki küme lideri uyandırılarak, hedefin konum, hız ve yön bilgileri yeni küme liderine iletilir [2]. Kümelerin, ağır kurulumu aşamasında statik olarak oluşturulmasının bir takım dezavantajları bulunmaktadır. 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 da küme lideri görevini yerine getirememektedir. 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[4,5,6], bazı yaklaşımlarda da iki aşamalı lider düğüm seçme mekanizması kullanılmaktadır [7]. 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 (*Ing. 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. 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.

[8]'de kapsama ağacı tabanlı hareket izleme üzerine bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşıma göre hedefi algılayan düğümler birbirleri ile iletişime geçerek kendilerine bir kök düğüm seçerler. 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 düğümünden 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.

Literatürde bulduğumuz hedef izleme uygulamalarının çoğu hedefin sabit hızla hareket ettiğini varsaymaktadırlar. Bu durum hedef aniden durduğunda, dönüş yaptığında yada bir ivme ile hızını değiştirdiğinde hedefin kaybolma riskini arttırmaktadır. Önermiş olduğumuz algoritma ile hedefin kaybolma riskini en aza indirmeyi hedeflemekteyiz. Bildirinin 2. bölümünde önermiş olduğumuz algoritmayı daha detaylı olarak açıklamakta ve sonlu durum makinesini sunmaktayız. 3. Bölümde yapmış olduğumuz ölçüm sonuçları, 4. bölümde de bu sonuçlara dayalı yorumlar bulunmaktadır.

2. Önerilen Hedef İzleme Algoritması

2.1. Temel Fikir

Önerilen algoritmanın temel amacı hedefin ani hızlanması, ani yön değiştirmesi gibi durumlarda hedefin kaybedilme

riskini azaltmak ve hedefin hesaplanan tahmini konum bilgisinin doğruluğunu arttırmaktır. Bunun içinde hedefin hızı dikkate alınarak hedefin gideceği yöndeki düğümlerin önceden uyandırılıp, kümelerin önceden oluşturulması önerilmiştir. Önceden kaç adet kümenin oluşturulacağı, hedefin hızını dayalı olarak belirlenmiştir. Küme liderleri elde ettikleri tahmini hedef konum bilgilerini, algoritmanın en başında oluşturulan dağıtık bir kapsama ağacı üzerinden ana düğüme tümdenalm (*Ing. convergecast*) yöntemi ile iletmektedir. Ana düğüm, kapsama ağacı üzerinden elde ettiği hedefin tahmini konum bilgileri üzerinde bir tahminleme algoritması kullanarak hedefin izlemiş olduğu yolu belirlemektedir.

2.2. Algoritma

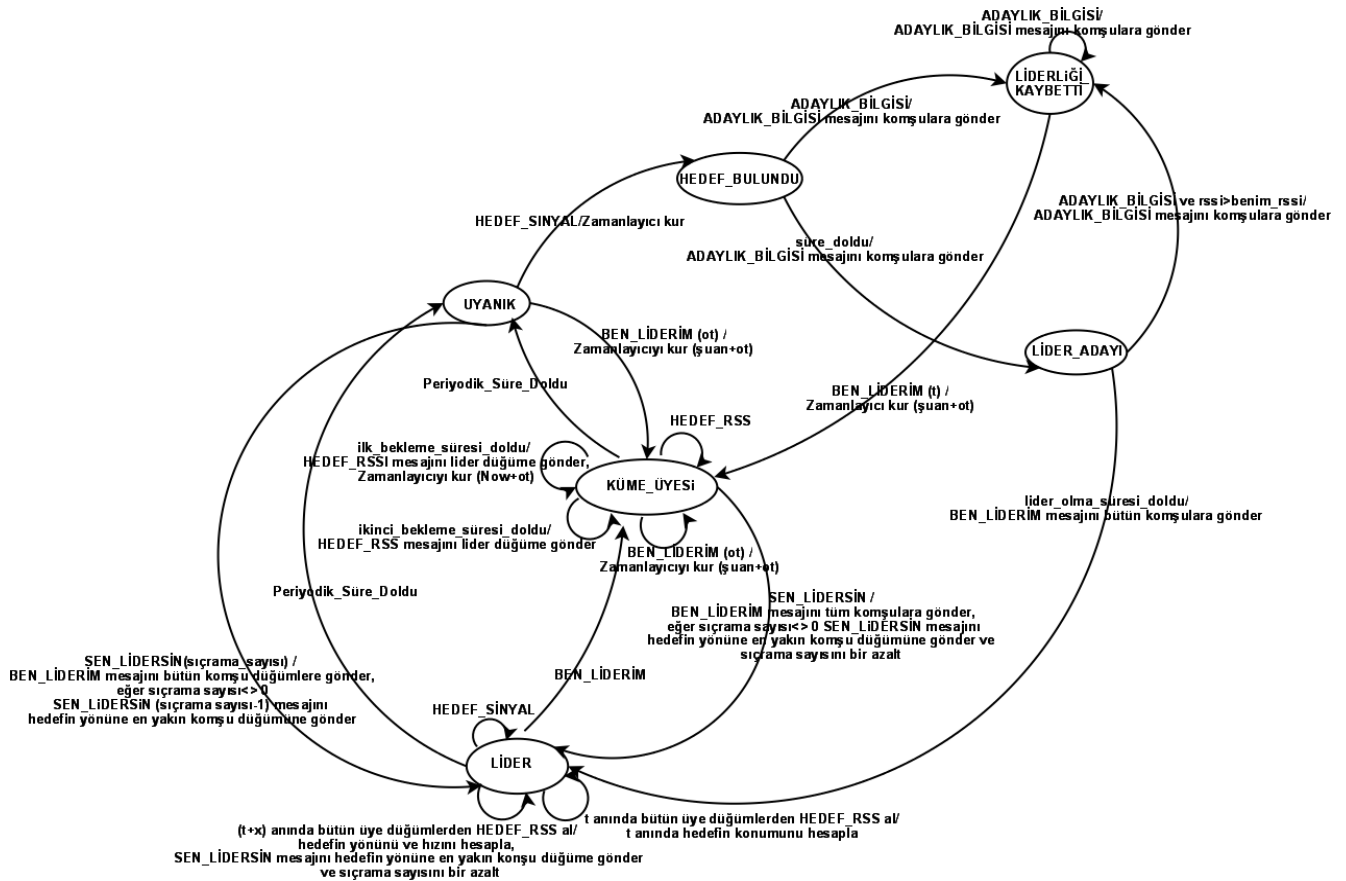
Önermiş olduğumuz algoritmada öncelikle, küme liderlerinin hesaplamış oldukları hedef konumlarının ana düğüme iletebilmesi için statik, kapsayan bir ağaç oluşturulmuştur. Buna göre başlangıçta bütün düğümler UYANIK durumda bulunmaktadır ve UYANIK durumdayken ilk olarak hangi düğüm ATA (Parent) mesajı gönderirse o düğümü ata düğüm olarak belirler ve bu mesajı komşu düğümlerine iletmeye devam eder. Oluşturmuş olduğumuz kapsama ağacı algoritması ile her bir düğüm ata düğümünü biliyor ve kapsama ağacı üzerinden ortamdaki bütün düğümlere erişebiliyor olacaktır. Kapsama ağacı oluşturulduktan sonra sıra hareketli hedefin takibine gelir. Bunun için de düğüm, UYANIK durumda iken nesneden sinyal aldığı anda HEDEF_BULUNDU durumuna geçer. Lider düğümü belirlemek için HEDEF_BULUNDU durumunda bulunan her bir düğüm, elde ettikleri sinyal gücü değerleri ile ters orantılı olarak belirledikleri zamanlayıcıları doluncaya kadar bekler. Zamanlayıcısı ilk dolan düğüm elde ettiği sinyal gücü değerini komşu düğümlere iletir ve kendisini lider olmaya aday olarak belirleyerek LİDER_ADAY durumuna geçer. Zamanlayıcısı dolmadan başka bir düğümünden ADAYLIK_BİLGİSİ mesajı alan düğümler ise bu bilgiyi komşu düğümlerine iletirler ve kendileri de liderliği kaybederek LİDERLİĞİ_KAYBETTİ durumuna geçer. HEDEF_BULUNDU durumunda olan bütün düğümler birbirlerinden tek sıçramalık mesafede olmayabileceği için birden çok LİDER_ADAY düğüm olabilir. Bu durumda bir LİDER_ADAY düğüme başka bir LİDER_ADAY düğümünün alınan sinyal gücü bilgisi geldiğinde, kendi sinyal gücü bilgisi ile karşılaştırır ve eğer kendi değeri küçükse LİDERLİĞİ_KAYBETTİ durumuna geçer. En son kalan LİDER_ADAY düğüm belirli bir süre bekledikten sonra LİDER durumuna geçer ve kendisinden tek sıçramalık mesafedeki komşu düğümlerine BEN_LİDERİM mesajını iletir. İlk küme lideri seçildikten sonra, küme üyeleri, t ve t+a zamanlarında elde ettikleri sinyal gücü değerlerini lider düğüme iletirler. Lider düğüm, en yüksek sinyal gücü değerlerine sahip 3 düğümün konum bilgilerini de kullanarak hedefin iki farklı zamandaki konumlarını üçgenleme (*Ing. Triangulation*) yöntemi ile hesaplar. Hedefin hesaplanan konum bilgisi Tümdenalm işlemi ile kapsama ağacı üzerinden ana düğüme iletilir. Lider düğüm iki farklı konum bilgisinden ve arada geçen zamandan hedefin hızını ve yönünü tespit eder. Lider düğüm, hedefin yönünü tespit ettikten sonra, bu yöne en yakın konumda bulunan komşu düğüme SEN_LİDERSİN mesajını ve yön bilgisini gönderir. Ayrıca mesajda, hedefin hız bilgisi ile doğru

orantılı olacak şekilde, önceden oluşturulacak küme sayısını belirlemek için bir sıçrama sayısı tutulur. Hedef ne kadar hızlı ise bu sıçrama sayısı yani önceden oluşturulacak küme sayısı da o kadar fazla olur. Şekil 1’de, önerilen algoritmaya ait sonlu durum makinesi bulunmaktadır.

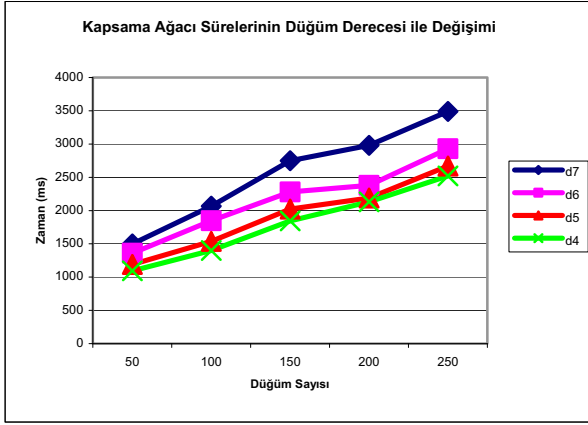
3. Ölçüm Sonuçları

Önerilen hedef izleme algoritması ns2 ortamı üzerinde uygulanmaya başlanmıştır. Öncelikle iletişim altyapısını oluşturmak için kullanılan kapsayan ağaç modülümüz tamamlanmış ve test edilmiştir. Daha sonra lider seçimi modülümüz benzetim ortamında geliştirilmiştir. Fiziksel ve MAC katmanında IEEE 802.11 Standartları kullanılmıştır. Düşümlerin pozisyonlarının rasgele atıldığı ns2 topoloji dosyası bizim tarafımızdan yazılan bir Java programı ile oluşturulmuştur. Bir düşüğün bağlı olduğu komşu sayısına o düşüğün derecesi denir. Ağın genel düşüm derecesi ağın karakteristiği ile ilgili çok önemli bir parametredir. Yazdığımız Java programı sayesinde ortalama düşüm derecesini de belirleyebildik. 50 düşümden 250 düşüme kadar ağlar oluşturarak dağıtık kapsama ağacı ile ilgili ölçümler yaptık. Şekil 2’de dağıtık kapsama ağacının düşüm sayısı ve derecesine bağlı olarak oluşturma süreleri

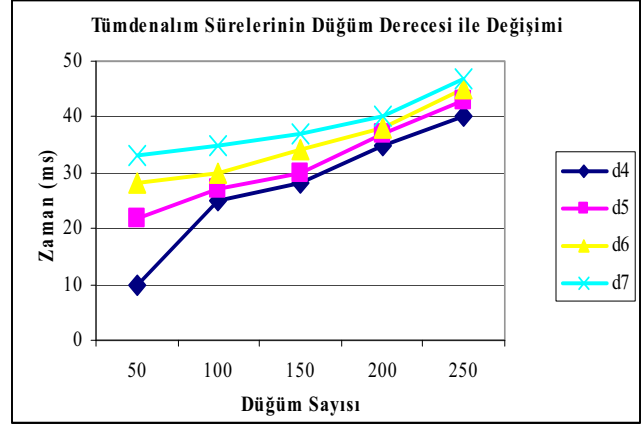
verilmiştir. Düşüm sayısı arttıkça zamanın doğrusal olarak arttığı ve 250 düşüm için en kötü durumda 3500ms’de bittiği görülmektedir. Derece sayısı 4 den 7’ye doğru arttıkça her derece artışı için yaklaşık 150mslik bir değişim olduğu görülmektedir. Şekil 3’de tümdenetim işleminin düşüm sayısı ve derecesine bağlı olarak oluşturma süreleri verilmiştir. Tümdenetim işleminin zamanı da düşüm sayısına bağlı olarak doğrusal bir artış göstermiş, değişen düşüm derecelerine göre kararlı sonuçlar göstermiştir. Hedef İzleme Algoritmasının lider seçim modülü ns2 üzerinde yazılmıştır. 100 düşümlük bir ağ üzerinde artan düşüm derecelerine göre lider seçim süresi ölçülmüştür. Düşüm derecelerine göre kararlı sonuçların ölçüldüğü Tablo 1’de görülmektedir. 100 düşümlük bir ağ üzerinde hedefin hızına göre lider seçim süreleri ölçülmüştür. Tablo 2’de görüldüğü üzere hedefin hızı 20m/s çıkarıldığı durumda dahi lider seçim süreleri kararlı sonuçlar göstermiştir. Lider seçim süreleri 281ms ile 287ms arasında değişmektedir. Sonuç olarak bilgileri toplamak için oluşturduğumuz kapsayan ağacın oluşturma süresi ve bilgilerin toplanma süresi düşüm sayısına göre doğrusal olarak artmakta ve düşüm derecesine göre kararlılık göstermekte, bunun yanında lider seçim modülümüz hedefin hızına göre ve düşüm derecesine göre çok yaklaşık ve kararlı sonuçlanmaktadır.



Şekil 1: Küme Tabanlı Hedef İzleme Algoritması Sonlu Durum Makinesi



Şekil 2: Dağıtık Kapsama Ağacının Düğüm Sayısı ve Bağlı Olarak Oluşturulma Süresi



Şekil 3: Tümdenalım İşleminin Düğüm Sayısı ve Derecesine Bağlı Olarak Oluşturulma Süresi

Derece	Süre(ms)
4	280
5	282
6	285
7	290

Gezinlik	Süre(ms)
0 m/sn-5 m/sn	281
5 m/sn-10 m/sn	284
10m/sn-15 m/sn	283
15 m/sn – 20 m/sn	287

4. Sonuçlar

Bu çalışmamızda hızlı hareket eden hedefler için küme tabanlı bir izleme algoritması önerdik. Önerdiğimiz algoritma için geliştirdiğimiz kapsayan ağaç ve lider düğüm seçim modüllerimizi tanıtarak bu modüllerle ilgili başarımlarımızı sonuçlarımızı verdik. Önerdiğimiz hedef izleme algoritmasının diğer modüllerinin geliştirimi devam etmektedir.

5. Kaynakça

- [1] 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
- [2] 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
- [3] 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
- [4] W. Chen, J. Hou, "Dynamic Clustering for Acoustic Target Tracking in Wireless Sensor Networks", *IEEE Transactions on Mobile Computing*, pp. 258-271, 2004

- [5] 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
- [6] S.Suganya, "A Cluster-Based Approach for Collaborative Target Tracking in Wireless Sensor Networks", *ICETET'08*, pp. 276-281, 2008
- [7] 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
- [8] 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
- [9] 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