

Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Dinamik Baz İstasyonu Konumlandırmasında Kullanılan Ağırlıklı Katsayıların Belirlenmesi

Determining the Weighted Coefficients Used for Dynamic Base Station Positioning in Wireless Sensor Networks

Kadir TOHMA¹, İpek ABASIKELES-TURGUT², Yakup KUTLU³
^{1,2,3}Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay, Türkiye
{¹kadir.tohma, ²ipek.abasikeles, ³yakup.kutlu}@iste.edu.tr

Öz

Kablosuz Algılayıcı Ağlarda (KAA) enerji kaynaklarının sınırlı olması, beraberinde, ağ yaşam süresini artırmak amacıyla literatürde çeşitli enerji efektif çözümlerin aranmasını getirmiştir. Bu çözümler arasında baz istasyonunun hareketi baz-düğüm arası veri iletişim maliyetini doğrudan etkilediği için önemli bir yere sahiptir. Dinamik baz istasyonu konumlandırmasında düğümlerin konumları ile birlikte enerjilerinin de hesaba katılmasının ağırlıklı verimliliğini artırdığı bilinmekle birlikte, bu parametrelerin hangi oranlarda kullanılması gerektiğine dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada simülasyon yöntemi kullanılarak HEED protokolü üzerinde dinamik baz istasyonu modelinde konum ve enerji parametrelerinin optimum oranları araştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre her iki parametrenin de eşit oranda kullanılmasının ağ yaşam süresi açısından en iyi performansı sergilediği gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: kablosuz algılayıcı ağlar, dinamik baz istasyonu, enerji, konum, hiyerarşik yönlendirme protokolleri.

Abstract

Since the resources are limited in Wireless Sensor Networks (WSNs), the studies in literature focus on energy effective solutions on the purpose of increasing the lifetime of the network. Sink position has an important role among these studies due to its direct effect on sink-node communication cost.

Gönderme ve kabul tarihi: 26.12.2016 - 04.09.2017

Although, using both energy and location of the nodes as parameters on dynamic sink positioning increase the efficiency of the network, a study that tries to find the best ratio between these parameters does not exist. In this study, optimum ratio between energy and location parameters on determining dynamic sink position on HEED algorithm is investigated by using simulation and the results show that the lifetime of the network has the highest performance when the rates of these parameters are equal.

Keywords: wireless sensor networks (WSN), dynamic sink positioning, energy, location, hierarchical routing protocols.

1. Giriş

Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA), düşük güç tüketimi, sınırlı çalışma süresi, düşük işlem hızı ve kapasitesi, düşük maliyet gibi özelliklere sahip çok sayıda algılayıcıdan (düğüm) oluşur. Bu algılayıcılar uygulama alanına göre sıcaklık ve nem ölçümü, devinim algılama, ışık tespiti, basınç ve sismik veri ölçümü, ses algılama ve ölçümü, canlı ve cansız varlık tespiti gibi çeşitli işlemleri yapabilmektedir. KAA, sel, orman yangını, deprem gibi doğal afetlerin tespiti, hava kirliliği tespiti ve ayrıntılı rapor alınması, doğal yaşamın gözlenmesi, teçhizat ve cephaneye izlenmesi, savaş alanının gözlenmesi, nükleer, biyolojik ve kimyasal saldırı ihbarının alınması ya da keşfi gibi önemli uygulamaya alanlarına sahiptir [1]. KAA, uygulamaya bağlı olarak uygulama sahasındaki konumlandırılmalarını (elle konumlandırma veya

uçaktan atma gibi) takiben algılayıcıların birbiri ile iletişim kurması ile oluşmaya başlar. Dügümler, verilerin toplandığı merkez olan baz istasyonunun etrafında, belirlenen algoritma ile kendi kendilerine hızlı bir şekilde organize olurlar ve iletişime geçmeye hazır hale gelirler [2].

Konulandırmanın ardından düğüm kaynaklarının yenilenmesi genellikle mümkün olmayan KAA'da enerjinin verimli olarak kullanılması ağın performansı açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir [3]. Bununla birlikte baz istasyonunun ağı içerisindeki konumu, veri iletişim maliyetini doğrudan etkilediği için KAA'da enerji verimliliğinin sağlanmasında önemli rol oynar [4]. Bu nedenle literatürde dinamik baz istasyonu konumlandırması üzerine birçok çalışma yapılmıştır [5-8].

Baz istasyonu hareketine karar vermek amacıyla çeşitli ağı parametreleri literatürde kullanılmakta olup, bunlar içinden en yaygın olan düğümlerin konum bilgileridir [9;10]. Bununla beraber düğümlerin kalan enerjilerini de baz istasyonu hareketinde hesaba katmanın ağı performansını artıracakları ispatlanmıştır [11]. Ancak, baz istasyonu konumunu belirleyecek formülde kullanılacak bu parametrelerin hangi ağırlıklarda daha iyi performans gösterdiği üzerine literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, dinamik baz istasyonu konumlandırması için düğümlerin kalan enerjileri ve konum bilgileri parametrelerinin optimum ağırlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Her iki parametreye de 0-1 aralığında çeşitli ağırlıklar verilerek ağı yaşam süresi ölçülmüş ve sonuçlar sabit baz istasyonu kullanıldığı durumla kıyaslanmıştır. OMNeT++ [12] programı kullanılarak benzetimi yapılan ağda hiyerarşik bir yönlendirme protokolü olan HEED [13] algoritması kullanılmıştır.

Bölüm 2'de Önceki Çalışmalar, Bölüm 3'te Materyal ve Yöntem, Bölüm 4'te Simülasyon Sonuçları, Bölüm 5'te Sonuç, Bölüm 6'da Teşekkür, Bölüm 7'de ise Kaynaklar yer almaktadır.

2. Önceki Çalışmalar

Literatürde dinamik baz istasyonu konumunu belirlemek amacıyla kullanılan parametreler içinde en yaygın olanı düğümlerin konum bilgileridir [14-16]. Flathagen ve arkadaşları [14], düğümlerin konum bilgilerinden yararlanarak baz istasyonunu dinamik bir şekilde hareket ettirmişlerdir. Çalışmanın amacı düğümlerin baz istasyonu ile olan mesafelerinin toplamının en aza indirgenmesidir. Yun ve Xia [15], düğümlerin konum bilgilerinden yararlanarak baz istasyonunun bölgesel hareketini gerçekleştirmişlerdir. Enerji ve zaman kayıplarının ihmal edildiği çalışmada ağı yaşam süresi iyileştirmesi

amaçlanmıştır. Tohma ve arkadaşları [11] ise düğümlerin konum bilgilerinin yanı sıra kalan enerji miktarlarından da faydalanmış ve her döngüde bu iki parametreyi temel alarak baz istasyonunun hareketi sağlamışlardır. Dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde sabit baz istasyonu kullanımına kıyasla ağı yaşam süresinde ve baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısında iyileştirmeler elde edilmiştir [11]. Bu çalışmalar haricinde literatürde geometrik mobilite senaryolarından faydalanan çeşitli çalışmalar yer almaktadır [16;17]. Örneğin Marta ve Cardei [16] altıgen çevre yöntemiyle baz istasyonu hareketini gerçekleştirmişler ve ağı yaşam süresinde iyileştirmeye sağlamışlardır. Tohma ve arkadaşlarının çalışmalarında yeni bir dinamik baz istasyonu konumlandırma algoritması önerilmiştir [18], ayrıca bir diğer çalışmada ise yine dinamik baz istasyonu kullanılmış ve düğüm dağılımlarının ağı ömrüne etkileri incelenmiştir [19].

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, öncelikle OMNeT++ simülasyon programı kullanılarak, hiyerarşik yönlendirme protokollerinden birisi olan HEED algoritması modellenmiş; ardından sisteme dinamik baz istasyonu eklenmiştir. Tasarlanan modelde kullanılan parametreler Çizelge-1'de görülmektedir.

Kullanılan dinamik baz istasyonu konumlandırma algoritması, Denklem (1) ve Denklem (2)'de görüldüğü üzere düğümlerin kalan enerjileri ile birlikte konum bilgilerini de hesaba katmaktadır [11].

$$B_{kx} = (\alpha K)_x + (\beta E)_x \quad (1)$$

$$B_{ky} = (\alpha K)_y + (\beta E)_y \quad (2)$$

Bu denklemlerde B_{kx} , baz istasyonunun x koordinatını; B_{ky} , baz istasyonunun y koordinatını, α ve β parametrelerin etki katsayılarını; E, düğümlerin kalan enerjileri ile ağırlıklandırılmış konum bilgisini; K, ise düğümlerin konum bilgisini ifade etmektedir. Bu çalışmanın amacı, optimum α ve β değerlerini elde etmektir. Bu amaçla α ve β değişkenlerine Çizelge-2'de görüldüğü üzere 0-1 arasında çeşitli değerler verilmiştir. α değerinin 0 olduğu durum (bu durumda β değişkeni 1 olmaktadır), baz istasyonu hareketinde sadece düğümlerin enerjilerinin hesaba katıldığı duruma denk gelirken; 1 olduğu durum (bu durumda β değişkeni 0 olmaktadır) ise düğümlerin sadece konum bilgilerinin kullanıldığı durumdur.

Çizelge-1: Simülasyon parametreleri

Parametreler	Değerler
Ağ alanı	100 m * 100 m
Düğüm sayısı	100
Düğüm dağılımı	Düzenli dağılım
Küme başı olasılığı(C_{prob})	0.05
Devrede sinyali almak veya iletmek için harcanan enerji (E_{elec})	50 nJ/bit
Kısa mesafelerdeki iletim için yükselteçlerin harcadığı enerji (E_{fs})	10 pJ/bit/m ²
Uzun mesafelerdeki iletim için yükselteçlerin harcadığı enerji (E_{mp})	0.0013 pJ/bit/m ⁴
Veri Birleştirme Enerjisi (E_{DA})(E_{fusion})	5 nJ/bit/signal
Veri paketi boyutu	100 byte
Yayım paket boyutu	25 byte
Paket başlığı boyutu	25 byte
Küme yarıçapı	25 m
Başlangıç enerjisi (E_0)	0.25 J
Eşik mesafesi (d_0)	75 m
Sabit baz istasyonu konumu	x:50 m, y:175 m

Çizelge-2: Dinamik baz istasyonu hareketinde kullanılan parametrelerin etki katsayıları.

α	β
0	1
0.1	0.9
0.2	0.8
0.3	0.7
0.4	0.6
0.5	0.5
0.6	0.4
0.7	0.3
0.8	0.2
0.9	0.1
1	0

3.1 Heed Protokolü

KAA'da ağ ömrünü uzatmak amacıyla Younis ve Fahmy tarafından enerji efektif, dağıtık ve hibrit kümeleme (HEED) [13] protokolü önerilmiştir. HEED, küme başı seçiminde düğümlerin kalan enerjisi ile birlikte derecesi veya yoğunluğu parametrelerini kullanarak ağdaki güç dengesini sağlamayı hedefler. Kümeler arası iletişimde adaptif iletim gücünü kullanan HEED, çoklu adım (multi-hop) ağlarda çalışır. HEED'in dört temel amacı vardır:

- Enerji tüketimini dengeli bir şekilde dağıtarak ağ ömrünü uzatmak,
- Kümeleme işlemini belirli sayıda iterasyonla gerçekleştirmek,
- Kontrol yükü maliyetini minimize etmek,
- İyi dağıtılmış küme başlarına sahip kompakt kümeler üretmek.

Küme başı seçimi iki parametrenin kombinasyonu sonucu elde edilir. Birincil parametre olarak düğümlerin kalan enerjileri seçilirken; ikincil parametre olarak küme yoğunluğu veya düğüm derecesinin bir fonksiyonu olan küme içi iletişim maliyeti seçilmiştir. Birincil parametre geçici küme başlarını küme başlarının olasılıksal seçimini sağlarken; ikinci parametre ile final küme başlarının seçimi sağlanır. Bir düğümün küme başı olma ihtimali Denklem (3)'te gösterilmiştir.

$$CH_{prob} = C_{prob} * \frac{E_{residual}}{E_{max}} \quad (3)$$

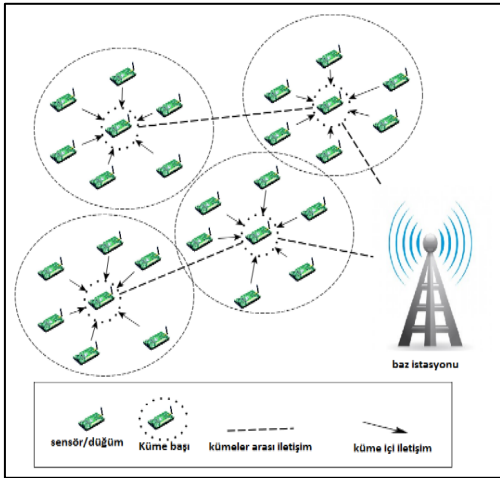
Bu denklemde $E_{residual}$, düğümün mevcut enerjisi olup, E_{max} ise düğümün maksimum enerjisidir. Homojen düğüm dağılımına sahip ağlarda düğümlerin ilk enerjileri maksimum enerji olmakla birlikte ağdaki tüm düğümler için aynıdır. Formülde kullanılan C_{prob} değeri ilk küme başlarının reklam mesajlarının sayısını sınırlamak amacıyla kullanılmakla birlikte final küme başlarının seçiminde doğrudan bir etkiye sahip değildir. Eğer bir küme başının CH_{prob} değeri 1'in altında ise geçici küme başı; aksi takdirde final küme başı olarak belirlenir. HEED'in her döngüsünde, etraftaki herhangi bir küme başından mesaj alamayan düğümler CH_{prob} olasılıkla kendilerini küme başı olarak seçerler. Yeni seçilen küme başları, mevcut küme başı dizisine eklenir. Bir düğüm küme başı olarak seçildiyse, geçici veya final küme başı olduğuna dair etrafa haber mesajı yollar. Küme başı dizisinden haber mesajlarını alan algılayıcı düğümler,

kendisi ile iletişim maliyeti en düşük olan küme başının kümesine dâhil olurlar. Bir sonraki iterasyonda küme başları CH_{prob} değerlerini iki katına çıkararak aynı işlemleri tekrarlarlar. Eğer geçici küme başları daha düşük maliyetli bir küme başından haber mesajı alırsa, kendisini sıradan algılayıcı düğüm seviyesine çeker. İterasyonlar sonunda düşük maliyetli ve yüksek enerjili düğümler final küme başları olarak belirlenmiş olur.

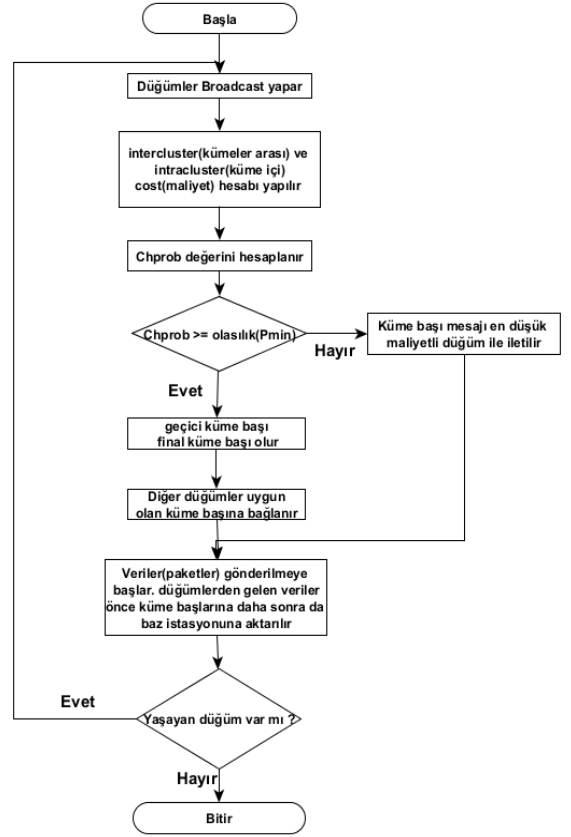
HEED protokolünün sağladığı avantajlar aşağıdaki şekildedir:

- Küme başı seçimi için iki önemli parametrenin kullanımından faydalanan, tam dağıtılmış bir yöntemdir.
- Ağ üzerinde düzenli küme başı dağılımını ve yük dengesini sağlamaktadır
- Küme başları ve baz istasyonları arasında çoklu adımlardan oluşan iletişim, tek adımdan oluşan iletişime kıyasla daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Şekil 1’de HEED protokolünün genel yapısı, Şekil 2’de ise HEED protokolünün işleyişini gösteren genel bir akış şeması gösterilmiştir.



Şekil-1. HEED protokolü genel yapısı.



Şekil-2. HEED protokolü genel akış şeması.

4. Simülasyon Sonuçları

Bu çalışmada, HEED protokolü üzerinde düğümlerin kalan enerjileri ile birlikte konumlarını da hesaba katan dinamik bir baz istasyonu konumlandırma algoritması kullanılmıştır. Dinamik baz istasyonu hareketinde kullanılan iki parametrenin hangi oranlarda kullanılmasının ağın verimliliği açısından daha iyi olacağını belirlemek amacıyla her iki parametreye de 0-1 arasında değerler verilerek simülasyonlar çalıştırılmış ve ağ yaşam süresi ölçülmüştür. Ölçülen ağ ömrü, sabit baz istasyonu kullanılan durumla kıyaslanarak performans iyileştirme yüzdeleri hesaplanmıştır. Simülasyon sonucunda son düğümün öldüğü döngü, ağ yaşam süresini ifade etmektedir. Çizelge-3’te farklı konum (α) ve enerji (β) parametre katsayıları için döngü cinsinden ağ yaşam süresi ve sabit baz istasyonu

kullanılan duruma göre elde edilen yüzde performans artışı görülmektedir.

Çizelge-3: 0-1 arasında çeşitli değerler alan konum (α) ve enerji (β) parametre katsayıları için döngü cinsinden ağ yaşam süresi ve sabit baz istasyonu kullanılan duruma göre elde edilen yüzde performans artışı.

α	β	Ağ yaşam süresi (döngü)	Sabit baz istasyonuna kıyasla performans artışı
0	1	3507	%107.5
0.1	0.9	3509	%107.6
0.2	0.8	3512	%107.8
0.3	0.7	3589	%112.3
0.4	0.6	3647	%115.7
0.5	0.5	3705	%119.2
0.6	0.4	3682	%117.8
0.7	0.3	3608	%113.4
0.8	0.2	3569	%111.1
0.9	0.1	3556	%110.4
1	0	3548	%109.9

Öncelikle, baz istasyonu hareketinde sadece konum ve sadece enerji kullanıldığı durumlar ayrı ayrı incelendiğinde, sabit baz istasyonu konumlandırmasına göre ağ yaşam süresinde elde edilen performans artış yüzdelерinin birbirine çok yakın olduğu (%107.5 ve %109.9) görülmektedir. Bu durumda her iki parametrenin de etkisinin neredeyse eşit olduğu söylenebilir. Sadece enerji parametresinin kullanıldığı durumdan itibaren (%109.9), seçime konumun da eklenmesi birlikte ile gittikçe artan bir performans artışı sergilenmekte ve her iki parametrenin de eşit oranda kullanıldığı durumda maksimum değerine (%119.2) ulaşmaktadır. Benzer şekilde sadece konum parametresinin kullanıldığı durumdan itibaren (%107.5) seçime enerjinin de eklenmesi ile birlikte gittikçe artan bir performans artışı sergilenmekte ve her iki parametrenin de eşit oranda kullanıldığı durumda maksimum değerine (%119.2) ulaşmaktadır.

Elde edilen sonuçlar, her iki parametrenin de katsayılarının birbirine yaklaştıkça, sistemin ağ yaşam süresi açısından sabit baz istasyonu kullanıldığı duruma göre daha da iyi performans sergilediğini ve katsayıların birbirine eşit olduğu

durumda (0.5) en iyi artışın elde edildiğini göstermektedir. Ayrıca farklı düğüm sayıları (200 düğüm) ve farklı ağ alanlarında (200 m* 200 m) yapılan testlerde de α ve β katsayılarının 0.5 olarak seçilmesi en iyi sonucu vermektedir.

5. Sonuç

Enerji kaynaklarının oldukça sınırlı olduğu KAA'da ağın yaşam süresini artırmak amacıyla enerjinin verimli olarak kullanılması oldukça önemlidir. Baz istasyonunun konumu, baz ile düğümler arasındaki iletişim maliyetini doğrudan etkilediği için ağın performansı açısından önemli bir parametredir.

Dinamik baz istasyonu konumlandırmasında düğümlerin enerjileri ile birlikte konum parametrelerinin de kullanımı yüksek oranda ağ verimliliği sağlamaktadır. Ancak bu parametrelerin hangi oranda kullanılmasının ağ yaşam süresi için avantajlı olacağı üzerine herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada bu iki parametrenin 0-1 arasında değişen çeşitli oranları için ağın performansı ağ yaşam süresi cinsinden ölçülmüş, bu süreler sabit baz istasyonu kullanıldığı durumlarla kıyaslanmış ve optimum oran belirlenmeye çalışılmıştır.

OMNeT++ programı kullanılarak simüle edilen ve HEED protokolünü kullanan sistemde her iki parametrenin de eşit oranda kullanılmasının (0.5) ağ ömrü açısından en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmiştir.

Kaynakça

- [1] Abasıkeleş-Turgut I., Aydın, M. N., and Tohma, K., *A Realistic Modelling of the Sinkhole and the Black Hole Attacks in Cluster-Based WSNs*. International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 4, No. 1, 2016.
- [2] Mahgoub, I, and Mohammad, I., *Sensor network protocols*. CRC press, 2016.
- [3] Tohma, K., Aydın, M. N. and Abasıkeleş-Turgut, I., *Improving the LEACH protocol on wireless sensor network*. 2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). IEEE, 2015.
- [4] Chatzigiannakis, I., Kinalis, A. and Nikolettseas, S., *Efficient data propagation strategies in wireless sensor networks using a single mobile sink*. Computer Communications, 31(5), 896-914, 2008.

- [5] Latiff., N. A. and Ismail, I. S., *Performance of mobile base station using Genetic Algorithms in Wireless Sensor Networks*. German Microwave Conference (GeMiC) (pp. 251-254). IEEE. 2016.
- [6] Sujitha, D., Kumar M. S. D., *A Proactive Data Reporting Protocol for Wireless Sensor Networks*. International Journal of Computer Science and Mobile Applications 2(3), 9-17, 2014.
- [7] Wu, X., Chen, G., *Dual-sink: using mobile and static sinks for lifetime improvement in wireless sensor networks*. Computer Communications and Networks ICCCN. Proceedings of 16th International Conference on. IEEE, 2007.
- [8] Mollanejad, A., Khanli, L. M., Zeynali, M., *DBSR: Dynamic base station Repositioning using Genetic algorithm in wireless sensor network*. Computer Engineering and Applications (ICCEA), Second International Conference on IEEE, 2010.
- [9] Liang, W., Luo, J. and Xu, X. *Prolonging network lifetime via a controlled mobile sink in wireless sensor networks*. Global Telecommunications Conference GLOBECOM, 2010.
- [10] Pavithra, M. K., Ghuli, P., *A Novel Approach for Reducing Energy Consumption Using K-Medoids in Clustering Based WSN*. International Journal of Science and Research (IJSR), 4(6), June 2015
- [11] Tohma K., Abasikeleş-Turgut, I. and Kutlu, Y., *A Novel Dynamic Base Station Positioning Method For Wireless Sensor Networks*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (Baskıda).
- [12] Varga, A., *The OMNeT++ discrete event simulation system*. Proceedings of the European simulation multiconference (ESM'2001). 9, 185, 2001.
- [13] Younis, O. and Fahmy, S., *HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks*. Mobile Computing, IEEE Transactions on, 3(4), 366-379, 2004.
- [14] Flathagen, J., Kure, Ø., and Engelstad, P. E., *Constrained-based multiple sink placement for wireless sensor networks*. In Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), 8th International Conference on (pp. 783-788). IEEE. 2011.
- [15] Yun, Y. S. and Xia, Y., *Maximizing the lifetime of wireless sensor networks with mobile sink in delay-tolerant applications*. Mobile Computing, IEEE Transactions on 9(9), 1308-1318, 2010.
- [16] Marta, M. and Cardei, M., *Using sink mobility to increase wireless sensor networks lifetime*. World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, WoWMoM. 2008 International Symposium on a. IEEE, 2008
- [17] Salim, A. and Badran, A. A., *Impact of using Mobile Sink on Hierarchical Routing Protocols for Wireless Sensor Networks*. International Journal of Advanced Science and Technology 77, 37-48, 2015.
- [18] Tohma, K., Kutlu, Y., and Abasikeles-Turgut, I. *A new cluster head based dynamic base station positioning for wireless sensor networks*. In *Electronics*, (pp. 1-6). IEEE. 2017.
- [19] Tohma, K., Kutlu, Y., and Abasikeles-Turgut, I. *Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Düğüm Dağılımlarının Baz İstasyonu Konumlandırması Üzerine Etkisi*. Uluslararası Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Konferansı (UBMK) 2016.