

Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Güncel Küme Başı Seçim Fonksiyonları

İpek ABASIKELEŞ-TURGUT*

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 31200, Hatay

YAYIN BİLGİSİ

Tarihçe:

Alınış: Ekim 2019
Kabul: Aralık 2019
Online Yayınlanma: Aralık 2019

Anahtar Kelimeler:

Kablosuz Algılayıcı Ağlar
Kümeleme-Tabanlı Yönlendirme
Küme Başı
LEACH

ÖZET

Literatürdeki en yaygın alanlardan olan Nesnelerin İnternet'i (Internet of Things, IoT) akıllı telefonlardan kablosuz algılayıcılara kadar çok sayıda heterojen aygıtın global olarak iletişim kurabilmesini ve iş birliği içerisinde çalışabilmesini hedefler. IoT uygulamalarının önemli bir anahtar teknolojisi; küçük, düşük güçle çalışan ve maliyeti az algılayıcıların oluşturduğu Kablosuz Algılayıcı Ağlar' dır (KAA). Batarya ile beslenen algılayıcı düğümlerin sınırlı enerjilerinden dolayı ağın enerji tüketimini düşürmek ve böylece yaşam süresini uzatmak KAA'da çözülmesi gereken temel problemlerden birisidir. Hiyerarşik yönlendirme protokolleri enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağladığı için literatürde geniş kullanım alanı bulmuştur. Küme başının seçimi ağın yaşam ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, KAA'da ilk kümeleme tabanlı yönlendirme protokolü olan LEACH, günümüze kadar birçok çalışmada iyileştirilmiştir. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu küme başı seçiminde çeşitli parametrelerin ağırlıklı bir fonksiyonunu kullanmıştır. Bu fonksiyonun sonucunda elde edilen değer, ya önceden belirlenmiş bir eşik değeri ile kıyaslanarak ya da düğümlerin uyku süresi olarak atanarak küme başı seçiminde kullanılmıştır. Bu çalışmada, son yıllarda hiyerarşik yönlendirme protokollerinde kullanılan küme başı seçim fonksiyonları incelenmiştir. Fonksiyonlarda kullanılan parametreler ile birlikte, bu parametrelerin fonksiyondaki ağırlıkları ele alınmış ve kıyaslanmıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, bu çalışmanın, gelecekteki kümeleme tabanlı yaklaşımlara yol göstereceği düşünülmektedir.

Recent Cluster Head Selection Functions on Wireless Sensor Networks

ARTICLE INFO

History:

Received: October 2019
Accept: December 2019
Available online: December 2019

Keywords:

Wireless Sensor Networks
Cluster-Based Routing
Cluster Head
LEACH

ABSTRACT

Internet of Things (IoT), which is one of the most popular topics in literature, aims to globally cooperate and interconnect heterogeneous devices varying from smart phones to wireless sensors. Wireless Sensor Networks (WSNs), consisting of tiny, low power and low-cost sensor devices, are an important key technology of IoT applications. Due to restricted energies of battery-powered sensor nodes, decreasing the energy consumption of the network and increasing the network lifetime is a major concern in WSNs. Hierarchical routing protocols provide efficient usage of energy and hence, are widely used in literature. Selecting the cluster heads has a significant impact on the lifetime of the network. Therefore, the first cluster-based routing protocol in WSNs, called LEACH, has been upgraded in many studies up until now. Most of these have used a weighted function of varying parameters for cluster head election. The value of the function is either compared with a predefined threshold value or determines the sleeping time of a node during the process of cluster head selection. In this paper, recent cluster head election functions used in hierarchical routing protocols are reviewed. The parameters of the functions and the coefficients of these parameters are discussed and compared. From this point of view, this study is assumed to enlighten future clustering-based methodologies in literature.

1. Giriş

Günümüzün en popüler alanlarından biri olan Nesnelerin İnternet'i (Internet of Things - IoT), akıllı telefonlardan kablosuz algılayıcılara kadar çok sayıda heterojen aygıtın global olarak iletişim kurabilmesini ve işbirliği içerisinde çalışabilmesini hedefler. Akıllı şehirlerdeki birçok IoT uygulamasının anahtar teknolojisi; çeşitli özelliklerdeki algılayıcılar ile donatılmış, düşük maliyetli küçük otonom aygıtların oluşturduğu Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA)'dır [1]. Akıllı şehir uygulamaları ile verimli tarım gibi akıllı çevresel uygulamaların dışında KAA; tedarik zinciri kontrolü, ev aygıtlarının uzaktan yönetilmesi, endüstriyel fabrika otomasyonları, otomotiv, demir yolu ve hava trafik kontrolü ve afet yönetimi gibi uygulamalar ile insan hayatının kalitesinin artırılmasında da kullanılmaktadır [2].

KAA; algılayıcı adı verilen, çevreyi algılamak ve elde ettiği bilgileri son kullanıcıya göndermek için kullanılan, farklı algılama özelliklerine sahip olabilen çok sayıda mikro aygıtın belirli bir alana dağıtılması sonucu oluşan ağlardır. Bu ağlar genellikle şarj etmenin veya batarya değiştirmenin mümkün olmadığı alanlarda uzun süre çalışmak zorunda olan, sınırlı enerji kaynaklarına sahip çok sayıda algılayıcı düğüm içerir. Bu nedenle ağı uzun süre yaşatabilmek için algılayıcı düğümler arasında iletişimin enerji verimli bir yöntemle yapılması gerekmektedir. Kümeleme teknikleri, ağı işlevselliğini bozmadan küme içerisindeki algılayıcılar arasında görev döngüsü düzenleyerek geniş ölçekli KAA sistemlerinin daha uzun süreler boyunca yaşamasını sağlar [3].

Kümeleme tabanlı yönlendirme protokollerinde algılayıcı düğümler, ya baz istasyonu gibi çoğunlukla kaynak kısıtı olmayan bir aygıt tarafından merkezi olarak verilen bir kararla ya da kendi aralarında dağıtık olarak verdikleri karar doğrultusunda kümeler oluştururlar. Bir küme içerisinde, üye algılayıcılar ve küme başı adı verilen iki farklı role sahip algılayıcı düğüm yer alır. Her kümede yer alan 1 adet küme başı düğüm; hazırladığı iletim çizelgesine bağlı olarak üye düğümlerden veriyi toplamak, topladığı veriyi birleştirmek ve baz istasyonuna göndermekle yükümlüdür. Küme içerisinde yer alan küme başı ve üye düğümler arasındaki iletişim küme içi iletişim; küme başları ve baz istasyonu arasındaki iletişim ise kümeler arası iletişim olarak adlandırılır. Hem küme içi hem de kümeler arası iletişim tek adımda (single-hop) gerçekleştirilebileceği gibi, ağı boyutuna göre çoklu adımlar üzerinden (multi-hop) de

yapılabilir. Döngüler halinde devam eden veri iletimi, düğümlerin bataryalarının tükenmesi ile son bulur. Ağdan daha uzun süre veri toplanması ancak düğümlerin bataryalarının verimli bir şekilde kullanılmasına bağlıdır. Kümesi içerisinde yer alan üye düğümlerden verileri toplama, bunları birleştirme ve baz istasyonuna iletme görevleri nedeniyle küme başının bir döngü içerisinde harcayacağı enerji, üye düğümlerden daha fazla olacaktır. Bu nedenle küme başlarının seçimi, ağı daha uzun süre yaşatmak için oldukça önemlidir. Literatürde farklı küme başı seçim tekniklerini içeren çok sayıda çalışma yer almaktadır [4-14].

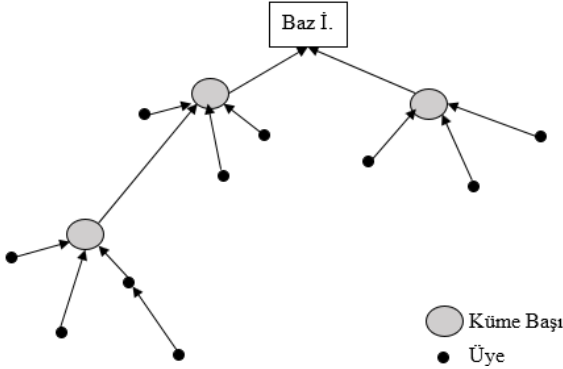
Küme başı seçimi temel olarak üç grupta toplanır: deterministlik, rasgele ve adaptif [3]. Deterministik yöntemde, sıradan algılayıcı düğümlere nazaran daha güçlü işlem ve enerji kapasitesine sahip süper düğümler, ağı belirli bölgelerine yerleştirilerek küme başı rolünde kullanılırlar. Bu yöntemde hem enerji hem de zamandan tasarruf sağlanmakla birlikte, genellikle homojen ve sınırlı kaynaklara sahip algılayıcı düğümlerin yer aldığı KAA yapıları için bu yaklaşım uygun değildir. Ayrıca süper düğümlerin beklenilmeyen sebepler dolayısı ile işlem dışı kalması sistemin iletişim yapısının bozulmasına neden olabilmektedir. Rasgele yaklaşımda ise küme başları, rasgele üretilen sayılara göre seçilmektedir. Homojen ağlar için bu yöntem, diğerine kıyasla daha basit ve faydalı bir çözüm sunmaktadır. Adaptif küme başı seçim şeması ise rasgele seçime bir alternatiftir. Küme başlarının rasgele seçilmesi yerine düğümlerin kalan enerjisi, baz istasyonuna uzaklıkları gibi çeşitli parametrelere bağlı olarak belirlenmesini önerir. Bu yöntem çok çeşitte ağa ve ortama adaptif olarak uygulanabilirliği nedeniyle en başarılı yöntemdir [3].

Bu çalışmada, literatürde küme başı seçiminde çeşitli parametrelerin ağırlıklandırılmış bir fonksiyonunu kullanan güncel adaptif kümeleme algoritmaları incelenmiştir. Bu algoritmaların küme başı seçiminde kullandıkları parametreler, bu parametreleri bir fonksiyon altında nasıl birleştirdikleri, parametrelerin katsayıları ve kümeleme yaklaşımları kıyaslamalı olarak sunulmuştur. Bu bağlamda bu çalışmanın gelecekte türetilen kümeleme mimarilerine ışık tutacağı düşünülmektedir.

Bölüm 2'de kümeleme mimarisi alt yapısı detaylandırılmış; Bölüm 3'te literatürdeki çalışmalar incelenmiş olup, son bölüm olan Bölüm 4'te sonuçlar açıklanmıştır.

2. Kümeleme Tabanlı Yönlendirme

KAA sistemleri birbirini takip eden döngülerden meydana gelmektedir. Her döngü iki temel aşamadan oluşur: kümelerin oluşturulması ve veri iletimi. Ağdaki düğümler döngü başında küme oluşturacak şekilde organize olurlar. Her küme içerisinde küme başı adı verilen bir organizatör seçilir. Küme başları kümesinde yer alan üye düğümlerden verilerin toplanması ve baz istasyonuna iletilmesinden sorumludur. Küme başları seçildikten sonra ağa reklam mesajı yayımlayarak diğer düğümleri varlıklarından haberdar ederler. Üye düğümler ise kendilerine gelen reklam mesajlarını değerlendirerek bir kümeye bağlanırlar. Eğer bir düğüm hiçbir küme başından reklam mesajı alamazsa dışarıda kalır ve verisini ya baz istasyonuna doğrudan yollar ya alternatif yollar arar. Şekil 1'de tipik bir kümeleme mimarisi görülmektedir.



Şekil 1. Kümeleme Tabanlı Yönlendirme Mimarisi

Küme başlarının seçilmesi hem ağın kapsayıcılığı hem de enerjinin verimli bir şekilde kullanılması için oldukça önemlidir. Küme başlarının seçim işlemi merkezi olarak alınan bir karar olabileceği gibi, dağıtık olarak da verilebilir. Kümelerin oluşması ve küme başlarının seçilmesinin ardından veri iletimi aşaması başlar. Öncelikle üye düğümler verisini, küme başı tarafından kendilerine atanan zaman dilimlerinde küme başına iletirler. Küme başları tüm kümesinden veriyi topladıktan sonra veri birleştirme fonksiyonu uygular ve sonucunda oluşan veriyi ya doğrudan baz istasyonuna iletir ya da baz istasyonuna ulaştırmak üzere bir aracı düğüme teslim eder. Tüm verinin baz istasyonunda toplanmasının ardından döngü tamamlanır ve aynı işlemlerin tekrarlanacağı yeni döngü başlar. Düğümlerin iletim, algılama vb. işlemler için enerji harcamaları, sınırlı olan bataryalarının bir süre sonra bitmesine ve düğümün işlevsiz kalmasına neden olmaktadır. Ağdaki tüm düğümlerin öldüğü ve artık verinin toplanamaz hale geldiği döngü, ağ yaşam süresi olarak

adlandırılır. KAA'da temel hedeflerden bir tanesi ağ yaşam süresini uzatmaktır. Kümeleme mimarileri ağ yaşam süresinin uzatılmasına katkı sağlayan bir yapı önerdikleri için literatürde sıklıkla tercih edilmektedir [4-14].

3. Literatürdeki Çalışmalar

Hiyerarşik KAA'da küme başının seçimi, ağdaki enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasında önemli bir etkiye sahip olduğu için literatürde çeşitli parametreler üzerinden en iyi küme başını seçmeyi hedefleyen çalışmalar oldukça fazladır. Bunların büyük bir çoğunluğu seçilen parametreleri belirli katsayılar ile çarparak ağırlıklandırılmış bir fonksiyon altında birleştirme yöntemini kullanır.

Küme başı seçiminde merkezi bir kontrol olmaksızın düğümlerin kendi kendilerine organize oldukları dağıtık bir yaklaşım kullanan DSBCA [4] algoritması, k-adım komşular içerisinde ağırlığı en yüksek olan düğümün küme başı olmasını önerir. Bir düğümün ağırlığı, $A(d)$, (1) denkleminde görüldüğü üzere düğümün bağlantı yoğunluğunun (B_Y), düğümün kalan enerjisinin (E_{kalan}) başlangıç enerjisine (E_{max}) oranının ve düğümün daha önce küme başı seçilme sayısının (N_{KB}) belirli katsayılar (α , β , γ) ile çarpılıp toplandığı bir fonksiyona göre belirlenir. Katsayıların $[0,1]$ aralığında olması gerektiği belirtilmekle birlikte ne şekilde seçildiği hakkında çalışmada herhangi bir bilgi yer almamaktadır.

$$A(d) = \alpha \times B_Y + \beta \times \frac{E_{kalan}}{E_{max}} + \gamma \times N_{KB} \quad (1)$$

CCWM [5], pozisyon ölçütü (POS) ağırlığı en yüksek olan düğümlerin küme başı olmasını önerir. Bir düğümün POS ağırlığı, $A(d)$; (2) denkleminde görüldüğü gibi komşu sayısı ($N_{komşu}$), komşu düğümlerin ortalama enerjisi ($E_{ort, komşu}$) ve küme içi iletişim uzaklığı ($U_{kümeiçi}$) parametrelerinin, toplamı 1 olan üç farklı katsayı ile çarpılması sonucunda elde edilir. Çalışmada bu katsayıların sırasıyla 0.3, 0.3 ve 0.4 değerlerini aldığı belirtilmekle birlikte bu değerlerin neye göre seçildiği hakkında bir bilgi yer almamaktadır. Fonksiyon hesaplamasında kullanılan komşu sayısı, düğümün kapsama alanı içerisinde yer alan düğüm sayısını ifade etmektedir. Küme içi iletişim mesafesi ise bir düğümün komşuları ile arasındaki uzaklıkların toplamı olarak hesaplanır.

$$A(d) = \alpha \times N_{komşu} + \beta \times E_{ort_komşu} + \gamma \times U_{kümeiçi} \quad (2)$$

En yüksek enerjiye sahip, baz istasyonuna yakın olan ve yüksek dereceye sahip olan düğümlerin küme başı seçilmesini sağlamak için ağırlıklandırılmış bir fonksiyon, $A(d)$, kullanan bir başka çalışmada (MED-BS) [6] küme başı seçimi; (3) denkleminde görüldüğü üzere bir düğümün iletişim için harcadığı enerji ($E_{iletişim}$), bağlantı yoğunluğu (B_γ) ve düğümün baz istasyonuna olan uzaklığına (U_{baz}) göre belirlenir.

$$A(d) = E_{iletişim} + \frac{1}{B_\gamma} + \frac{U_{baz}}{10} \quad (3)$$

Küme başlarının seçiminin baz istasyonu tarafından merkezi bir yöntem ile gerçekleştirildiği CDDP [7] algoritmasında küme başları seçimi; (4) denkleminde görüldüğü üzere düğümün kalan enerjisinin (E_{kalan}) başlangıç enerjisine (E_{max}) oranının, düğümün komşu sayısının ($N_{komşu}$) maksimum komşu sayısına ($N_{max_komşu}$) oranının ve düğümün daha önce küme başı seçilme sayısının (N_{KB}) birbirine eşit (yani 0.33) katsayılarla çarpılarak toplandığı bir fonksiyona, $A(d)$, göre belirlenmektedir.

$$A(d) = \alpha \times \frac{E_{kalan}}{E_{max}} + \beta \times \frac{N_{komşu}}{N_{max_komşu}} + \gamma \times N_{KB} \quad (4)$$

Bir başka çalışmada (optimized-WCA) ise [8] sistemdeki küme başları; (5) denkleminde görüldüğü üzere düğümün komşu sayısının ($N_{komşu}$), düğümün kalan enerjisinin (E_{kalan}) ve küme içi iletişim mesafesinin ($U_{kümeiçi}$) sırasıyla 0.3, 0.4 ve 0.3 katsayıları ile çarpılıp, ardından toplanarak elde edildiği bir fonksiyona, $A(d)$, göre belirlenir. Değerlendirme sonucunda en yüksek değere sahip olan adaylar küme başı olarak seçilirler. Çalışmada, katsayıların değerleri ile oynanarak farklı parametrelerin küme başı seçiminde daha fazla ağırlığa sahip olmasının sağlanabileceği belirtilmiştir. Önerilen çalışmada ise parametrelerin küme başı seçiminde eşit öneme sahip olması istenildiğinden katsayılar birbirine yakın seçilmiştir.

$$A(d) = \alpha \times N_{komşu} + \beta \times E_{kalan} + \gamma \times U_{kümeiçi} \quad (5)$$

$$A(d) = \left(\alpha_1 \times \frac{N_{mk1}}{N_m} + \alpha_2 \times \frac{N_{mk2}}{N_m} \right) \times \left(\beta_1 \times \frac{N_{sk1}}{N_s} + \beta_2 \times \frac{N_{sk2}}{N_s} \right) \times \left(\gamma \times \frac{E_{kalan}}{E_{max}} \right) \quad (6)$$

$$A(d) = \alpha \times (OU_{kümeiçi} + OU_{baz}) + \beta \times \frac{1}{TE_{KB}} \quad (7)$$

DEHCIC [9] algoritması küme başlarının seçiminde düğümlerin kalan enerjilerini, 2-adım mesafede olası mobil komşu düğüm sayılarını, 1-adım mesafede olası statik komşu düğüm sayılarını hesaba katar. Öncelikle düğümlerin enerjileri önceden belirlenen bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Eşik değerinin altında kalan düğümler küme başı seçim yarışına katılamazlar. Ardından (6) denkleminde görüldüğü üzere farklı adım sayıları, statik/mobil komşu sayılarının belirli katsayılar ile çarpıldığı bir fonksiyona, $A(d)$, göre küme başları seçilir. Denkleminde kullanılan sembollerden N_{mk1} (N_{mk2}) bir düğümün 1-adım (2-adım) mesafede olası mobil komşu düğüm sayısını, N_m ise sistemdeki toplam mobil düğüm sayısını ifade ederken; N_{sk1} (N_{sk2}) bir düğümün 1-adım (2-adım) mesafede olası statik komşu düğüm sayısını ve N_s ise sistemdeki toplam statik düğüm sayısını gösterir. Bu çalışmada, ağırlık topolojisine ve düğümlerin kalan enerjilerine göre küme başları seçilmekle birlikte hangi faktörün hangi ağırlıkta etki edeceği belirtilmemiştir.

PSO-ECHS [10] algoritmasında temel hedef, normal düğümler içerisinde ağırlık yaşam süresini uzatacak düğümleri küme başı olarak seçmektir. Bu nedenle küme başı seçim sürecine algılayıcı düğümlerin kalan enerjilerini ve düğümlerin küme içi ortalama uzaklıkları ile baz istasyonuna olan uzaklıkları gibi çeşitli uzaklık parametrelerini dahil ederler. Ortalama küme içi iletişim uzaklığı ($OU_{kümeiçi}$) ve küme başlarının baz istasyonuna olan ortalama uzaklıklarının (OU_{baz}) fonksiyonuna $f1$; seçilen küme başlarının toplam enerjilerine (TE_{KB}) ise $f2$ fonksiyonu adı verilmiştir. Optimum küme başını bulmak için $f1$ fonksiyonunun minimize; $f2$ fonksiyonunun ise maksimize edilmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu amaçla (7) denkleminde görüldüğü üzere $f1$ ve $f2$ 'den türetilen bir fonksiyonun, Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) tabanlı bir yaklaşım ile minimize edilmesi çalışması yapılmıştır. Bu iki fonksiyon, toplamaları 1 olan iki farklı katsayı ile çarpılır. Katsayılar, uzaklık ve enerji parametrelerinin küme başı seçimindeki ağırlığını belirler. Çalışmada, bu katsayılar için farklı değerler denendiği ve uzaklık parametresi için 0.3; enerji parametresi içinse 0.7 değerinin seçiminin en iyi sonucu sağladığı belirtilmiştir.

WDARS[11] algoritması (8) denkleminde görüldüğü üzere üç farklı ağırlığın toplamları 1 olan üç katsayı ile çarpılıp toplanması sonucu elde edilen fonksiyona, $A(d)$, göre en düşük değere sahip olan düğümlerin küme başı olmasını önerir. Bu ağırlıklar, düğümlerin kalan enerjileri ve tampon boyutlarının bir fonksiyonu ($f(E_{kalan} + T_{kalan})$), baz istasyonuna olan uzaklıkları (UtB) ve ağaca olan uzaklıklarını (UtT) içerir.

PEECR[12] algoritması, ağırlıklandırılmış fonksiyon kullanarak zamana bağlı uyanma mekanizması sunar. Düğümler; kalan enerji (E_{kalan}), komşu sayısı ($N_{komşu}$) ve küme içi iletişim mesafesi ($U_{kümeiçi}$) parametrelerinin toplamları 1 olan katsayılar ile çarpılıp toplanarak elde edilen, (9) denkleminde görülen bir fonksiyona göre uyanırlar. Benzer şekilde (10) denkleminde görüldüğü üzere CATD [13] algoritmasında düğümlerin uyanma sürelerinde sadece enerji parametresi etkilidir. Denkleminde E_{kalan} , düğümün kalan enerjisini, $E_o(d)$ ise d.döngü için düğümlerin ortalama enerjisini ifade eder.

(11) denkleminde görüldüğü üzere küme başlarının; düğümlerin dereceleri ($N_{komşu}$), kalan enerjileri (E_{kalan}) ve baz istasyonuna uzaklıklarının (U_{baz}) farklı katsayılar ile çarpılıp toplanması sonucu elde edilen fonksiyona göre baz istasyonu tarafından merkezi olarak belirlendiği CAMP [14] algoritmasında, katsayıların istenildiği gibi seçilebileceği belirtilmiştir. 6 farklı olası katsayı değeri için yapılan ölçümler sonucunda ilk düğüm ölçümleri incelenmiştir. Buna bağlı olarak servis kalitesinin belirlenmesinde verinin hacmini kullanan çalışmaların düğüm derecesinin; gecikmenin kritik olduğu uygulamalarda baz istasyonuna uzaklık parametresinin; enerjinin verimli kullanılmasını ve ağı daha uzun süre yaşatmayı hedefleyen çalışmalarda ise kalan enerji parametresinin daha yüksek katsayılar ile çarpılması gerektiği vurgulanmıştır.

Tablo 1’de incelenen çalışmaların kümeleme yaklaşımları, kullandıkları parametreler ve eğer belirtildiği ise bu parametrelerin katsayıları

$$A(d) = \alpha \times f(E_{kalan} + T_{kalan}) + \beta \times UtB + \gamma \times UtT \quad (8)$$

$$A(d) = \alpha \times \left(1 - \frac{1}{N_{komşu}}\right) + \beta \times e^{E_{kalan}} + \gamma \times \frac{1}{U_{kümeiçi}} \quad (9)$$

$$A(d) = \frac{E_{kalan}}{E_o(d)} \quad (10)$$

$$A(d) = \alpha \times N_{komşu} + \beta \times E_{kalan} + \gamma \times U_{baz} \quad (11)$$

görülmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda son yıllarda yapılan birçok çalışmanın dağıtık kümeleme yöntemini kullandığı; düğümlerin enerjilerini küme başı seçimine dâhil ettiği ve ek olarak düğümlerin komşu sayıları, baz istasyonuna olan uzaklıkları, küme içi iletişim mesafesi, daha önce küme başı olarak seçilme sayısı ve bağlantı yoğunluğu gibi parametreleri de kullandıkları gözlemlenmiştir.

Tablo 1. Küme Başı Seçim Fonksiyonları

Protokol	Yaklaşım	Parametreler	Katsayılar
DSBCA [4]	Dağıtık	Enerji, Bağlantı Yoğunluğu, Küme Başı Seçilme Sayısı	0-1 arasında
		Komşu Sayısı,	0.3
CCWM [5]	Dağıtık	Enerji, Küme İçi Uzaklığı	0.3 0.4
		Enerji, Bağlantı Yoğunluğu, Baz İstasyonuna Uzaklık	-
CDDP [7]	Merkezi	Enerji, Komşu Sayısı, Küme Başı Seçilme Sayısı	eşit
optimized-WCA [8]	Dağıtık	Komşu Sayısı, Enerji, Küme İçi Uzaklığı	0.3 0.4 0.3
		Mobil Komşu Sayısı, Statik Komşu Sayısı, Enerji	-
PSO-ECHS [10]	Merkezi	Küme İçi Uzaklığı, Enerji, Baz İstasyonuna Uzaklık	uzaklık = 0.3, enerji = 0.7
WDARS [11]	Dağıtık	Enerji, Baz İstasyonuna Uzaklık, Ağaca Uzaklık	Toplamları 1
PEECR[12]	Dağıtık	Komşu Sayısı, Enerji, Küme İçi Uzaklığı	-
CATD [13]	Dağıtık	Enerji	-
CAMP [14]	Dağıtık	Komşu Sayısı, Enerji, Baz İstasyonuna Uzaklık	6 farklı değer için ilk düğüm ölümü incelenmiştir.

4. Sonuç

Kısıtlı kaynaklarla ile donatılmış algılayıcı düğümlerden oluşan KAA'da çözülmesi gereken temel problemlerden birisi, enerjinin ağda verimli bir şekilde kullanılarak ağ yaşam süresinin uzatılmasıdır. Düğümlerin kümeler oluşturmasını ve verilerini bu küme içerisinde seçilen bir lidere göndermesini öneren kümeleme tabanlı yönlendirme protokolleri, uzak mesafe iletişimi için harcanan enerjiden tasarruf edilmesini ve düğümlerin bataryalarını efektif bir şekilde kullanmalarını sağlar. Kümeleme tabanlı ağ sistemlerinde küme başlarının seçimi ağı yaşam süresi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle literatürde birçok çalışma çeşitli küme başı seçim yöntemleri önermiştir. Bunlardan en yaygını, küme başının farklı parametrelerin çeşitli katsayılar ile ağırlıklandırılmış bir fonksiyona göre seçildiği adaptif seçim stratejisidir. Bu çalışmada literatürde son yıllarda yapılan adaptif küme başı seçim yöntemlerinde kullanılan fonksiyonlar, parametreler, katsayılar ve seçim yaklaşımları incelenmiştir. Merkezi kümeleme yaklaşımlarında kümelerin oluşturulması ve küme başı seçimi gibi işlemler genellikle kaynak kısıtlaması olmayan bir aygıt (örneğin baz istasyonu) tarafından gerçekleştirildiği için daha dengeli ağ dağılımları oluşturulabileceği gibi hesaplama yönünden daha karmaşık algoritmalar da faydalanılabilir. Ancak KAA'nın dağıtık doğası gereği ölçeklenebilirliği sağlamak adına gerçek zamanlı sistemlerde dağıtık yaklaşımlar daha çok tercih edilmektedir. Elde edilen sonuçlar, dağıtık seçim stratejisinin geniş ölçekte ve merkezi sistemden bağımsız servis sunması nedeniyle daha çok tercih edildiği, düğümlerin kalan enerjisinin hemen hemen tüm çalışmalarda küme başı seçiminde kullanıldığı ve ek olarak bağlantı yoğunluğu, komşu sayısı, küme içi uzaklık, baz istasyonuna uzaklık, küme başı seçilme yoğunluğu gibi parametrelerin de küme başı seçimine dahil edildiğidir. Elde edilen sonuçların gelecekte önerilecek kümeleme tabanlı yönlendirme protokollerine bir yol haritası sunacağı düşünülmektedir.

Not: Bu çalışma, 25-27 Nisan 2019 tarihleri arasında Antalya/Türkiye'de düzenlenen 4. Uluslararası Akdeniz Bilim ve Mühendislik Kongresi'nde (IMSEC 2019) sunulmuştur.

Kaynakça

[1] Bellavista P., Cardone G., Corradi A., & Foschini L. Convergence of MANET and

WSN in IoT urban scenarios. *IEEE Sensors Journal* 2013; 13(10): 3558-3567.

- [2] Yetgin H., Cheung KTK., El-Hajjar M., & Hanzo LH. A survey of network lifetime maximization techniques in wireless sensor networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 2017; 19(2): 828-854.
- [3] Xu L., Collier R., & O'Hare GM. A survey of clustering techniques in WSNs and consideration of the challenges of applying such to 5G IoT scenarios. *IEEE Internet of Things Journal* 2017; 4(5): 1229-1249.
- [4] Liao Y., Qi H., & Li W. Load-balanced clustering algorithm with distributed self-organization for wireless sensor networks. *IEEE sensors journal* 2013; 13(5): 1498-1506.
- [5] Mahajan S., Malhotra J., & Sharma S. An energy balanced QoS based cluster head selection strategy for WSN. *Egyptian Informatics Journal* 2014; 15(3): 189-199.
- [6] Guiloufi ABF., Nasri N., Farah MAB., & Kachouri A. MED-BS Clustering Algorithm for the Small-Scale Wireless Sensor Networks. *Wireless Sensor Network* 2013; 5(04): 67.
- [7] Elhabyan RS., & Yagoub, MC. Weighted tree based routing and clustering protocol for WSN. In 2013 26th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), 1-6, IEEE, 2013, May.
- [8] Belabed F., & Bouallegue R. An optimized weight-based clustering algorithm in wireless sensor networks. In 2016 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 757-762, IEEE, 2016, September.
- [9] Zakariayi S., & Babaie S. DEHCIC: A distributed energy-aware hexagon based clustering algorithm to improve coverage in wireless sensor networks. *Peer-to-Peer Networking and Applications* 2018; 1-16.
- [10] Rao PS., Jana PK., & Banka H. A particle swarm optimization based energy efficient cluster head selection algorithm for wireless sensor networks. *Wireless Networks* 2017; 23(7): 2005-2020.
- [11] Adil Mahdi O., Abdul Wahab AW., Idris MYI, Abu Znaid A., Al-Mayouf YRB., & Khan S. WDARS: A weighted data

aggregation routing strategy with minimum link cost in event-driven WSNs. *Journal of Sensors* 2016.

- [12] Zhang DG., Wang X., Song X. D., Zhang T., & Zhu YN. A new clustering routing method based on PECE for WSN. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* 2015; 2015(1): 162.
- [13] Shang F. A multi-hop routing algorithm based on integrated metrics for wireless sensor networks. *Applied Mathematics & Information Sciences* 2013; 7(3): 1021.
- [14] Sajwan M., Gosain D., & Sharma AK. CAMP: cluster aided multi-path routing protocol for wireless sensor networks. *Wireless Networks* 2018; 1-18.