



T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MİNİMUM HAREKETLİ
DİNAMİK BAZ İSTASYONU KONUMLANDIRMASI**

Kadir TOHMA

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
TEMMUZ-2016**



T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MİNİMUM HAREKETLİ
DİNAMİK BAZ İSTASYONU KONUMLANDIRMASI**

Kadir TOHMA

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
TEMMUZ-2016**

11/07/2016

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Kadir TOHMA

ÖZET

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MİNİMUM HAREKETLİ DİNAMİK BAZ İSTASYONU KONUMLANDIRMASI

Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) küçük, düşük maliyetli, kablosuz iletişimi kullanan çok sayıda algılayıcıdan oluşan ve birçok çevreye uyarlanabilen ağlardır. Yüksek kalitede algılama ve hatasız çalışma için algılayıcı noktalar arasında önemli ölçüde dayanışma ve işbirliğinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle KAA'larda enerji verimliliği önem arz etmektedir. Düğümün nasıl ve ne şekilde haberleşeceklerinin yanı sıra baz istasyonu konumlandırması da ağın enerji verimli olmasında, ağ yaşam süresi ve bunlara bağlı olarak baz istasyonuna ulaşacak paket sayısında önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada enerjiyi efektif kullanabilmek için düğümlerin konum bilgilerinin yanı sıra kalan enerjilerinin de hesaba katıldığı minimum hareketli yeni bir dinamik baz istasyonu konumlandırma algoritması önerilmiş ve bu algoritmanın başarımı hem K-means ve K-medoid gibi kümeleme algoritmaları üzerinde hem de HEED hiyerarşik protokolü üzerinde düğüm dağılımı ve sayısı gibi çeşitli KAA parametreleri kullanılarak ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın simülasyonu farklı düğüm sayılarında ve farklı düğüm dağılımlarında OMNeT++ simülasyon programı ile yapılmıştır. Tüm sonuçlar incelendiğinde dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde sabit baz istasyonu kullanımına göre ağ ömründe, HEED protokolünde ortalama %133.34, K-means algoritmasında ortalama %116.36, K-medoid algoritmasında ise ortalama %114.23 oranında iyileştirme sağlandığı gözlemlenmiştir. Baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayılarında ise sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla HEED protokolünde ortalama %251.72, K-means algoritmasında ortalama %225.49 ve K-medoid algoritmasında ise ortalama %220.87 oranında iyileştirme sağlandığı gözlemlenmiştir.

2016, 46 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kablosuz algılayıcı ağlar, Yönlendirme, Kümeleme, Dinamik baz istasyonu, HEED, K-means, K-medoid

ABSTRACT

MINIMUM MOVING DYNAMIC BASE STATION POSITIONING IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Wireless sensor networks (WSN) consist of many small and low-cost sensors that use wireless communication, and these networks can be adapted to a number of environments. For effective sensing and flawless operation, significant cooperation and interdependence between sensor points are essential, which is why energy efficiency is important in WSNs. The positioning of base stations and the way of communication between nodes both have a considerable impact on energy efficiency and life cycle of the network and, consequently, on the number of packages that will reach the base station. In order to use energy effectively, this study proposes a new dynamic base station positioning algorithm with minimum motion that incorporates the location as well as the remaining energy of the nodes, and the performance of this algorithm has been investigated in detail on clustering algorithms such as K-means and K-medoid as well as the HEED hierarchical protocol with the use of various WSN parameters. The study has been simulated on OMNeT++ simulation program in varying numbers of nodes and different node distributions. An analysis of all the results reveals that, compared to fixed base stations, the use of dynamic base stations, on average, provides 133.34% improvement in the HEED protocol, 116.36% improvement in the K-means algorithm, and 114.23% improvement in the K-medoid algorithm. Compared to the positioning of fixed base stations, the total number of packages reaching the base station has been found to improve, on average, 251.72% in the HEED protocol, 225.49% in the K-means algorithm, and 220.87% in the K-medoid algorithm.

2016, 46 pages

Keywords: Wireless sensor networks, Routing, Clustering, Dynamic base station, HEED, K-means, K-medoid

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Yakup KUTLU'ya ve Yrd. Doç. Dr. İpek ABASIKELEŐ TURGUT'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Hüseyin ATASOY'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlar.....	1
1.2. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Protokollerin Tasarımı.....	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Dinamik Baz İstasyonu Konumlandırmasında Yapay Zeka Algoritmaları ve Programlama Modelleri Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	8
2.2. Dinamik Baz İstasyonu Konumlandırması İçin Dğümlerin Konum Bilgilerinin Kullanıldığı Çeşitli Algoritmalar.....	9
2.3. Dinamik Baz İstasyonu Konumlandırması İçin Geometrik Mobilite Senaryolarının Kullanıldığı Çalışmalar.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. HEED.....	12
3.2. K-means.....	15
3.3. K-medoid.....	16
3.4. Önerilen Yaklaşım.....	18
3.5. Simülasyon Çatısı ve Parametreler.....	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME.....	21
4.1. HEED Protokolü.....	21
4.1.1. Farklı Dğüm Sayılarında HEED.....	21
4.1.2. Farklı Dğüm Dağılımlarında HEED.....	22
4.2. K-means Algoritması.....	25
4.2.1. Farklı Dğüm Sayılarında K-means.....	25
4.2.2. Farklı Dğüm Dağılımlarında K-means.....	26
4.3. K-medoid Algoritması.....	27
4.3.1. Farklı Dğüm Sayılarında K-medoid.....	27
4.3.2. Farklı Dğüm Dağılımlarında K-medoid.....	28
4.4. HEED, K-means ve K-medoid Algoritmalarının Karşılaştırılması.....	29

4.4.1. 100 Dügümlü Ağ.....	29
4.4.2. 200 Dügümlü Ağ.....	31
4.4.3. 300 Dügümlü Ağ.....	33
4.4.4. 500 Dügümlü Ağ.....	35
4.4.5. Farklı Dügüm Dağılımlarında Karşılaştırma	38
4.5. Literatür Karşılaştırması.....	39
5. SONUÇ.....	42
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	46



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Parametreler	20
---------------------------------	----



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kablosuz algılayıcı ağların uygulama alanları.....	2
Şekil 1.2. Kablosuz algılayıcı ağların genel yapısı.	2
Şekil 1.3. Kablosuz algılayıcı ağların iç yapısı.	3
Şekil 1.4. Kablosuz algılayıcı ağların enerji tüketim basamakları.....	3
Şekil 3.1. HEED protokolünün genel yapısı.	13
Şekil 3.2. HEED protokolünün genel akış şeması	13
Şekil 3.3. K-means algoritma adımları	15
Şekil 3.4. K-means akış şeması.....	16
Şekil 3.5. K-medoid akış şeması	17
Şekil 4.1. Farklı düğüm sayılarında HEED protokolü için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.....	22
Şekil 4.2. Heterojen düğüm dağılım bölgeleri ve düğüm dağılım oranları (Uzak bölge).....	23
Şekil 4.3. Heterojen düğüm dağılım bölgeleri ve düğüm dağılım oranları(Yakın bölge)	23
Şekil 4.4. Farklı düğüm dağılımında HEED protokolü için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.....	24
Şekil 4.5. Farklı düğüm sayılarında K-means algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.....	25
Şekil 4.6. Farklı düğüm dağılımında K-means algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.....	26
Şekil 4.7. Farklı düğüm sayılarında K-medoid algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.....	27
Şekil 4.8. Farklı düğüm dağılımlarında K-medoid algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.....	28
Şekil 4.9. 100 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri.....	29
Şekil 4.10. 100 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları.....	30
Şekil 4.11. Ağda düğümlerin yarısının öldüğü an.	31
Şekil 4.12. 200 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri.....	31
Şekil 4.13. 200 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları.....	33
Şekil 4.14. 300 düğümlü HEED,K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri.....	34
Şekil 4.15. 300 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları.....	35
Şekil 4.16. 500 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri.....	36

Şekil 4.17. 500 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları.....	37
Şekil 4.18. Farklı Düğüm Dağılımlarında Baz İstasyonuna Ulaşan Toplam Paket Sayıları.....	39
Şekil 4.19. Döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri (karşılaştırmalı grafik)	40
Şekil 4.20. Baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları (karşılaştırmalı grafik).....	41



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- M_{ki} : Küme içi iletişim maliyeti
 M_{ka} : Kümeler arası iletişim maliyeti
 S : Veri paket büyüklüğü
 E_e : Devrede sinyali almak veya iletmek için harcanan enerji
 E_{fs} : Kısa mesafelerdeki iletim için yükselteçlerin harcadığı enerji
 D_u : Düğüm uzaklığı
 d_0 : Eşik değeri uzaklığı (m)
 B_d : Baz uzaklığı
 E_{mp} : Uzun mesafelerdeki iletim için yükselteçlerin harcadığı enerji
 M_t : Toplam maliyet
 B_n : Bağlanacak düğüm sayısı
 N_t : Düğümün toplam enerjisi
 Ch_{prob} : Küme başı seçimi olasılığı
 C_{prob} : Küme başı seçimi değişkeni
 E_r : Düğümün kalan enerjisi
 $dist$: İki düğüm arasındaki öklid uzaklığı
 G_c : Geometrik merkez
 B_c : Batarya ağırlıklı merkez
 A_c : Enerji tabanlı ağırlık merkezi
 Min_d : Minimum değer

KISALTMALAR

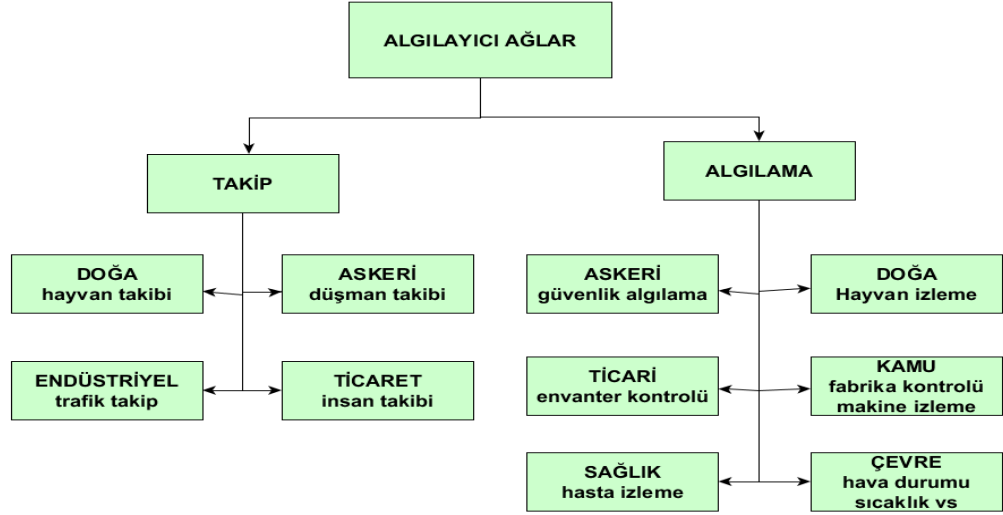
- KAA : Kablosuz Algılayıcı Ağlar
KHK : Karesel Hata Ölçütü
EKYK: En Kısa Yol Konumlandırması

1. GİRİŞ

1.1 Kablosuz Algılayıcı Ağlar

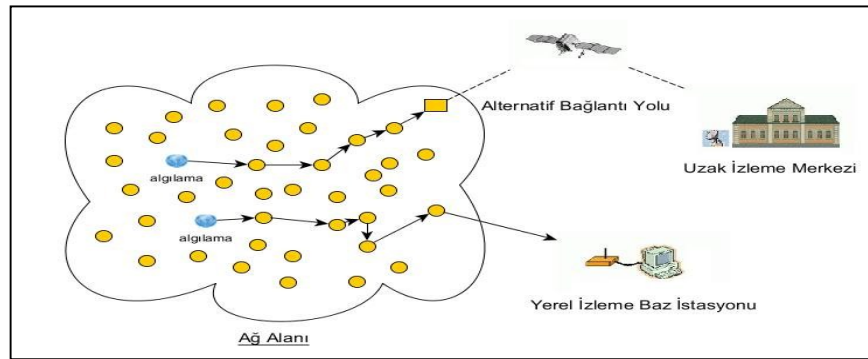
Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) hesaplama, haberleşme ve algılama yeteneklerine sahip çok sayıda mikro algılayıcıdan oluşur. Algılayıcı ağlar, ortamdaki sıcaklık, nem, basınç, ses, hareketlilik ve ışık gibi ortam koşullarındaki değişiklikleri takip edebilen sismik, termik, manyetik ve görsel gibi birçok farklı tipte algılayıcılar içerebilir ki bu da algılayıcı ağların birçok farklı uygulama alanında kullanılabilmesini sağlar.

KAA askeri uygulamalardan tıbbi hizmetlere kadar birçok alanda yaygın kullanıma sahiptir. Bu kullanım alanlarını Şekil 1.1’de gösterildiği gibi başlıca başlıklar altında değerlendirmek mümkündür. Takip ve Algılama olarak sınıflandırılan bu alanlar doğa, askeri, endüstriyel, ticari, sağlık, kamu ve çevre gibi alt başlıklara sahiptir. Askeri uygulamalar başlığı altında düşman keşfi, dost kuvvetlerle haberleşme, mühimmat ve sığınak tespiti, hedefleme, istihbarat ve gözetim, çevre algılaması ve İzleme başlığı altında tarımda ekinlerin nem, sıcaklık, ışık gibi çevresel faktörlerinin takibinin yapılması, nesli tükenmekte olan hayvanların yeryüzündeki dağılımının tespiti, yanardağ hareketlerinin izlenmesi, güneş radyasyonu haritalama, hava durumu izleme, felaketten korunma ve kurtarma başlığı altında orman yangınlarına sıcaklık sensörleri sayesinde erken müdahale, sismik algılayıcılarla depremin yönü ve büyüklüğünün tespiti, sel alarmı, sağlık uygulamaları başlığı altında hastaların izlenmesi, ilaç ve personel takibi ve yönetimi, uzaktan hastalık teşhisi ve takibi, engelli bireyler için geliştirilmiş yapay organ uygulamaları, akıllı ev uygulamaları başlığı altında ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, duman algılayıcı sistemler, güneş ışınlarına duyarlı aydınlatma kontrolü, kapı ve pencerelerin açılmasına duyarlı ses ve titreşim sensörlerinden meydana gelen güvenlik sistemleri, bilimsel Araştırmalar başlığı altında özellikle uzay ve okyanusun derinlikleri gibi fiziksel erişimi zor alanlar için gerçekleştirilen bilimsel çalışmalarda etkin kullanım, envanter kontrolü başlığı altında envanter giriş-çıkışı takibi, stok kontrolü, güvenlik stoğu kontrolü ve otomatik sipariş uygulamaları örnek olarak gösterilebilir (Agre ve Clare, 2000).



Şekil 1.1. Kablosuz algılayıcı ağların uygulama alanları

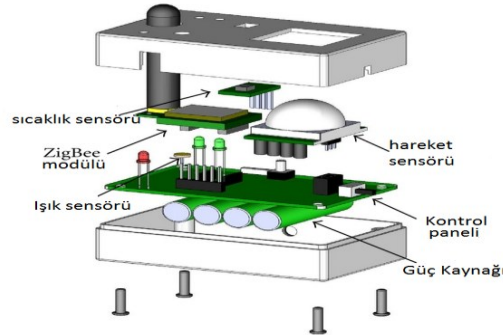
Genel olarak bir algılayıcı ağı yapısında (Şekil 1.2.) birbirleriyle haberleşebilen çok sayıda algılayıcı düğüm ve bir baz istasyonu bulunmaktadır. Algılayıcı düğümler yerleştirildikten sonra çevreyi inceleme işlemine başlarlar. Bir olay meydana geldiğinde kapsama alanına giren çevredeki algılayıcı düğümler bu olayı tespit eder, rapor oluşturur ve bu raporu baz istasyonuna kablosuz bağlantı aracılığıyla iletir. Baz istasyonu bu sonucu işler ve daha fazla işlem için dış dünyaya yüksek kaliteli kablolu veya kablosuz bağlantı aracılığı ile iletir. Ayrıca KAA uzmanları, hazırladıkları komut veya sorguları baz istasyonuna göndererek ağı yayılmasını sağlayabilir. Dolayısıyla baz istasyonu, KAA ve dış dünya arasında bir ağı geçidi gibi davranmaktadır (Ceyhan ve Sağıroğlu, 2013).



Şekil 1.2. Algılayıcı Ağların Genel Yapısı (Aydın ve ark., 2015)

Bir algılayıcı düğümün iç yapısında (Şekil 1.3.) mikro denetleyici, alıcı-verici, dışsal bellek, güç kaynağı ve bir veya daha fazla sensör bulunur (Kalaycı, 2009). Bu

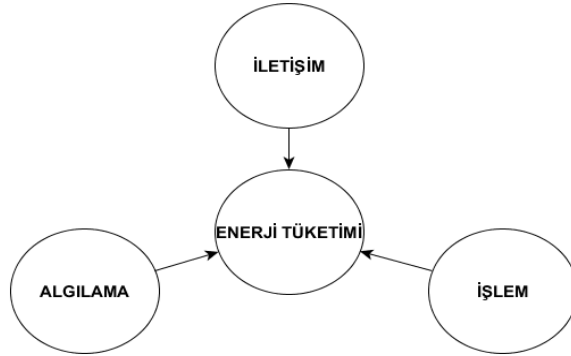
yapının dışında düğümler uygulamaya göre çeşitlilik gösteren konum tespiti sistemleri, jeneratör sistemleri gibi bazı ek bileşenler de barındırabilirler (Akyıldız ve ark., 2002).



Şekil 1.3. Algılayıcı Ağların İç Yapısı (Zhang ve ark., 2012)

KAA'da ağ yaşam süreleri direkt olarak algılayıcı düğümlerin enerji miktarlarına bağlıdır (Paradiso ve Starner, 2005). Bu nedenle KAA'da az enerji tüketimi oldukça önemlidir.

KAA'nın enerji tüketim basamakları Şekil 1.4'de gösterilmiştir. Şekilde gösterilen "İşlem" basamağında skaler veri, multimedya, sıkıştırma ve veri birleştirme adımları bulunmaktadır. "İletişim" basamağında veri iletimi, veri alma, dinleme ve uyku adımları bulunmaktadır. "Algılama" basamağında ise skaler, anlık görüntü, ses, hareketli görüntü gibi adımlar bulunmaktadır.



Şekil 1.4. KAA enerji tüketim basamakları

KAA'nın enerji kaynakları oldukça sınırlıdır ve çoğunlukla değiştirilmesi veya yenilenmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle bu ağlarda enerji efektif bir yönlendirme oldukça önem arz etmektedir (Tohma ve ark., 2015). Kümeleme tabanlı yönlendirme algoritmalarının eşdeğer yaklaşımlara göre daha fazla enerji tasarrufu sağlamasından dolayı (Ökdem ve Derviş, 2007) literatürde hiyerarşik yönlendirme

algoritmaları üzerine çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı K-means ve K-medoid gibi kümeleme algoritmalarını KAA üzerine uygularken, LEACH ve HEED gibi algoritmaların yer aldığı diğer bir grup ise kendi kümeleme yöntemlerini önermişlerdir.

KAA'da enerji etkinlik ile yaşam süresi iyileştirmesi doğru orantılıdır. Yaşam süresi, algılayıcı ağların kendilerinden beklenen görevi tanımlı kriterler içinde kalarak gerçekleştirmeye devam ettikleri periyottur. Tanımlı kriterler uygulamaya göre değişiklik gösterebilir. Bu kapsamda yaşam sürelerinin uzatılması için donanım tasarımı, yeni yönlendirme algoritmaları, kodlama teknikleri, çok katmanlı mimari ve baz istasyonu yerleştirmeleri (hareketli ve hareketsiz) gibi çeşitli yaklaşımlar mevcuttur.

1.2 Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Protokollerin Tasarımı

Protokollerin tasarımında dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir (Ökdem ve Derviş, 2007):

- *Plansız yerleştirilme:* KAA'da düğümler genellikle rastgele dağıtılmaktadır. Oluşacak ağ kendi bağlantılarını kurabilmelidir. Algılama yapılacak noktalarda hata olması durumunda sistem kendini yenileyebilmeli ve adaptif yapıda olmalıdır.
- *Enerji tüketimi:* Düğümler sınırlı enerji kaynakları ile çalışmaktadır ve kablosuz iletişim kurmaktadır. Bundan dolayı enerji verimli iletişim sağlamak önem kazanmaktadır. En fazla enerji harcaması haberleşme işlemlerinde olmaktadır. Çok sekmeli bir KAA'da bir düğüm hem veri alma hem de veri gönderme işlemi yapmaktadır. Hızlı enerji tükenmesine neden olacak bu durumlar için ağ üzerinde doğru yönlendirme ve organizasyon gerekmektedir.
- *Hesaplama yetenekleri:* Algılayıcı düğümler sınırlı hesaplama gücüne sahip olduğundan karmaşık ağ protokollerini çalıştırmayabilirler. Bundan dolayı yeni veya klasik yönlendirme protokolleri ve buna bağlı olarak yeni yaklaşımlar KAA için gereklidir.
- *Haberleşme sahası / Ağ alanı:* Algılayıcı düğümler belirli bir alanda haberleşme yapabilmektedir. Bu yüzden çok sekmeli haberleşme KAA için önemlidir.
- *Hata toleransı:* Algılayıcı düğümlerden bazıları çevresel faktörlerden dolayı bozulabilirler. Bu tür hatalar tüm sistemin işleyişini etkilememelidir. Eğer hata

sayısı çok fazla olur ise ortam erişim adresi ve yönlendirme protokolleri birlikte çalışarak yeni bağlantılar kurmalı ve verileri baz istasyonuna yönlendirmelidirler.

- *Kapasite kullanımının ayarlanabilirliği:* Ağ alanına yerleştirilen algılayıcı düğümlerin sayısı çok fazla olabilir. Bu büyük sayılarla çalışabilmek için bir şema gerçekleştirilmelidir. Ayrıca ağ alanının büyüklüğünde, düğüm yoğunluğunda veya topolojideki değişimler algılayıcı düğümlerin işlevlerini etkilememelidir. Algılayıcı düğümler çevre ile etkileşim halinde olmalı ve olaylardan etkilenmemelidir. Bir olay meydana gelene kadar uyku halinde olan algılayıcılar olayın meydana gelmesi ve algılanması ile beraber daha etkin bir rol oynamalıdır.
- *Donanımsal kısıtlamalar:* Algılayıcı düğüm çevreye uyum sağlayabilmeli ve fonksiyonlarını düzgün bir şekilde gerçekleştirebilmelidir.
- *Bağlantı:* KAA'daki düğüm fazlalığı düğümlerin birbirinden izole edilmesine engel teşkil etmektedir. Bundan dolayı düğüm bağlantıları yüksek seviyededir. Buna rağmen çeşitli nedenlerden dolayı ağ topolojisinde bazı hatalar olabilmektedir.
- *Kontrol iş yükü:* Ortam Erişim Adresi haberleşmede meydana gelebilen çakışmalar nedeniyle kablosuz ortamda yapılan yinelenen veri iletimlerinin artması, gecikmelerin ve enerji tüketimlerinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla nokta yoğunluğunun artmasıyla doğrusal olarak kontrol paketi iş yükü de artmaktadır.

Algılayıcı düğümler bir algılayıcı alana dağıtılırlar. Ağ üzerindeki düğümler fiziksel ortam hakkında doğru ve kaliteli bilgi almak için koordineli çalışırlar. Her bir algılayıcı düğüm, işlevi doğrultusunda sahip olduğu bilgiyi, hesaplarını, haberleşme işlemlerini ve enerji kaynaklarını temel alarak karar oluşturur. Dağıtılmış algılayıcı düğümlerin her biri veriyi toplama ve bu veriyi baz istasyonuna yönlendirme yeteneğine sahiptir. Baz istasyonu sabit veya hareketli/mobil olabilir. Algılayıcıların oluşturduğu ağ hazır bir bilgilendirme temeline veya internetle bağlantısı olan dış bir ağa erişim yapabilme kapasitesine sahiptir. Bu sayede, kullanıcı ağ üzerinde raporlanan verilere ulaşabilmektedir.

KAA üzerinde algılayıcı düğümlerin nasıl ve ne şekilde haberleşeceklerinin yanı sıra, baz istasyonunun konumu da ağ yaşam süresini önemli ölçüde etkileyen bir

parametredir. Örneğin, bir düğümün kendisinden uzak bir noktada konumlanmış olan bir baz istasyonuna paket göndermesi, düğümün daha fazla enerji harcamasına ve bataryasının daha hızlı tükenmesine yol açacaktır. Bu sebeple baz istasyonu konumunun seçimi sistem başarımını etkileyen önemli bir faktördür (Cayirpunar ve ark., 2013). Baz istasyonu algılayıcı düğümlerden gelen bilginin toplandığı, işlendiği ve depolanabildiği enerji sorunu olmayan birimdir. Bir ya da birden fazla baz istasyonu algılayıcı düğümler arasına yerleştirilebilir. Baz İstasyonları sabit ya da hareketli olabilirler. Enerji tüketimi, gecikme, verim gibi çeşitli performans metriklerini etkiler. Baz İstasyonların pozisyonları direkt olarak ağ yaşam sürelerini etkiler. Bu nedenle ağ içindeki yerleri ve hareketleri çok önemlidir.

Yapılan çalışmalarda, rastgele baz istasyonu hareketinin dahi ağın yaşam süresinde artış sağladığı ispatlanmıştır (Chatzigiannakis ve ark., 2008). Literatürde Baz istasyonu konumlandırılmasının sabit, statik ve dinamik konumlandırma olarak üçe ayrıldığı görülmektedir (Akkaya ve ark., 2007). Sabit baz istasyonu konumlandırması, baz istasyonunun başlangıçta sabit bir noktaya konulup ağ yaşam süresi boyunca aynı noktada kalmasıdır. Statik baz istasyonu konumlandırması, baz istasyonunun, düğümlerin geometrik merkezine sabitlenmesini ifade etmektedir. Dinamik baz istasyonu konumlandırması ise bazın, ağ yaşam süresi boyunca, hareketli bir şekilde yer değiştirmesine dayanmaktadır. Bu çalışmalarda baz istasyonun hareketi, belirli formüller veya algoritmalar ile sağlanmaktadır. Yapılan çalışmalar, dinamik baz istasyonu konumlandırmasının, sabit, statik veya rastgele konumlandırılmaya göre daha yüksek başarıma sahip olduğunu göstermektedir (Cayirpunar ve ark., 2015).

Bu çalışmada, ağda yer alan düğümlerin konumu ile beraber enerjilerini de hesaba katan minimum hareketli yeni bir dinamik baz istasyonu konumlandırma algoritması önerilmiş ve bu algoritmanın başarımı hem K-means ve K-medoid gibi kümeleme algoritmaları üzerinde hem de HEED hiyerarşik protokolü üzerinde çeşitli KAA parametreleri kullanılarak ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

KAA'da Enerji etkinliğinin sağlanabilmesi için kümeleme ve yönlendirme algoritmaları geliştirilmiştir. Hiyerarşik kümeleme protokolü olan HEED (Younis ve Fahmy., 2004) protokolünün yanı sıra K-means ve K-medoid kümeleme algoritmaları gibi algoritmalar kablosuz algılayıcı ağlarda kullanılmaktadır (Park. ve ark., 2013; Bakaraniya ve ark., 2013). Bu Algoritmalarda genellikle düğümlerin konum bilgisi parametresi kullanılsa da trafik yoğunluğu (Ding ve ark., 2015) gibi farklı parametrelerin kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur.

Örneğin, Bakaraniya ve Mehta, (2013), çalışmalarında küme başlarının seçiminde K-medoid kümeleme yöntemini kullanmışlar ve modellerini LEACH (Heinzelman ve ark., 2000) algoritması ile karşılaştırarak ağ yaşam süresinde artış elde etmişlerdir. Park ve ark.'nın, (2013), çalışmalarında KAA'da küme başlarının seçiminde, K-means algoritması, enerji verimliliğini sağlamak için kullanılarak etkili bir kümeleme yöntemi sunulmuştur. Çalışmanın temeli, düğümler arasındaki öklid uzaklıklarının minimum olmasını sağlayacak küme başları seçilimine dayanmaktadır. Çalışmada sunulan yaklaşımda, ağın yaşam süresi bakımından, LEACH, HEED gibi var olan hiyerarşik yönlendirme protokollerinden daha iyi performans sergilendiği gösterilmiştir. Sasikumar ve Sibaram'ın, (2012), çalışmalarında K-means algoritması KAA'da yine küme başı seçiminde kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda ağ yaşam süresinde iyileştirme sağlanmıştır. Wang ve ark., (2008), çalışmalarında KAA'da K-medoid kümeleme algoritmasını düğümlerin kümeleneğinde kullanmışlar ve bu kümeleme ile ağ yaşam süresinde LEACH protokolüne kıyasla iyileştirme sağlamışlardır. Guo ve ark., (2010), çalışmalarında K-means algoritması küme başlarının seçiminde kullanılmıştır. Çalışma LEACH protokolü ile karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre ağ yaşam süresinde iyileştirmeler sağlanmıştır. Singh ve Singh, (2015), çalışmalarında küme oluşumu ve küme başlarının seçiminde K-medoid algoritmasını kullanmışlardır. Ağ yaşam süresinin iyileştirilmesi için yapılan çalışmada oluşan kümelerin ve küme başlarının konumları ayrıntılı şekilde verilmiş ve sonraki çalışmalar için temel oluşturulmuştur. Damien ve ark., (2004), çalışmalarında düğüm yerleşimi için çok amaçlı genetik algoritma kullanılmıştır. Ağın kapsama alanını ve ağ ömrünü arttırmak için yapılan çalışmada KAA'nın düzensiz koşullarda (düzensiz arazi koşulları vb.) daha verimli çalışabilmesi amaçlanmıştır. Okay ve ark., (2015),

çalışmalarında çok amaçlı evrimsel algoritmaları kullanarak kapsama alanının artırılmasını sağlamışlardır. Çalışmada etkin kapsama kontrolü problemi adreslenmiştir. Mobil düğümlerin yerlerinin uygun şekilde değiştirileceği çok amaçlı evrimsel algoritmalar incelenmiştir.

Baz istasyonunun dinamik olarak konumlandırılması da, KAA'da enerjinin efektif olarak kullanılması açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda literatürde çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar, baz istasyonunun belirli algoritmalar ve mobilite senaryoları ile hareket ettirilmesine dayanmaktadır. Düğümlerin konum bilgilerinin kullanıldığı bazı çalışmalar genetik algoritma, parçacık sürü optimizasyonu ve karınca kolonisi optimizasyonu gibi bilinen yapay zeka algoritmalarını ve programlama modellerini kullanmaktadır. Bazı çalışmalar ise çeşitli algoritmalarla, ağda yer alan düğümlerin yine konum bilgilerinden faydalanmıştır. Bunların dışında çember, dikdörtgen ve altıgen gibi çeşitli geometrik mobilite senaryolarından yararlanan çalışmalar da literatürde yer almaktadır.

2.1. Dinamik baz istasyonu konumlandırmasında yapay zeka algoritmaları ve programlama modelleri üzerine yapılan çalışmalar

Mollanejad ve ark., (2010), gerçekleştirdiği çalışmada KAA'da LEACH ve HEED protokolleri üzerinde, dinamik baz istasyonu, genetik algoritma kullanılarak konumlandırılmış ve bu sayede statik baz istasyonu konumlandırmasına göre ağ ömrünün, LEACH protokolü kullanıldığı durumda %36, HEED protokolü kullanıldığı durumda ise %22 oranında artırıldığı tespit edilmiştir. Alageswaran ve ark., (2012), ise baz istasyonu konumlandırmasında parçacık sürü optimizasyonu yöntemini kullanmışlar ve baz istasyonunun optimal konumunu bulmaya çalışmışlardır. Bir başka çalışmada ise sınırlı enerji kaynağı, düşük haberleşme bandı gibi KAA'a özgü nitelikleri dikkate alan bir karınca koloni optimizasyonu yöntemi geliştirilmiştir (Karaboga ve ark., 2012). Önerilen algoritmanın performansı, LEACH protokolü ile karşılaştırılmıştır. Yapılan simülasyonlarda, yöntemin ağ ömrünü artırdığı tespit edilmiştir. Bunların dışında Çayırpunar ve ark., (2013), en iyi baz istasyonu konumlandırması için özgün bir doğrusal programlama modeli sunmuşlardır. Bu modelin geniş bir parametre uzayında çözdürülmesi ile dinamik baz istasyonu kullanımının ağ üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ağ boyutu ve yoğunluğunun farklı değerleri için çoklu deneyler yapılarak

sonuçlar alınmış ve baz istasyonu dinamikliğinin ağ yaşam süresini önemli lde, hatta bazı koşullarda %90 oranına varan seviyede (baz istasyonunun hareketsiz olduğu duruma göre) arttırdığı gözlemlenmiştir. Cheng ve ark.'nın, (2008), çalışmalarında ağ ömrü iyileştirilmesi ele alınmıştır. Çalışmada kk modifikasyonlarla farklı ağ tasarım stratejileri için kullanılabilir jenerik bir doğrusal programlama modeli sunulmuştur. Bahsedilen modelde, tasarım özellikleri bilinen bir ağın ömrü iyileştirirken sensörler arasında enerji tüketim dengesi de sağlanmaya çalışılmıştır. Doğrusal programlama modeli baz alınarak gerçekleştirilen yöntemde, tek statik baz istasyonu, mobil baz istasyonu, çoklu statik baz istasyonu, sensörler arasında homojen olmayan enerji dağılımı, ağa yedek düğüm yerleştirme ve kaynak sensörlerin veri üretim miktarının heterojen olması gibi durumlardan oluşan farklı ağ tasarım stratejilerinin ağ ömrü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ağ tasarım stratejilerini kurulum maliyeti açısından kıyaslamak için bir de maliyet modeli sunulmuştur. Maliyet fonksiyonu ağdaki toplam düğüm maliyeti ve kompleks ağlar için ek yapıların maliyetinden oluşmaktadır. Belli bir ağ ömrüne erişmek için her bir tasarımda gerekli düğüm sayısı hesaplanarak stratejiler mali açıdan da kıyaslanmıştır. Test sonuçlarına göre, mobil baz istasyonunun varlığı ağ ömründe kısıtlı iyileştirme sunarken çoklu baz istasyonunun varlığında ağ ömrü ağdaki baz istasyonu sayısı çoğaldıkça uzamaktadır. Düğümler arasında homojen olmayan enerji ataması hem enerji etkililiği hem de enerji dengesini sağlarken uygulama açısından zor ve maliyetlidir.

2.2. Dinamik baz istasyonu konumlandırması için düğümlerin konum bilgilerinin kullanıldığı çeşitli algoritmalar

Ağdaki düğümlerin konum bilgisini kullanan çalışmaların bir kısmı, baz istasyonunun dinamik hareketini bölgesel olarak gerçekleştirir. Örneğin Yun ve Xia'nın, (2010), yaptığı çalışmada, en iyi konum bilgisine göre yerleştirilen baz istasyonu, enerji ve zaman kayıplarının ihmal edildiği ağ yaşam süresi boyunca bölgesel olarak hareket ettirilmif ve bu yöntem ile ağ yaşam süresinde statik baz istasyonu konumlandırılmasına göre %100'e varan oranda daha yüksek bir başarım elde edilmiştir. K-medoid kümeleme yöntemi kullanan bir başka çalışmada ise ağda harcanan enerjiyi minimize edecek şekilde küme başlarından paketleri toplayan dinamik bir baz istasyonu sisteme eklenmiş ve bu sistemin sabit baz istasyonu kullanan bir sisteme göre performans

iyileştirmeleri sağladığı gözlemlenmiştir (Pavithra ve ark., 2015). Liang ve ark., (2010), dinamik bazın hareket mesafesini sınırlamak gerektiğini savunmuşlardır. Bu nedenle bölgesel olarak hareket ettirdikleri baz istasyonunun optimum turu için bir algoritma önermişlerdir. Bu algoritmayı lineer olarak programladıkları problem ile karşılaştırmışlar ve sonucun çalışma zamanı açısından daha avantajlı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Baz istasyonunun bölgesel olarak hareket ettirilmediği, sadece düğümlerin konum bilgileri kullanılarak her döngü bir defaya mahsus yer değiştirdiği çalışmalar da mevcuttur. Flathagen ve ark.'nın, (2011), çalışmalarında baz istasyonu ile düğümler arasındaki toplam mesafenin minimize edildiği ve sadece konum bilgilerinin kullanıldığı en kısa yol konumlandırması (EKYK) yöntemi kullanılmıştır. Böylece baz istasyonunun dinamik bir şekilde, optimum yerde konumlandırılması sağlanmıştır. Baz istasyonu konumlandırması için K-means ve K-medoid yöntemlerinin de kullanıldığı çalışmada sabit baz konumlandırmasına kıyasla ağ yaşam süresinde ve baz istasyonuna ulaşan paket sayısında iyileştirmeler sağlanmıştır.

2.3. Dinamik Baz İstasyonu Konumlandırması İçin Geometrik mobilite senaryolarının kullanıldığı çalışmalar

Salim ve Badran, (2015), çalışmalarında dinamik baz istasyonu hareketini, içerisinde rasgele, dairesel, orta yol ve dikdörtgen hareket bulunan ve literatürde var olan bir takım mobilite senaryolarına göre sağlamışlardır. Bu senaryoları farklı hiyerarşik yönlendirme protokolleri üzerinde modellemişlerdir. Kullanılan protokolden bağımsız olarak tüm baz istasyonu mobilite senaryolarının, sabit baz istasyonu konumlandırmasına göre daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir. Marta ve Cardei, (2008), ise baz istasyonu hareketi için altıgen çevre yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemle göre baz istasyonu altıgenin köşelerine yerleştirilmiş ve optimal konum bulunmaya çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda ağ yaşam süresinde, statik baz istasyonu konumlandırmasına göre 4,84 katlık bir iyileştirme sağlanmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde birçoğunun ağ yaşam süresini iyileştirmek amacıyla ağdaki düğümlerin konum bilgilerinden faydalandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışmalarda çoğunlukla baz istasyonunun hareketlerine kısıtlama konulmaması nedeniyle küme başlarının enerji kayıpları olmadığı varsayılmış

ve bazın hareketindeki zaman kayıpları ihmal edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmalarda iyileştirme oranları %100 hatta %200 gibi yüksek değerlere kadar ulaşmıştır. Ancak daha gerçekçi senaryolarda zaman kayıplarının ihmal edilebilmesi için bazın hareketlerinde kısıtlamalar olması ve küme başlarının enerji kayıplarının dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada zaman kayıplarını ihmal edebilmek için minimum baz istasyonu hareketi hedeflenmiş ve küme başlarında kaybedilen enerji dikkate alınmıştır. Ayrıca literatürde ağ yaşam süresine etki eden önemli bir parametre olan düğümlerin kalan enerji seviyelerini dikkate alan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu tez çalışmasında sadece ağdaki düğümlerin konumlarını değil, aynı zamanda enerji seviyelerini de dikkate alan minimum hareketli yeni bir dinamik baz istasyonu konumlandırma algoritması önerilmiştir. Önerilen algoritma çeşitli hiyerarşik yönlendirme protokolleri üzerinde test edilmiş ve hem sabit hem de statik baz istasyonu konumlandırmasına göre performans kıyaslamaları yapılmıştır.

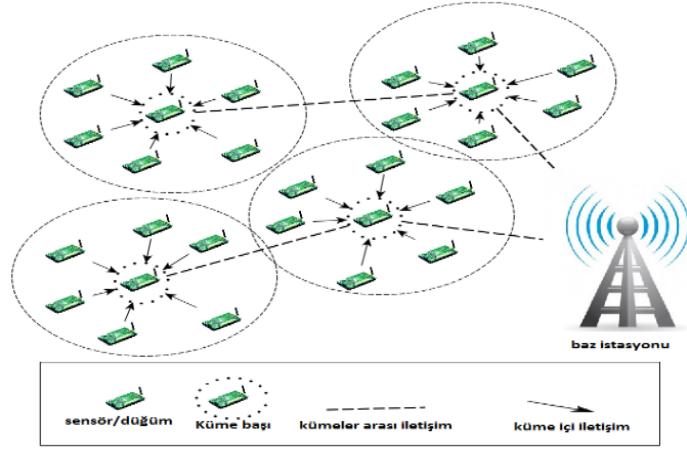
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada enerjiyi efektif kullanabilmek için düğümlerin konum bilgilerinin yanı sıra kalan enerjilerinin de hesaba katıldığı dinamik baz istasyonu konumlandırma algoritması önerilmiş ve bu algoritmanın başarımı hem K-means ve K-medoid gibi kümeleme algoritmaları üzerinde hem de HEED hiyerarşik protokolü üzerinde çeşitli KAA parametreleri kullanılarak ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmadaki protokollerin ve algoritmaların tasarımı için ücretsiz olarak sunulan OMNeT++ simülasyon programı kullanılmıştır.

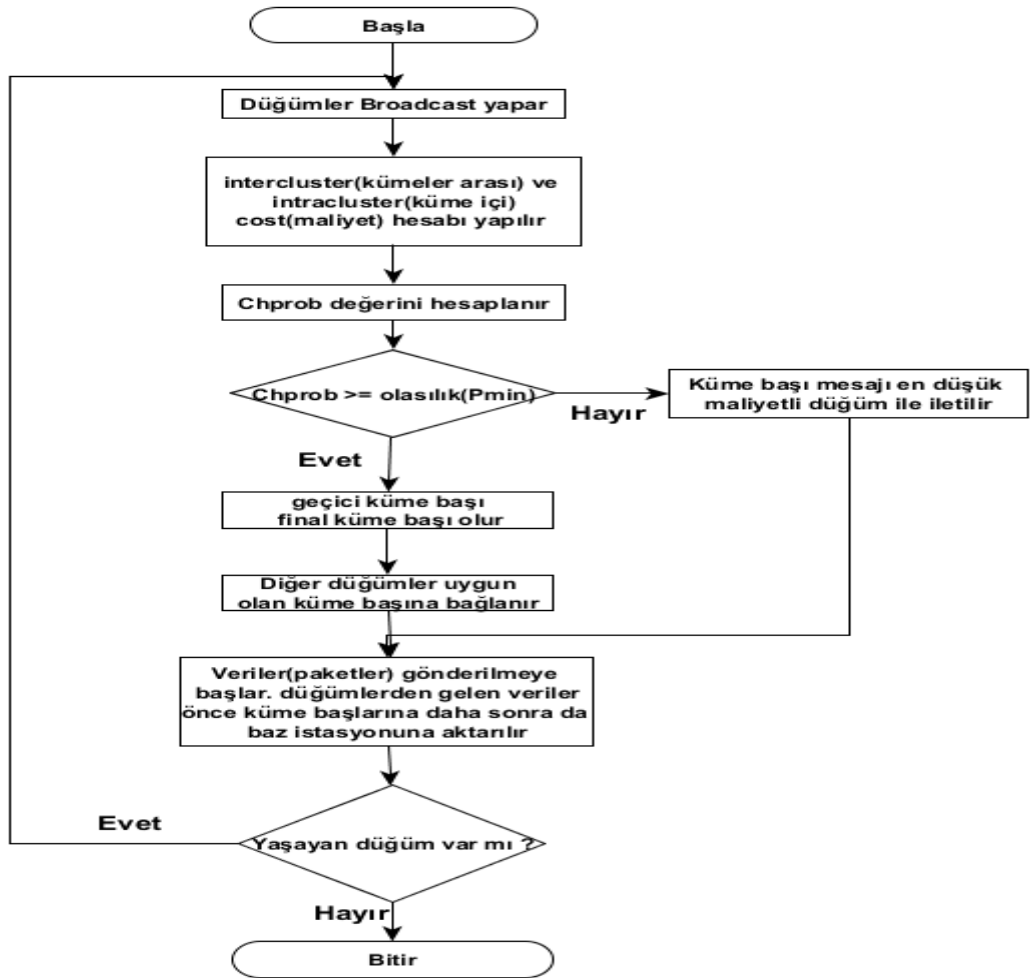
3.1. HEED

KAA'da ağ ömrünü uzatmak için hibrit enerji verimli dağıtılmış kümeleme (HEED) kümeleme protokolü kullanılmaktadır. HEED (Younis ve ark., 2004) protokolü altyapı veya düğüm işlem işlevleri konusunda varsayımda bulunmayıp, algılayıcı düğümlerdeki farklı enerji seviyelerine odaklanmaktadır. HEED protokolü algılayıcı düğümleri temel alarak, 2 parametreyi kullanarak periyodik bir şekilde küme başları seçmektedir. Bu parametreler kümenin kalan enerjisi ve kümenin komşuları ile olan açısı veya yakınlığıdır. HEED protokolü, kümeler arası ve küme içi iletişim kapsama alanlarında ve düğüm yoğunluğunda gerekli olan sınırları oluşturarak kümeleştirilmiş ağın bağlanabilirliğini garanti eder. Bu yaklaşım hibrit bir yaklaşımdır. Küme başları yukarıda tanımlanan iki parametre temel alınarak olasılığa dayalı bir şekilde seçilir, daha sonra iletim maliyetini azaltmak için düğümler bu kümelere katılır. Bu yaklaşım ölçeklenebilir bir veri kümelenmesini destekleyerek ağın yaşam süresini verimli bir şekilde arttırmaktadır. Bu yaklaşım kümelemede daha az enerji kullanmakla birlikte yük dengeleme ve ek yükleri azaltma gibi özellikler sunabilmektedir. Yaklaşım karmaşık bir algoritmaya ve birden fazla iterasyona sahiptir. Bu yöntemin temel avantajları ölçeklendirilebilir veri kümelenmesi, daha uzun ağ yaşam ömrü ve yük dengelemesidir. Algoritmanın karmaşıklığı ise bu yöntemin temel dezavantajıdır. Bu yaklaşım ölçeklenebilir bir veri kümelenmesini destekleyerek ağın yaşam süresini verimli bir şekilde arttırmaktadır (Öztürk, 2012).

Şekil 3.1'de HEED protokolünün genel yapısı gösterilmiştir. Şekil 3.2'de ise HEED protokolünün akış diyagramı ana hatlarıyla gösterilmiştir.



Şekil 3.1. HEED protokolünün genel yapısı.



Şekil 3.2. HEED protokolünün genel akış şeması.

HEED protokolünde her düğüm belirli bir alanda yayım (broadcast) yapar. Yayım içerisinde maliyet hesabı da bulunmaktadır. Maliyet hesabı Denklem (1),(2),(3)'de sırası ile gösterilmiştir. HEED protokolünün temel hiyerarşik kümeleme protokollerden biri olan LEACH protokolünden en büyük farkı, HEED'in küme başlarını gelişigüzel seçmiyor olmasıdır. HEED'de küme başları iki önemli parametre doğrultusunda periyodik olarak seçilmektedir. HEED'de P_K değeri optimal bir yüzdenin önceden hesaplanamayacağı varsayımı üzerine ayarlanmaktadır. Bir düğümün küme başı olma ihtimali Denklem (4) de gösterilmektedir.

$$M_{ki} = \begin{cases} S * (Ee + (E_{fs} * (Du^2))), & d_d < d_0 \\ S * (Ee + (E_{mp} * (Du^4))), & d_d > d_0 \end{cases} \quad (1)$$

$$M_{ka} = \begin{cases} B_n * S * (Ee + (E_{fs} * (Du^2))), & d_b < d_0 \\ B_n * S * (Ee + (E_{mp} * (Du^4))), & d_b > d_0 \end{cases} \quad (2)$$

$$M_t = M_{ki} + M_{ka} \quad (3)$$

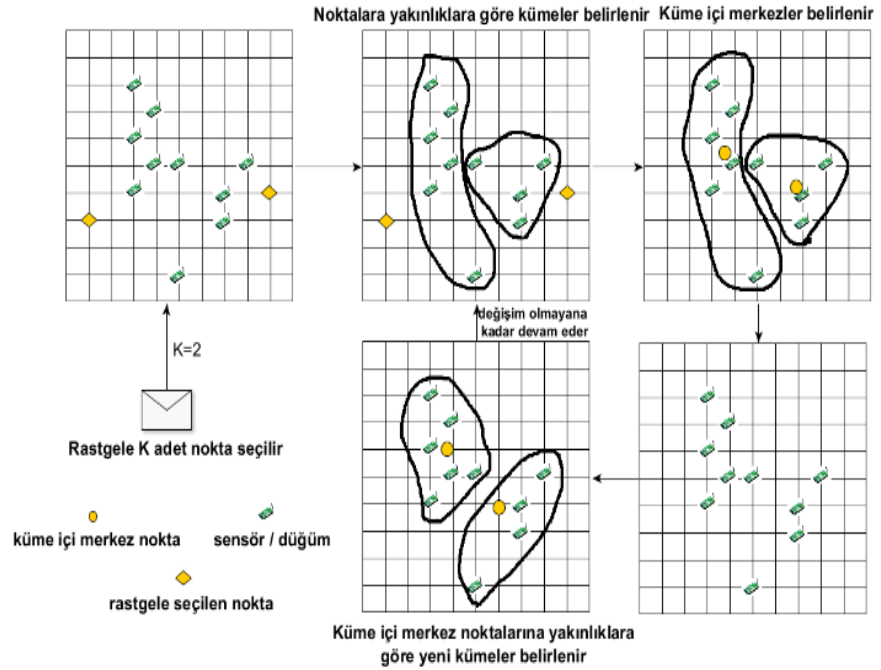
$$P_{KB} = P_K * \frac{E_r}{(E_T)} \quad (4)$$

Bu denklemlerde E_T , düğümün toplam enerjisini; d_d , düğüm uzaklığı; d_b , baz uzaklığı; S , veri paket büyüklüğünü; Ee , devrede sinyali almak veya iletmek için harcanan enerjiyi; B_n , bağlanacak düğüm sayısını; E_r , düğümün kalan enerjisini; M_t , toplam maliyeti; M_{ki} , küme içi iletişim maliyetini; M_{ka} , kümeler arası iletişim maliyetini; d_0 , eşik değeri uzaklığını (m); P_{KB} , küme başı seçimi olasılığını; P_K küme başı seçimi sabit değişkenini (0.05) temsil etmektedir. Ayrıca E_{fs} , kısa mesafelerdeki iletim için; E_{mp} , uzun mesafelerdeki iletim için yükselteçlerin harcadığı enerjiyi temsil etmektedir.

HEED protokolünde öncelikle her düğüm belirli bir alanda yayım yapar. Daha sonra küme içi ve küme dışı maliyet hesapları yapılır ve küme başı olma olasılığı değeri hesaplanır. Bu değer P_{min} olasılık değerinden yüksek ise geçici olarak seçilen küme başları kalıcı küme başı olur. Kalan diğer düğümler uygun olan küme başlarına bağlanır. Daha sonra kümeleme tabanlı algılayıcı ağların genel yapısında da olduğu gibi düğümlerden gelen paketler önce küme başlarına daha sonra da baz istasyonuna aktarılır. Bu işlemler ağda yaşayan düğüm kaldığı sürece devam eder.

3.2. K-means

KAA'da K-means (Hartigan ve ark., 1979) algoritması ağ alanındaki sensör düğümleri niteliklerine göre K adet kümeye ayıran bir algoritmadır. Kümeleme işlemi düğümlerin en yakın oldukları küme merkezi civarında toplanmasıyla olur. K-means algoritmasında K değeri probleme göre belirlenebilir. Bu değer dışarıdan hazır olarak alınabileceği gibi çeşitli algoritmalar kullanılarak da hesaplanabilir. K-means algoritması, K adet kümelemeyi, her bir kümeyi temsil edecek bir noktanın keyfi seçimiyle başlatır. Ağda yer alan düğümler, bu noktalara uzaklıklarını tek tek hesaplayarak, kendilerine en yakın olan noktanın kümesine dâhil olurlar. Şekil 3.3'te algoritma adımları gösterilmiştir. Kümeleme ölçütü, küme ortalamasını (küme içi merkezi) hesaplayabilmek için kullanılır. Bu ortalamalar yeni noktalar olarak ele alınır ve her bir düğüm kendisine en yakın olan kümeye yeniden atanır. Bu kümeler yeniden hesaplanır ve kümelerde hiç bir değişim gözlenilmediği duruma ulaşıncaya kadar bu döngü devam ettirilir.



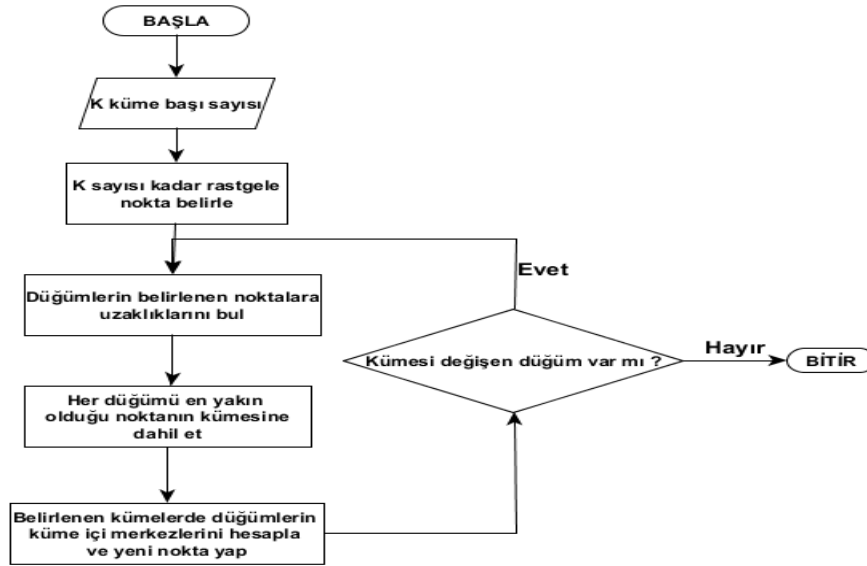
K-means kümeleme yönteminin değerlendirilmesinde yaygın olarak toplam karesel hata ölçütü (KHK) kullanılır. KHK değeri en düşük olan kümeleme en iyi sonucu verir. Düğümlerin buldukları kümenin merkez noktalarına olan uzaklıklarının

karelerinin toplamı Denklem (5) ile hesaplanmaktadır. Bu denklemi minimum yapan değer ise Denklem (6)'da hesaplanmaktadır.

$$KHK = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist^2(m_i, x) \quad (5)$$

$$Min_d = \underset{C_i}{\text{Argmin}} KHK \quad (6)$$

Bu denklemlerde $dist$, iki düğüm arasındaki öklid uzaklığını tanımlamaktadır. x değeri, C_i kümesindeki bir nesneyi; m_i değeri, C_i kümesinin merkez noktasını, Min_d ise minimum değeri ifade etmektedir. K ise rastgele seçilen K değerini ifade etmektedir. Geon Park ve arkadaşlarının (Park ve ark., 2013) çalışmasında KAA'da, k-means algoritması, enerji verimliliğini iyileştirmek için kullanılarak etkili bir kümeleme yöntemi sunulmuştur. Çalışmanın temeli, düğümler arasındaki öklid uzaklıklarının minimum olmasını sağlayacak küme başları seçilimine dayanmaktadır. Çalışmada sunulan yaklaşımda, ağın yaşam süresi bakımından, LEACH, HEED gibi var olan hiyerarşik yönlendirme protokollerinden daha iyi performans sergilendiği gösterilmiştir. Şekil 3.4' te KAA'da K-means kümeleme algoritmasının akış şeması gösterilmiştir.



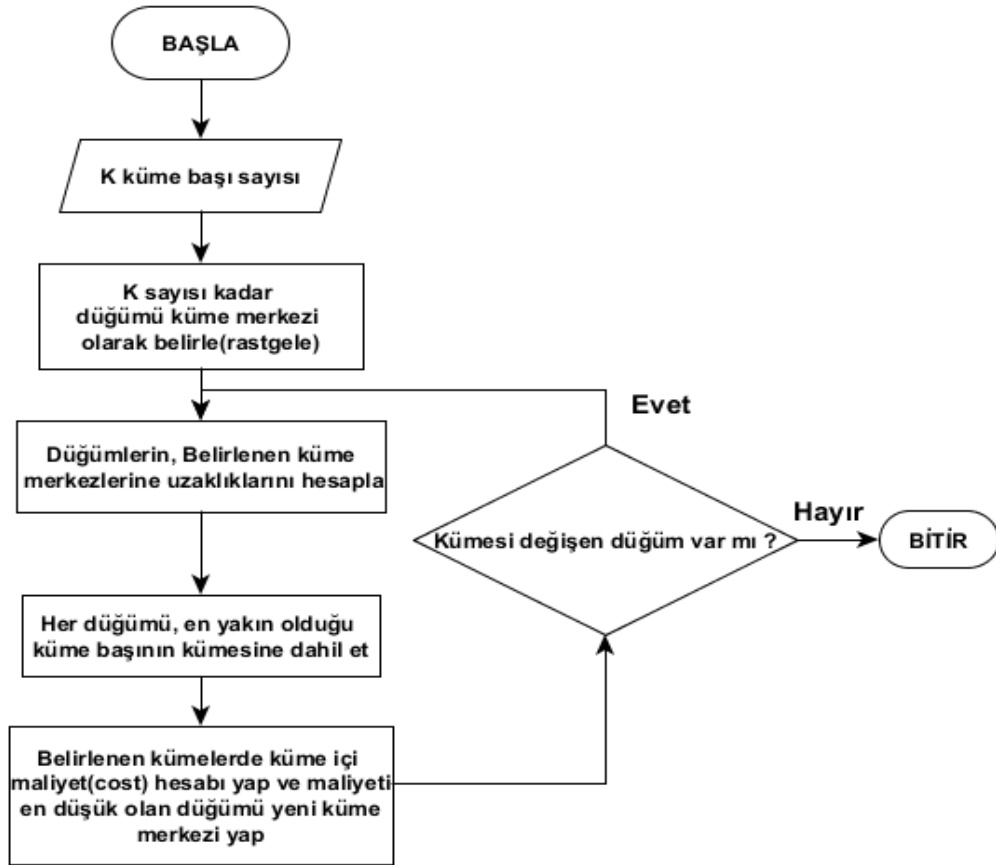
Şekil 3.4. K-means akış şeması

3.3. K-medoid

K-medoid algoritması K-means algoritmasının gürültü ve istisna verilere duyarlılığını gidermek amacıyla Kaufman ve Rousseeuw tarafından geliştirilmiştir (Kaufman ve ark., 1987). K-medoid algoritması kümeyi temsil edecek noktayı bulmak

için küme elemanlarının ortalamasını almak yerine kümenin merkez noktasına en yakın olan elemanı yeni küme merkezi olarak belirler. Böylece istisna verilerin küme merkezini kenarlara doğru kaydırması problemi önlenmiş olur. K-medoid algoritması, öncelikle rastgele seçtiği k adet düğümü küme merkezi olarak alır.

Kümeye yeni bir eleman katıldığında, kümenin elemanlarını tek tek test ederek kümenin gelişmesine en fazla katkıda bulunacak noktayı tespit edip, bu noktayı yeni merkez olarak, eski merkezi ise sıradan küme elemanı olarak tayin eder (Sarıman, 2011). Kümeler belirlendikten sonra küme içi maliyet hesabı yapılarak en düşük maliyetli düğüm yeni küme merkezi olarak seçilir. Şekil 3.5’ te KAA’da K-medoid için akış şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.5. K-medoid akış şeması.

K-medoid kümeleme yönteminin değerlendirilmesinde k-means kümeleme yönteminden farklı bir maliyet hesabı kullanılır. Bu yöntemde kullanılan maliyet hesabı Denklem (7)’de gösterilmiştir.

$$\text{Cost}(x,c)= \sum_{i=1}^d |x_i - c_i| \quad (7)$$

Bakaraniya ve Mehta (Bakaraniya ve ark., 2013) çalışmalarında k-medoid kümeleme yöntemini kullanmışlar ve modellerini LEACH algoritması ile karşılaştırarak ağ yaşam süresinde artış elde etmişlerdir.

3.4. Önerilen Yaklaşım

Bu tez çalışmasında öncelikle ücretsiz olarak sunulan OMNeT++ (Varga, 2001) simülasyon programı kullanılarak kümeleme tabanlı HEED protokolü gerçekleştirilmiştir. Ardından HEED protokolünün parametreleri temel alınarak K-means ve K-medoid kümeleme algoritmaları ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak düğümlerin konumlarının yanı sıra kalan enerjilerinin de hesaba katıldığı minimum hareketli dinamik baz istasyonu konumlandırması önerilmiş ve gerçekleştirilmiş olan HEED, K-means ve K-medoid protokollerine uygulanmıştır. Gerçeklenen protokoller arasında farklı düğüm sayılarında ve dağılımlarında performans analizleri yapılmıştır.

Düğümün baz istasyonuna ve birbirlerine olan uzaklıkları ile doğru orantılı olarak enerji harcarlar. Bu yüzden literatürde, genellikle, baz istasyonunun konumu, ağın geometrik ağırlık merkezi olarak seçilmiştir (Mollanejad ve ark., 2010). Bu kapsamda ilk olarak, baz istasyonu tüm protokollerde, ağın geometrik ağırlık merkezine sabitlenmiştir. Bu yaklaşıma geometrik merkez (G_c) adı verilmiştir ve Denklem (8), (9)'da gösterilmiştir.

Düğümün kalan enerjilerini de hesaba katmak amacıyla baz istasyonunun konum koordinatları belirlenirken, ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde, yaşayan düğümlerin koordinatları kalan enerji oranları ile ağırlıklandırılmıştır. Böylece baz istasyonu ağ yaşamı boyunca ağırlıklandırılmış uzaklıkların ortalamasına doğru kaydırılmaktadır. Bu yaklaşıma batarya ağırlıklı merkez (B_c) adı verilmiştir ve Denklem (10), (11)'de gösterilmiştir.

Düğümün verilerinin iletilmesinde kullanılan enerji formülünde, düğümlerin, birbirlerine ve baz istasyonuna olan uzaklıklarının kareleri hesaba katılmaktadır. Bundan dolayı batarya ağırlıklı merkez ile ağın geometrik ağırlık merkezinin

koordinatları toplamının ortalaması alınmıştır ve Denklem (12), (13)'de gösterilmiştir. Bu yaklaşıma ise enerji tabanlı ağırlık merkezi (A_c) adı verilmiştir.

$$G_c x = \left(\sum_{i=1}^N x_i \right) / N \quad (8)$$

$$G_c y = \left(\sum_{i=1}^N y_i \right) / N \quad (9)$$

$$B_c x = \left(\sum_{i=1}^N x_i E_i \right) / E_T \quad (10)$$

$$B_c y = \left(\sum_{i=1}^N y_i E_i \right) / E_T \quad (11)$$

$$A_c x = \frac{G_c x + B_c x}{2} \quad (12)$$

$$A_c y = \frac{G_c y + B_c y}{2} \quad (13)$$

Bu denklemlerde G_c , geometrik merkez; B_c , batarya ağırlıklı merkez; A_c , enerji tabanlı ağırlık merkezi x_i , i . düğümün x koordinatı; y_i , i . düğümün y koordinatı; N , yaşayan düğüm sayısı; E_i , i . yaşayan düğümün enerjisi; E_T , düğümlerin toplam enerjisidir. Ayrıca x , x koordinatını, y ise y koordinatını temsil etmektedir.

Çalışmada, önerilen bu yaklaşımdan yola çıkılarak performans ölçümleri yapılmıştır. Sabit baz istasyonu kavramı, baz istasyonunun, ağ alanının geometrik merkezine sabitlenmesini ifade etmektedir. Dinamik baz istasyonu kavramı ise baz istasyonunun, her döngüde, yukarıdaki formülde enerji tabanlı ağırlık merkezi (A_c) olarak adlandırılan konuma kaydırılmasını ifade etmektedir.

Çalışmada önerilen yaklaşımın amacı, ağ yaşamı boyunca, ağın durumuna göre, en iyi baz istasyonu konumunu bulabilmek ve ağı, performans parametreleri üzerinden daha iyi hale getirmektir. Çalışmada, baz istasyonunun gezdirilmesinden kaynaklanan enerji ve zaman kaybı ihmal edilmiştir.

3.5. Simülasyon Çatısı ve Parametreler

Bu çalışmada, ücretsiz olarak sunulan OMNeT++ simülasyon programı kullanılarak dinamik bazlı, kümeleme tabanlı KAA algoritmaları modellenmiştir. OMNeT++ nesneye yönelik ve modüler yapıda ayrık olay ağ benzetim programıdır (Varga, 2001). Çeşitli çalışmalarının modellenmesi için kullanıma hazır bir takım haberleşme ağlarını içermekle birlikte kullanıcının kendi ağını gerçekleyebilmesi için de temel modüller sağlar (Aydın ve ark., 2015).

Çalışmada kullanılan simülasyon parametreleri Çizelge 3.1 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Parametreler

Parametreler	Değerler
Ağ alanı	100 m *100 m,
Düğüm sayısı	100, 200, 300, 500
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 (Broadcast) 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

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE DEĞERLENDİRME

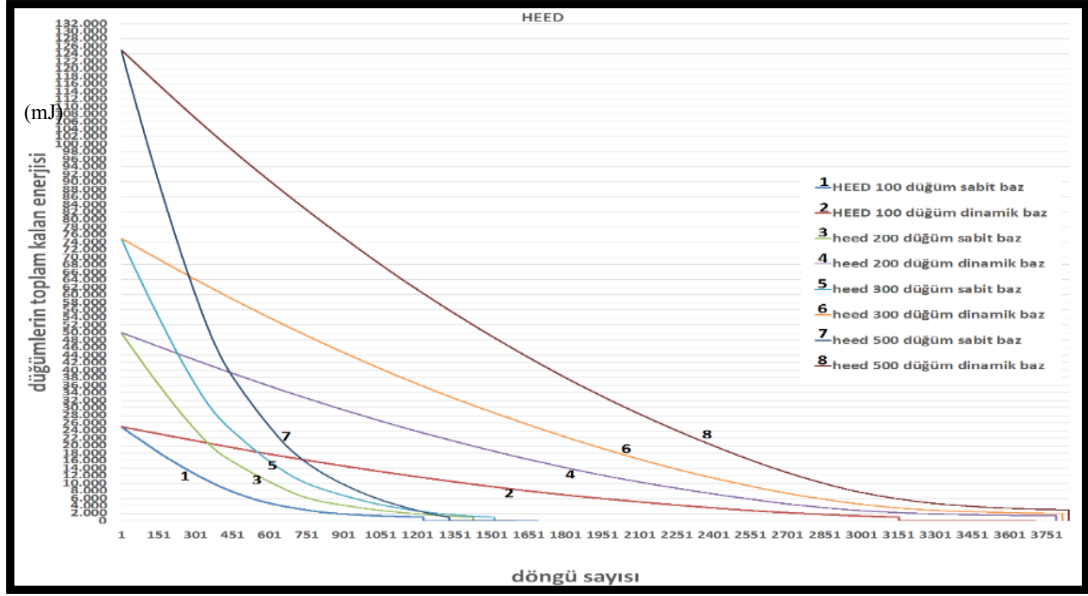
Bu çalışmanın performans parametreleri, baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısı ve ağdaki düğümlerin toplam kalan enerji miktarıdır. Baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısı, düğümlerden gelen paketlerin kaçının baz istasyonuna ulaştığını ifade eder. Toplam kalan enerji miktarı, ağ yaşamı boyunca düğümlerin kalan enerjilerinin toplamını ifade eder. Ayrıca Düğümlerin tamamının enerjilerinin tükendiği an, ağ yaşam süresini ifade etmektedir. Bu tez çalışmasında farklı düğüm sayılarına ve farklı düğüm dağılımına sahip HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılarak performans ölçümleri ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Önerilen yaklaşım olan dinamik baz istasyonunun üç protokoldeki başarımı da gösterilmiştir. Çalışma 100, 200, 300 ve 500 düğümlü ve farklı düğüm dağılımına sahip ağlarda ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve sonuçlar alınmıştır.

4.1. HEED Protokolü

Dinamik baz istasyonu konumlandırmasının HEED protokolünde farklı düğüm sayılarında ve Farklı düğüm dağılımlarında yapılan test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

4.1.1. Farklı düğüm sayılarında HEED

Şekil 4.1’de farklı düğüm sayılarında HEED protokolü için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi gösterilmektedir.

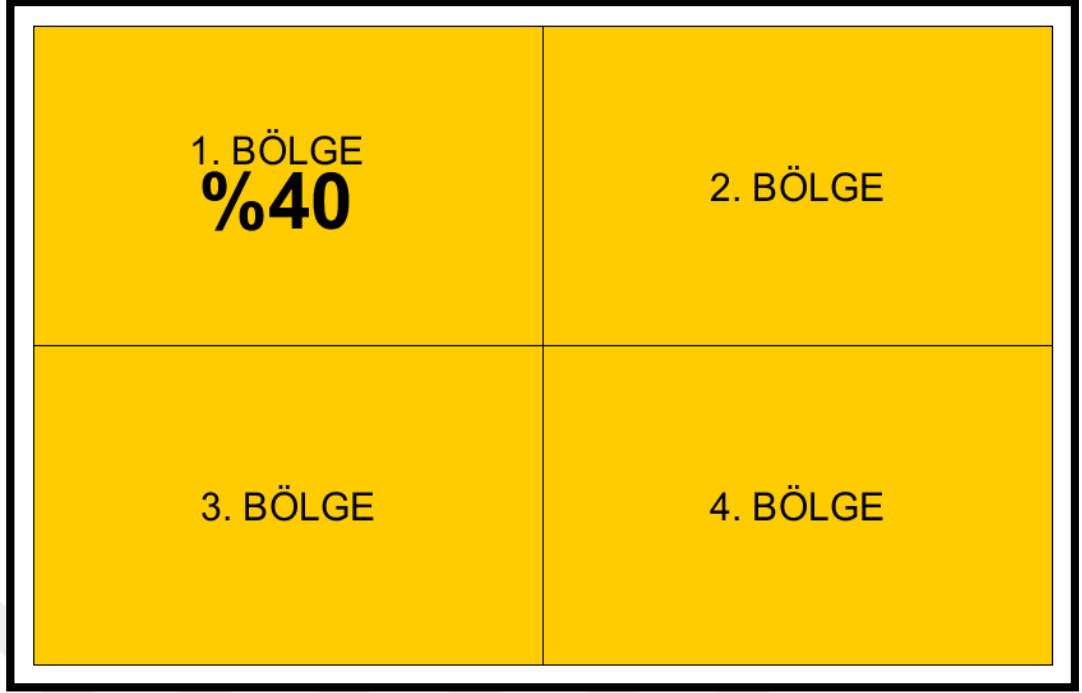


Şekil 4.1. Farklı düğüm sayılarında HEED protokolü için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.

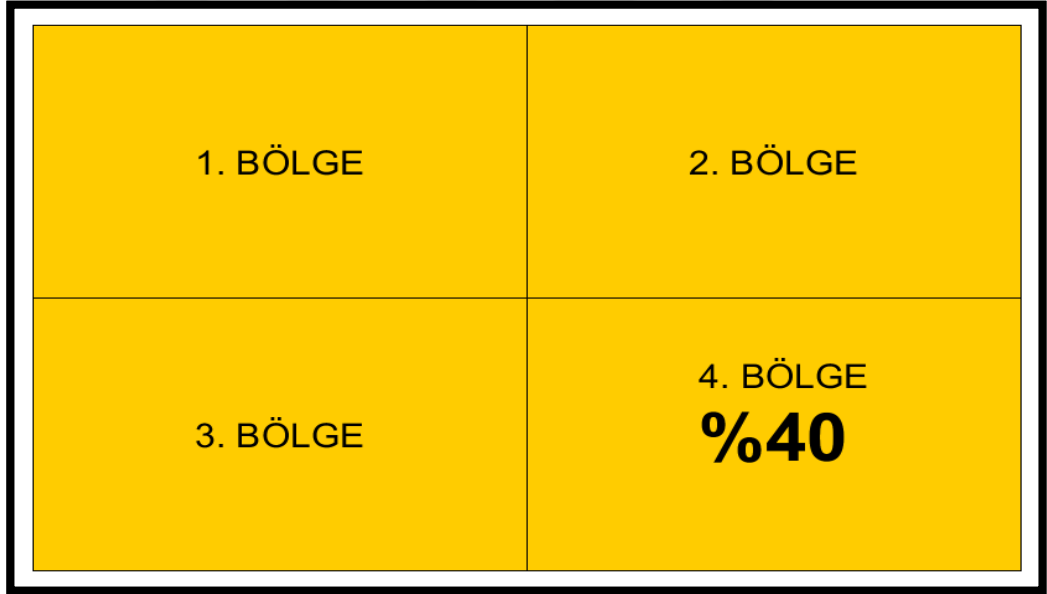
Şekilde sabit baz istasyonu kullanımı ve önerilen yaklaşım olan dinamik baz istasyonu kullanımının farklı düğüm sayılarında HEED protokolündeki etkileri gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere ağ ömürleri dikkate alındığında, dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde sabit baz istasyonu kullanımına göre 100 düğümde %119.2, 200 düğümde %136.64, 300 düğümde %138.11, 500 düğümde %139.52 oranlarında, ortalamada ise %133.34 oranında iyileştirme sağlanmıştır. Farklı düğüm sayılarında sonuçlar incelendiğinde düğüm sayısı arttıkça dinamik baz istasyonu etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.

4.1.2. Farklı düğüm dağılımlarında HEED

Farklı düğüm dağılımı olarak uzak ve yakın bölge heterojen dağılımlı ve homojen dağılımlı ağ yapıları kullanılmıştır. Uzak ve yakın bölge heterojen dağılımlar Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Şekilde gösterildiği gibi uzak bölge heterojen dağılımda düğümlerin %40'ı 1. bölgede geri kalan düğümler ise tüm ağa homojen bir şekilde yayılmaktadır. Yakın bölge heterojen dağılımda ise düğümlerin %40'ı 4. bölgede geri kalan düğümler ise tüm ağda homojen şekilde konumlandırılmaktadır. Yakın ve uzaklık ölçütü düğümlerin baz istasyonuna olan mesafelerdir.

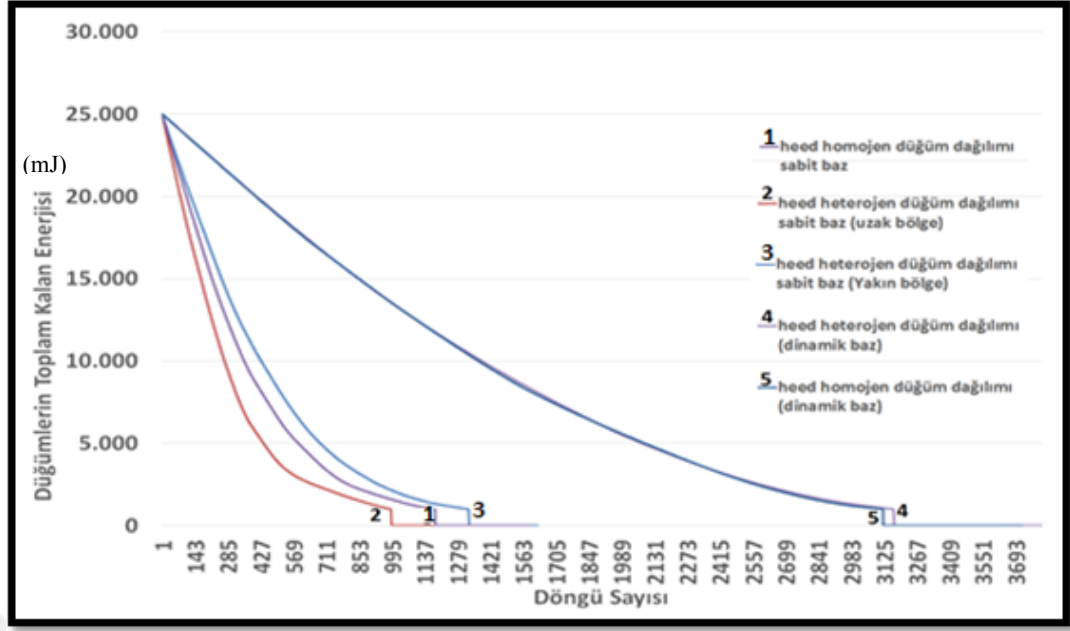


Şekil 4.2. Heterojen düğüm dağılım bölgeleri ve düğüm dağılım oranları (Uzak bölge)



Şekil 4.3. Heterojen düğüm dağılım bölgeleri ve düğüm dağılım oranları (Yakın bölge)

Şekil 4.4’de HEED protokolünde dinamik baz istasyonu etkisinin farklı düğüm dağılımındaki etkileri gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Farklı düğüm dağılımında HEED protokolü için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.

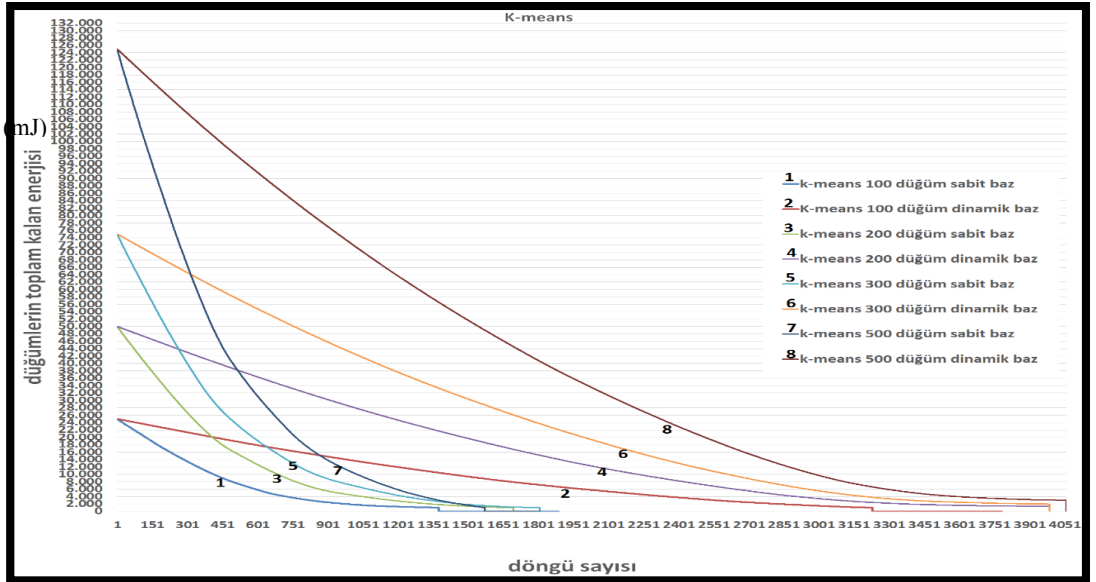
Şekil 4.4'te görüldüğü üzere sabit baz istasyonu kullanılan homojen düğüm dağılımına sahip ağa kıyasla dinamik baz istasyonu kullanılan homojen düğüm dağılımına sahip ağın %119.2 oranında, heterojen düğüm dağılımına sahip ağın ise %132.1 oranında daha uzun ağ ömrüne sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla dinamik baz istasyonu kullanımıyla, heterojen düğüm dağılımına sahip ağın homojen düğüm dağılımına sahip ağa kıyasla %12.9 oranında daha yüksek bir başarıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Baz istasyonun sabit olduğu durumda ise, uzak ve yakın bölge heterojen düğüm dağılımları ile homojen düğüm dağılımı arasında kıyaslama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda homojen düğüm dağılımına sahip ağa göre yakın bölge heterojen düğüm dağılımına sahip ağda ağ ömründe %20.6 iyileştirme sağlanırken, uzak bölge heterojen düğüm dağılımına sahip ağda ağ ömrünün %16 kısaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum düğüm yoğunluğunun baz istasyonuna uzak ve yakın olmasından kaynaklanmıştır. Uzak bölgede daha kısa ağ ömrü gözlemlenirken yakın bölgede daha uzun ağ ömrü gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda dinamik baz istasyonu kullanılan heterojen düğüm dağılımına sahip ağın en yüksek ağ ömrüne sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ağ alanında belirli bir bölgeye yoğunlaşan düğümlerin daha küçük bir alanda haberleşmeleri ve buna bağlı olarak daha az enerji harcamalarıdır.

4.2. K-means Algoritması

Dinamik baz istasyonu konumlandırmasının K-means algoritmasında farklı düğüm sayılarında ve Farklı düğüm dağılımlarında yapılan test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

4.2.1. Farklı düğüm sayılarında K-means

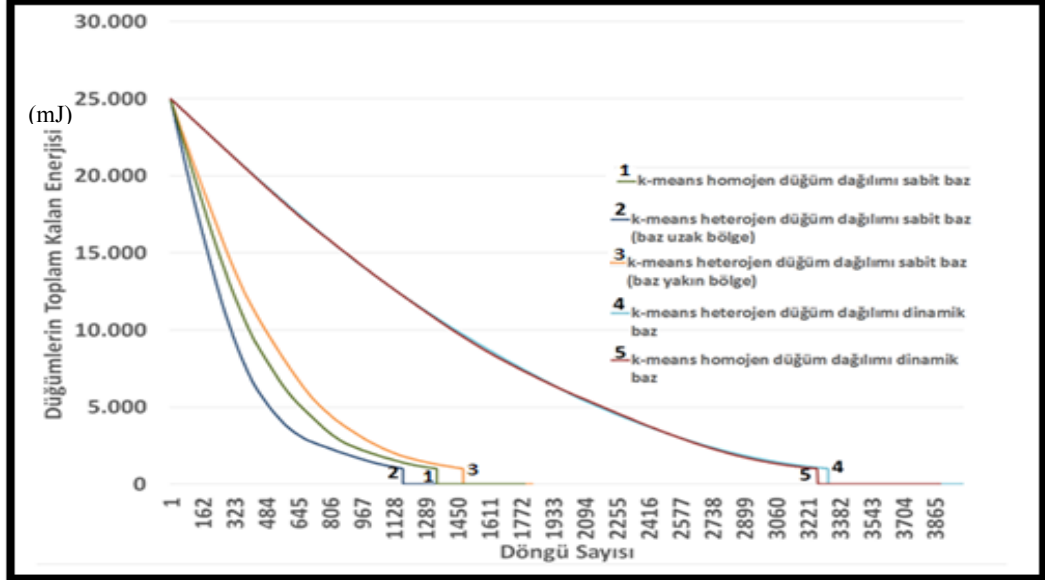
Şekil 4.5’de farklı düğüm sayılarında K-means algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi gösterilmektedir. Düğümlerin tamamının enerjilerinin tükendiği an, ağ yaşam süresini ifade etmektedir. Şekilde sabit baz istasyonu kullanımı ve önerilen yaklaşım olan dinamik baz istasyonu kullanımının farklı düğüm sayılarında K-means algoritmasındaki etkileri gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere ağ ömürleri dikkate alındığında, dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde sabit baz istasyonu kullanımına göre 100 düğümde %100.3, 200 düğümde %120.51, 300 düğümde %121.64, 500 düğümde %124.32 oranlarında, ortalamada ise %116.36 oranında iyileştirme sağlanmıştır. Farklı düğüm sayılarında sonuçlar incelendiğinde düğüm sayısı arttıkça dinamik baz istasyonu etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Farklı düğüm sayılarında K-means protokolü için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.

4.2.2. Farklı Düzüm Dağılımlarında K-means

Şekil 4.6'de K-means algoritmasında dinamik baz istasyonu etkisinin farklı düzüm dağılımındaki etkileri gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Farklı düzüm dağılımında K-means algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düzümün toplam kalan enerjisi.

Şekil 4.6'da görüldüğü üzere sabit baz istasyonu kullanılan homojen düzüm dağılımına sahip ağa kıyasla dinamik baz istasyonu kullanılan homojen düzüm dağılımına sahip ağın %100.3 oranında, heterojen düzüm dağılımına sahip ağın ise %113.4 oranında daha uzun ağ ömrüne sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla dinamik baz istasyonu kullanımıyla, heterojen düzüm dağılımına sahip ağın homojen düzüm dağılımına sahip ağa kıyasla %13.1 oranında daha yüksek bir başarıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Baz istasyonun sabit olduğu durumda ise, uzak ve yakın bölge heterojen düzüm dağılımları ile homojen düzüm dağılımı arasında kıyaslama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda homojen düzüm dağılımına sahip ağa göre yakın bölge heterojen düzüm dağılımına sahip ağda ağ ömründe %19.8 iyileştirme sağlanırken, uzak bölge heterojen düzüm dağılımına sahip ağda ağ ömrünün %15.8 kısaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum düzüm yoğunluğunun baz istasyonuna uzak ve yakın olmasından kaynaklanmıştır. Uzak bölgede daha kısa ağ ömrü gözlemlenirken yakın bölgede daha uzun ağ ömrü gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda dinamik baz istasyonu kullanılan heterojen düzüm dağılımına sahip ağın en yüksek ağ ömrüne sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ağ alanında belirli bir bölgeye yoğunlaşan

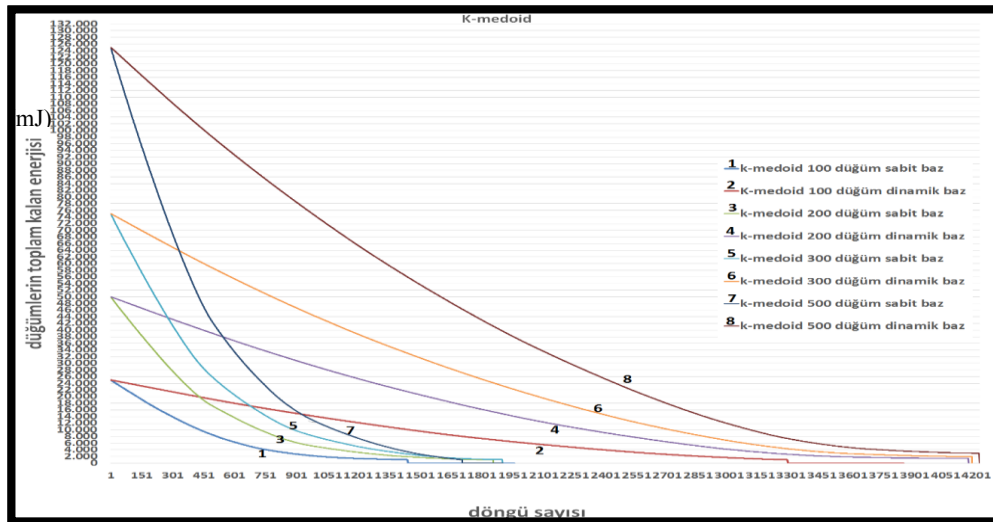
düğümünler daha küçük bir alanda haberleşmeleri ve buna bağı olarak daha az enerji harcamalarıdır.

4.3. K-medoid Algoritması

Dinamik baz istasyonu konumlandırmasının K-means algoritmasında farklı düğüm sayılarında ve Farklı düğüm dağılımlarında yapılan test sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

4.3.1. Farklı Düğüm Sayılarında K-medoid

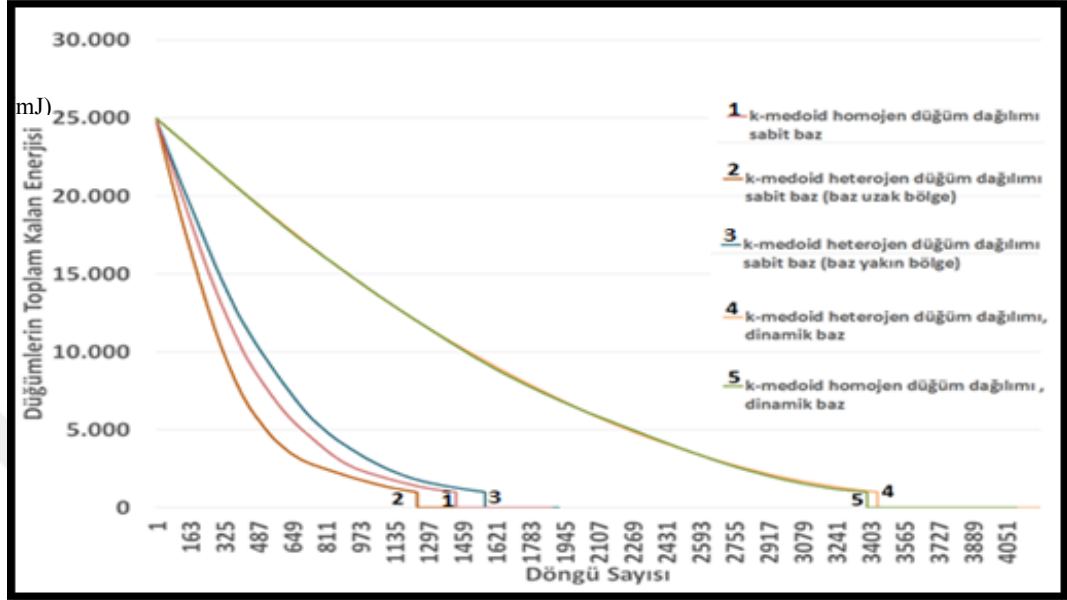
Şekil 4.7’de farklı düğüm sayılarında K-medoid algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümünler toplam kalan enerjisi gösterilmektedir. Şekilde sabit baz istasyonu kullanımı ve önerilen yaklaşım olan dinamik baz istasyonu kullanımının farklı düğüm sayılarında K-medoid algoritmasındaki etkileri gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere ağ ömürleri dikkate alındığında, dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde sabit baz istasyonu kullanımına göre 100 düğümde %96.5, 200 düğümde %119.16, 300 düğümde %120, 500 düğümde %121.6 oranlarında, ortalamada ise %114.23 oranında iyileştirme sağlanmıştır. Farklı düğüm sayılarında sonuçlar incelendiğinde düğüm sayısı arttıkça dinamik baz istasyonu etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Farklı düğüm sayılarında K-medoid algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümünler toplam kalan enerjisi.

4.3.2. Farklı Düzüm Dağılımlarında K-medoid

Şekil 4.8’de K-medoid algoritmasında dinamik baz istasyonu etkisinin farklı düğüm dağılımındaki etkileri gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Farklı düğüm dağılımlarında K-medoid algoritması için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjisi.

Şekil 4.8’de görüldüğü üzere sabit baz istasyonu kullanılan homojen düğüm dağılımına sahip ağa kıyasla dinamik baz istasyonu kullanılan homojen düğüm dağılımına sahip ağın %96.5 oranında, heterojen düğüm dağılımına sahip ağın ise %109.2 oranında daha uzun ağ ömrüne sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla dinamik baz istasyonu kullanımıyla, heterojen düğüm dağılımına sahip ağın homojen düğüm dağılımına sahip ağa kıyasla %12.7 oranında daha yüksek bir başarıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Baz istasyonun sabit olduğu durumda ise, uzak ve yakın bölge heterojen düğüm dağılımları ile homojen düğüm dağılımı arasında kıyaslama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda homojen düğüm dağılımına sahip ağa göre yakın bölge heterojen düğüm dağılımına sahip ağda ağ ömründe %20 iyileştirme sağlanırken, uzak bölge heterojen düğüm dağılımına sahip ağda ağ ömrünün %14.7 kısaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum düğüm yoğunluğunun baz istasyonuna uzak ve yakın olmasından kaynaklanmıştır. Uzak bölgede daha kısa ağ ömrü gözlemlenirken yakın bölgede daha uzun ağ ömrü gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda dinamik baz istasyonu kullanılan heterojen düğüm dağılımına sahip ağın en yüksek ağ ömrüne sahip

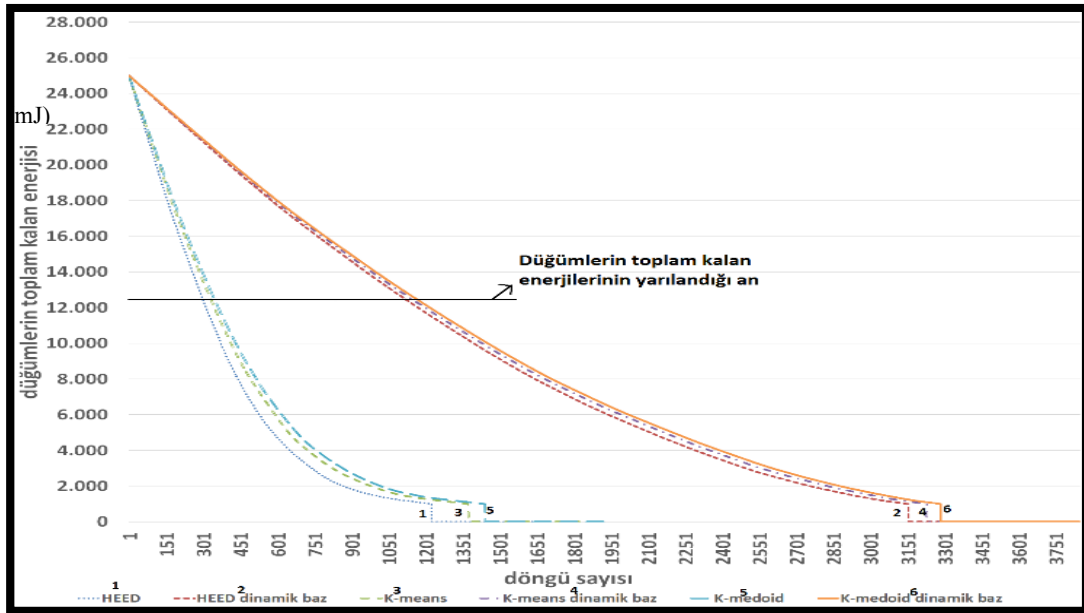
olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ağ alanında belirli bir bölgeye yoğunlaşan düğümlerin daha küçük bir alanda haberleşmeleri ve buna bağlı olarak daha az enerji harcamalarıdır.

4.4. HEED, K-means ve K-medoid Algoritmalarının Karşılaştırılması

HEED, K-means ve K-medoid algoritmalarının performans karşılaştırmaları aşağıda gösterilmiştir.

4.4.1. 100 düğümlü Ağ

Şekil 4.9'da 100 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri gösterilmektedir.

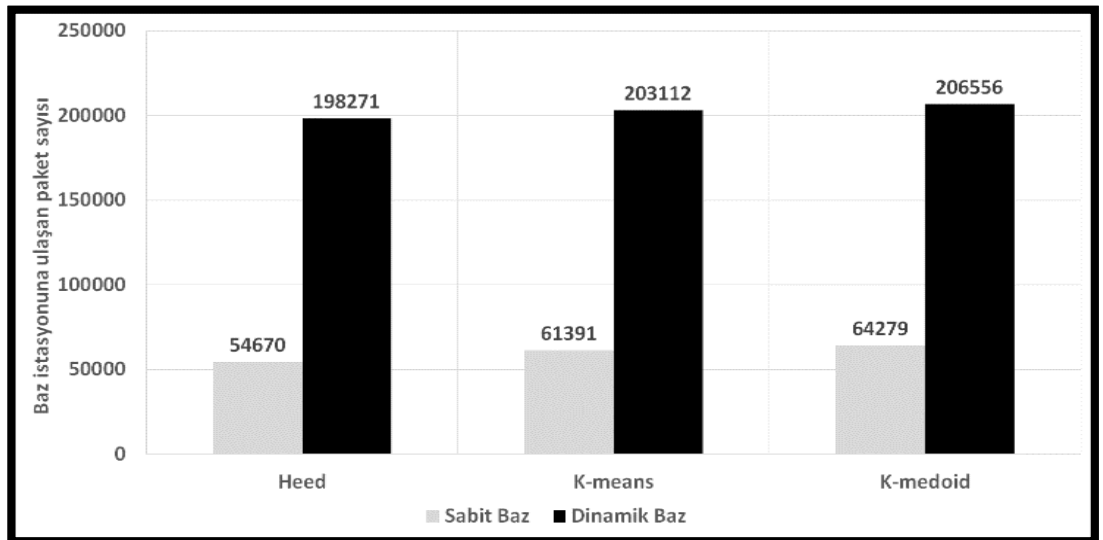


Şekil 4.9. 100 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri.

Şekilde, düğümlerin tamamının enerjilerinin tükendiği an, ağ yaşam süresini ifade etmektedir. Sonuçlar değerlendirilirken ağ yaşam süresi ile birlikte düğümlerin toplam kalan enerjilerinin yarıldığı durum da dikkate alınmıştır. Bu bağlamda HEED, K-means, K-medoid algoritmaları kıyaslandığında ağ ömrünün baz istasyonu konumlandırmasından bağımsız olarak en yüksek K-medoid algoritmasında, en düşük

ise HEED algoritmasında olduğu görülmektedir. Dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde üç protokolün ağ ömründe de iyileşme sağlanmıştır. Bu iyileştirme oranı, ağda yaşayan düğümlerin enerjileri azaldıkça daha da artmaktadır. Dolayısıyla ağdaki düğümler öldükçe, baz istasyonu hareketi daha fazla enerji verimliliği sağlamaktadır. Ağ ömürleri dikkate alındığında sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla dinamik baz istasyonu konumlandırması HEED protokolünde %119.2, K-means algoritmasında %100.3, K-medoid algoritmasında ise %96.5 oranında iyileştirme sağlamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, dinamik baz istasyonu kullanımıyla, HEED protokolünde en yüksek başarımlar elde edilirken, K-medoid’de en düşük başarımlar elde edilmiştir. Bunun nedeni protokollerin sabit baz konumundaki performanslarıdır. En düşük ağ ömrüne sahip olması nedeniyle görece olarak başarımları en az olan HEED protokolü, baz istasyonu iyileştirmesine en iyi tepkiyi veren protokoldür. Bu nedenle hem ağ yaşam süresi için hem düğümlerin yarısının öldüğü an için hem de düğümlerin toplam kalan enerjilerinin yarılandığı an için en yüksek başarımlar HEED protokolünde görülmektedir. Bu oran düğümler öldükçe daha fazla artmaktadır. Bu nedenle en yüksek değerine ağ ömrünün sonunda ulaşmaktadır. Benzer eğilim diğer protokoller için de geçerli olmakla birlikte oransal olarak daha düşüktür.

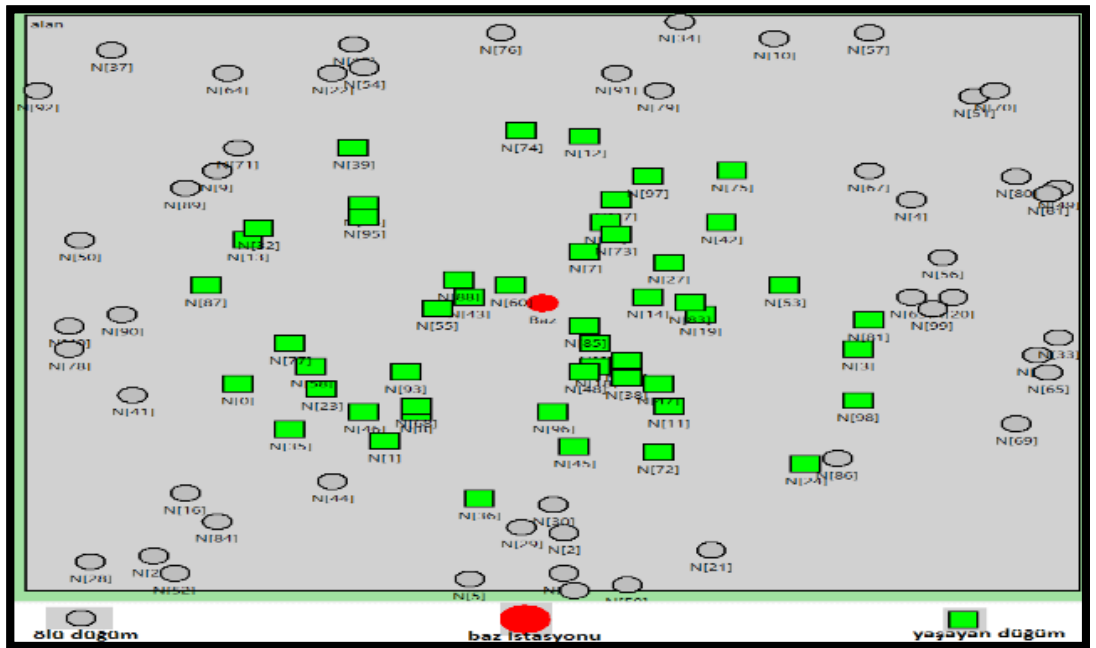
Şekil 4.10’da 100 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda ağ yaşam süresi sonunda baza ulaşan toplam paket sayıları görülmektedir.



Şekil 4.10. 100 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları

Şekilde görüldüğü üzere baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısı baz istasyonu konumundan bağımsız olarak azdan çoğa doğru HEED, K-means ve K-medoid olarak sıralanabilir. Dinamik baz istasyonu konumlandırmasının sabit baz istasyonu konumlandırmasına göre, baza ulaşan toplam paket sayısında sağladığı artış oranı HEED protokolünde %262.6 iken K-means'te %230.8, K-medoid'de ise %221.3'tür. Bu değerler birbirine yakın olmakla birlikte dinamik baz istasyonunun etkisiyle, beklenildiği gibi en yüksek başarımla HEED protokolünde elde edilmiştir.

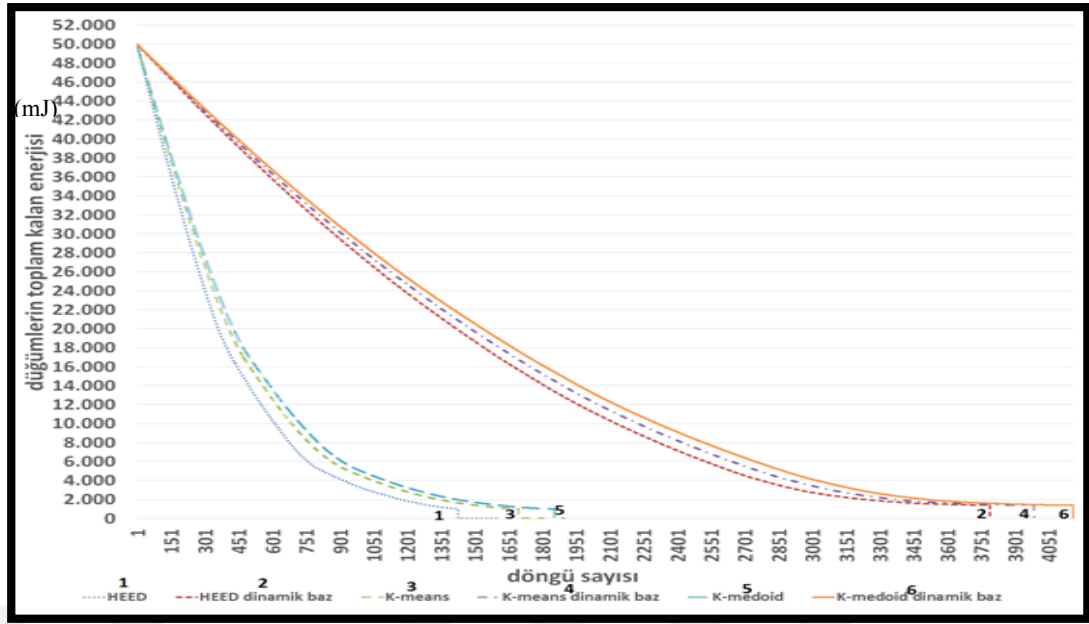
Şekil 4.11'de 100 düğümlü ağda düğümlerinin yarısının öldüğü andaki ağın durumu gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere baz istasyonuna uzak olan düğümlerin enerjileri daha önce bitmektedir.



Şekil 4.11. Ağda düğümlerin yarısının öldüğü an

4.4.2. 200 düğümlü Ağ

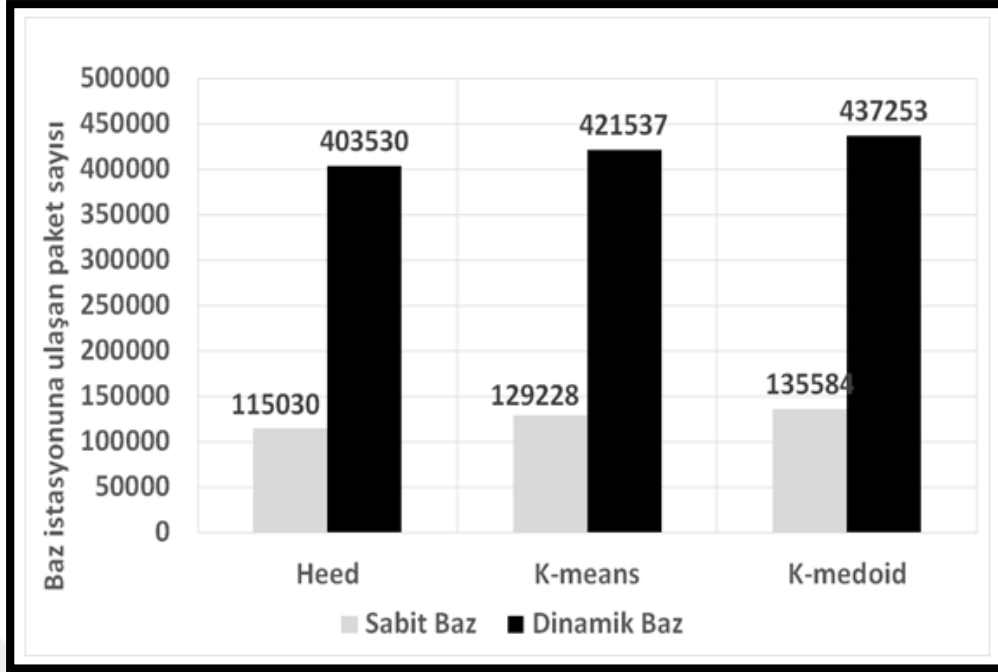
Şekil 4.12' te 200 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri gösterilmektedir. Şekilde 200 düğüm kullanıldığı için toplam enerjinin 50J olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12. 200 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri.

Şekil 4.12’de görüldüğü üzere 100 düğümlü ağlarda da gözlenildiği gibi 200 düğümlü HEED, K-means, K-medoid algoritmaları kıyaslandığında ağ ömrünün, baz istasyonu konumlandırmasından bağımsız olarak en yüksek K-medoid algoritmasında, en düşük ise HEED algoritmasında olduğu görülmektedir. Dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde üç protokolün ağ ömründe de iyileşme sağlanmıştır. Bu iyileştirme oranı, ağda yaşayan düğümlerin enerjileri azaldıkça daha da artmaktadır. Dolayısıyla ağdaki düğümler öldükçe, baz istasyonu hareketi daha fazla enerji verimliliği sağlamaktadır. Ağ ömürleri dikkate alındığında sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla dinamik baz istasyonu konumlandırması HEED protokolünde %136.64, K-means algoritmasında %120.51, K-medoid algoritmasında ise %119.16 oranında iyileştirme sağlamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, dinamik baz istasyonu kullanımıyla, HEED protokolünde en yüksek başarımla elde edilirken, K-medoid’de en düşük başarımla elde edilmiştir.

Şekil 4.13’te 200 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda ağ yaşam süresi sonunda baza ulaşan toplam paket sayıları görülmektedir.

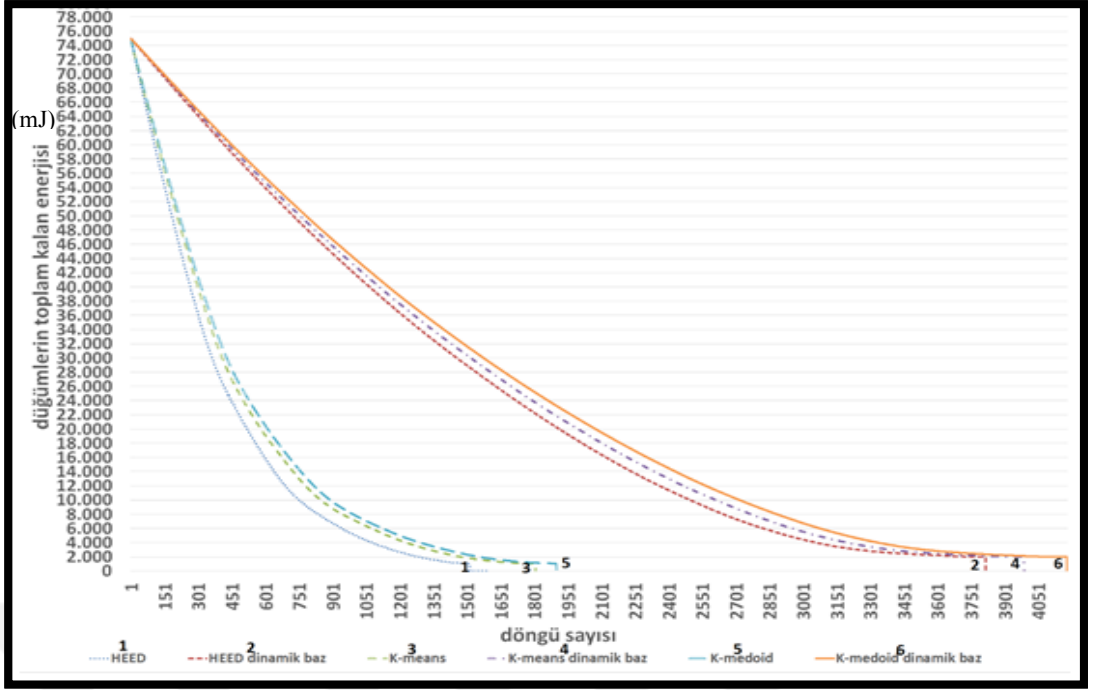


Şekil 4.13. 200 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları

Şekil 4.13’de görüldüğü üzere baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları baz istasyonu konumundan bağımsız olarak azdan çoğa doğru HEED, K-means ve K-medoid olarak sıralanabilir. Dinamik baz istasyonu konumlandırmasının sabit baz istasyonu konumlandırmasına göre, baza ulaşan toplam paket sayısında sağladığı artış oranı HEED protokolünde %250.8 iken K-means’te %226.19, K-medoid’de ise %222.49’dur.

4.4.3. 300 düğümlü Ağ

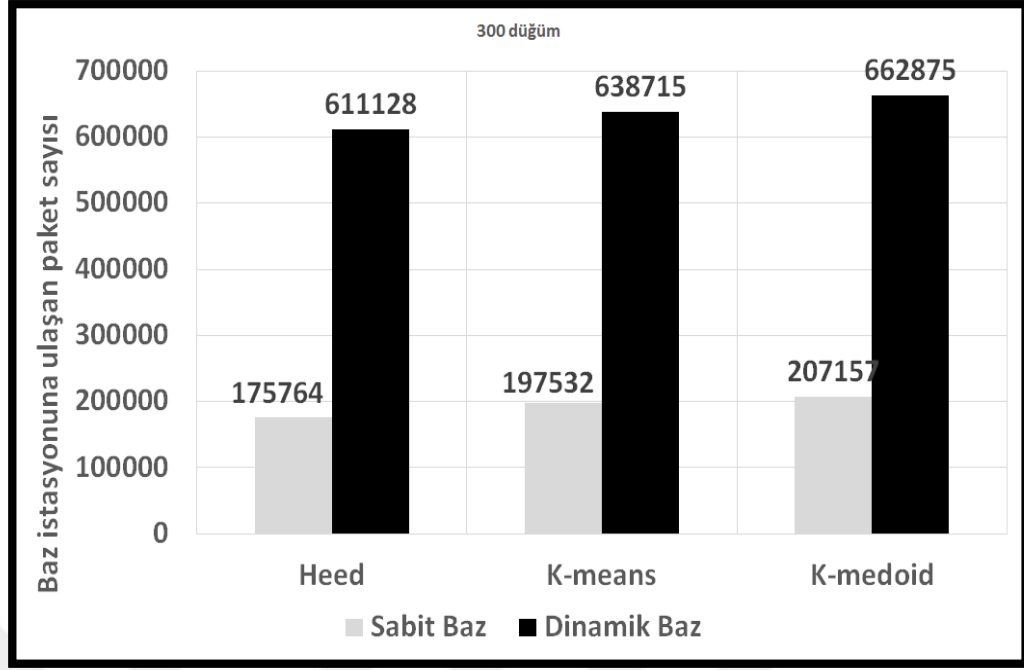
Şekil 4.14’ da 300 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri gösterilmektedir. Şekilde 300 düğüm kullanıldığı için toplam enerjinin 75J olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. 300 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri

Şekil 4.14'de görüldüğü üzere 300 düğümlü HEED, K-means, K-medoid algoritmaları kıyaslandığında ağ ömrünün, baz istasyonu konumlandırmasından bağımsız olarak en yüksek K-medoid algoritmasında, en düşük ise HEED algoritmasında olduğu görülmektedir. Dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde üç protokolün ağ ömründe de iyileşme sağlanmıştır. Ağ ömürleri dikkate alındığında sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla dinamik baz istasyonu konumlandırması HEED protokolünde %138.11, K-means algoritmasında %120.64, K-medoid algoritmasında ise %120 oranında iyileştirme sağlamıştır.

Şekil 4.15'de 300 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda ağ yaşam süresi sonunda baza ulaşan toplam paket sayıları görülmektedir.

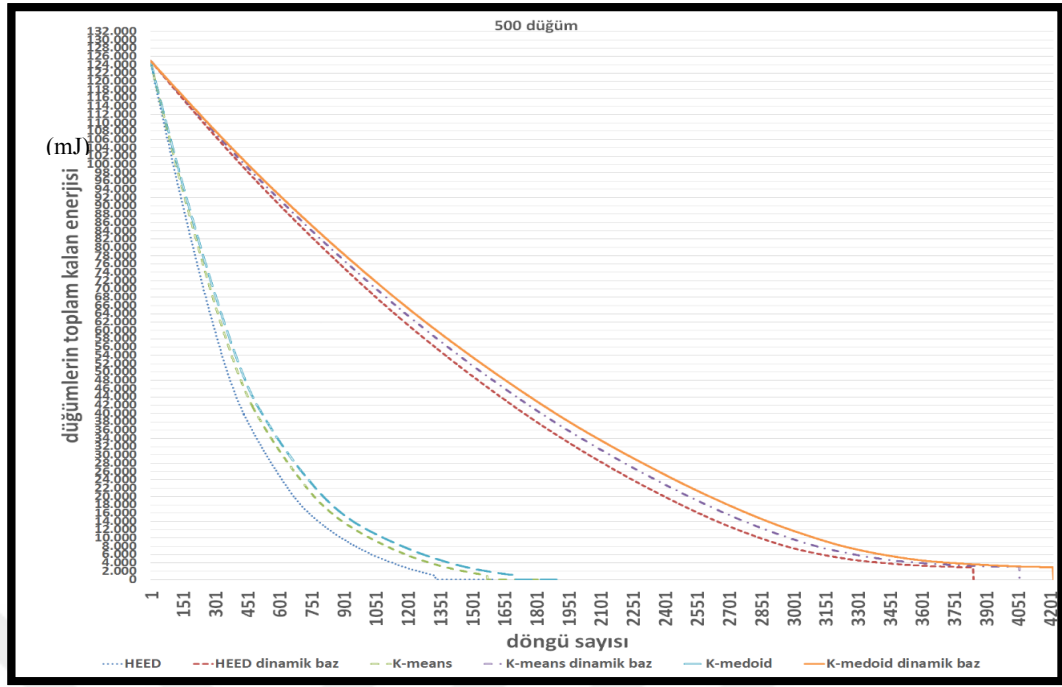


Şekil 4.15. 300 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları

Şekil 4.15’de görüldüğü üzere baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları baz istasyonu konumundan bağımsız olarak azdan çoğa doğru HEED, K-means ve K-medoid olarak sıralanabilir. Dinamik baz istasyonu konumlandırmasının sabit baz istasyonu konumlandırmasına göre, baza ulaşan toplam paket sayısında sağladığı artış oranı HEED protokolünde %247.69 iken K-means’te %223.34, K-medoid’de ise %219.98’tir.

4.4.4. 500 düğümlü Ağ

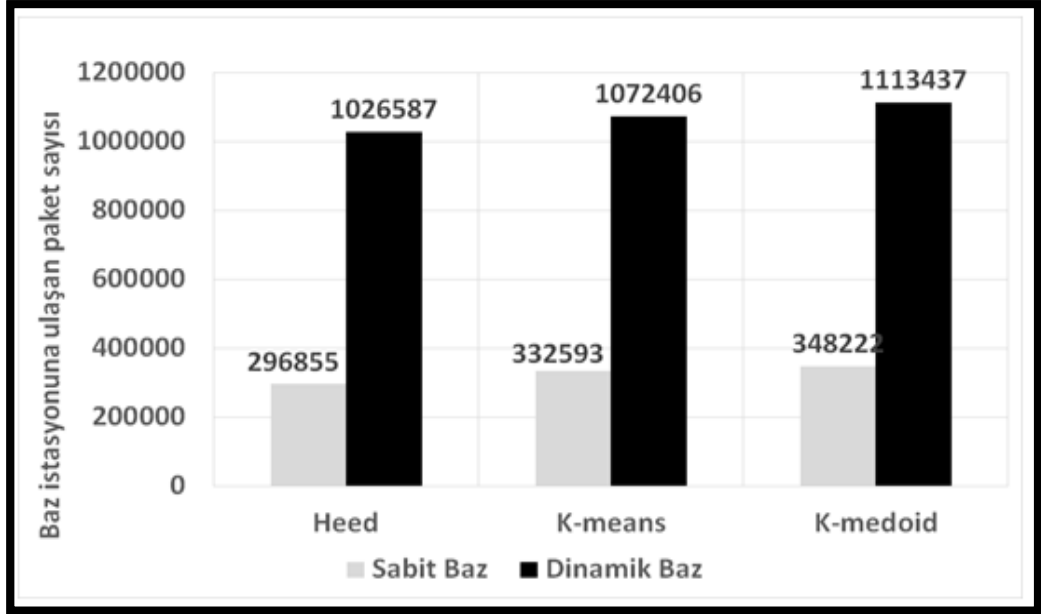
Şekil 4.16’ de 500 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri gösterilmektedir. Şekilde 500 düğüm kullanıldığı için toplam enerjinin 125J olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16. 500 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri

Şekil 4.16’da görüldüğü üzere 500 düğümlü HEED, K-means, K-medoid algoritmaları kıyaslandığında ağ ömrünün, baz istasyonu konumlandırmasından bağımsız olarak en yüksek K-medoid algoritmasında, en düşük ise HEED algoritmasında olduğu görülmektedir. Dinamik baz istasyonu kullanımı sayesinde üç protokolün ağ ömründe de iyileşme sağlanmıştır. Ağ ömürleri dikkate alındığında sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla dinamik baz istasyonu konumlandırması HEED protokolünde %139.52, K-means algoritmasında %124.32, K-medoid algoritmasında ise %121.60 oranında iyileştirme sağlamıştır.

Şekil 4.17’de 500 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda ağ yaşam süresi sonunda baza ulaşan toplam paket sayıları görülmektedir.



Şekil 4.17. 500 düğümlü ağda baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları

Şekil 4.17’de görüldüğü üzere baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları baz istasyonu konumundan bağımsız olarak azdan çoğa doğru HEED, K-means ve K-medoid olarak sıralanabilir. Dinamik baz istasyonu konumlandırmasının sabit baz istasyonu konumlandırmasına göre, baza ulaşan toplam paket sayısında sağladığı artış oranı HEED protokolünde %245.82 iken K-means’te %222.43, K-medoid’de ise %219.74’tür.

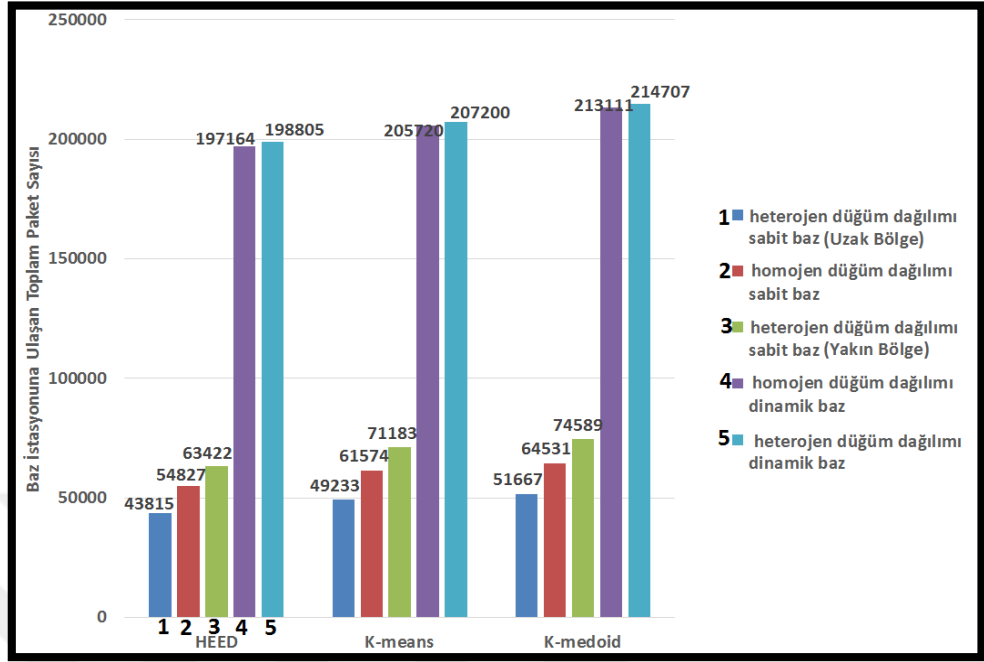
Farklı düğüm sayılarında yukarıda gösterilen sonuçlar değerlendirildiğinde tüm düğüm sayılarında HEED, K-means, K-medoid algoritmaları kıyaslandığında ağ ömrünün ve baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayılarının, baz istasyonu konumlandırmasından bağımsız olarak en yüksek K-medoid algoritmasında, en düşük ise HEED algoritmasında olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında ağ ömürleri dikkate alındığında, önerilen yaklaşım olan dinamik baz istasyonu kullanımının sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla, testleri yapılan tüm düğüm sayıları dikkate alınarak, ortalamada, HEED protokolünde %133.34, K-means algoritmasında %116.36, K-medoid algoritmasında ise %114.23 oranında iyileştirme sağladığı gözlemlenmiştir. Baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayılarında ise sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla ortalamada, HEED protokolünde %251.72, K-means’te %225.49 ve K-medoid’de %220.87 oranında iyileştirme sağlanmıştır.

4.4.5. Farklı düğüm dağılımlarında karşılaştırma

100 düğümlü HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için farklı düğüm dağılımlarında sonuçlar elde edilmiştir. Sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla dinamik baz istasyonu konumlandırması etkisi incelenmiştir. Homojen düğüm dağılımına sahip ağa kıyasla heterojen (uzak ve yakın bölge) düğüm dağılımına sahip ağ HEED protokolünde %2.6, K-means algoritmasında %2.8, K-medoid algoritmasında ise %2.9 oranında daha uzun ağ ömrüne sahiptir. Dolayısıyla dinamik baz istasyonu konumlandırmasının etkisinin homojen ve heterojen düğüm dağılımları arasındaki fark dikkate alındığında testleri yapılan tüm protokollerde birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Tüm düğümlerin enerjilerinin tükendiği an ağın yaşam süresini ifade etmektedir. Şekillerde görüldüğü üzere sabit baz istasyonu kullanılan homojen düğüm dağılımına sahip ağa kıyasla dinamik baz istasyonu kullanılan homojen düğüm dağılımına sahip ağın HEED algoritmasında %119.2, K-means algoritmasında %100.3, K-medoid algoritmasında %96.5 oranında, heterojen düğüm dağılımına sahip ağın ise HEED algoritmasında %132.1, K-means algoritmasında %113.4, K-medoid algoritmasında %109.2 oranında daha uzun ağ ömrüne sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla dinamik baz istasyonu kullanımıyla, heterojen düğüm dağılımına sahip ağın homojen düğüm dağılımına sahip ağa kıyasla HEED algoritmasında %12.9, K-means algoritmasında %13.1, K-medoid algoritmasında %12.7 oranında daha yüksek bir başarıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Baz istasyonun sabit olduğu durumda ise, uzak ve yakın bölge heterojen düğüm dağılımları ile homojen düğüm dağılımı arasında kıyaslama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda homojen düğüm dağılımına sahip ağa göre yakın bölge heterojen düğüm dağılımına sahip ağda ağ ömründe HEED algoritmasında %20.6, K-means algoritmasında %19.8, K-medoid algoritmasında %20 iyileştirme sağlanırken, uzak bölge heterojen düğüm dağılımına sahip ağda ağ ömrünün HEED algoritmasında %16, K-means algoritmasında %15.8, K-medoid algoritmasında %14.7 kısaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum düğüm yoğunluğunun baz istasyonuna uzak ve yakın olmasından kaynaklanmıştır. Uzak bölgede daha kısa ağ ömrü gözlemlenirken yakın bölgede daha uzun ağ ömrü gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda dinamik baz istasyonu kullanılan heterojen düğüm dağılımına sahip ağın tüm algoritmalarda en yüksek ağ ömrüne sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ağ alanında belirli bir

bölgeye yoğunlaşan düğümlerin daha küçük bir alanda haberleşmeleri ve buna bağlı olarak düğümlerin daha az enerji harcamalarıdır.



Şekil 4.18. Farklı Düğüm Dağılımlarında Baz İstasyonuna Ulaşan Toplam Paket Sayıları

Şekil 4.18’de ise simülasyonu yapılan protokoller için farklı düğüm dağılımlarında baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları görülmektedir. Şekilde gösterildiği gibi baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısı en yüksek olan heterojen düğüm dağılımına sahip ve dinamik baz istasyonu kullanılan ağdır. En düşük olan ise uzak bölge heterojen düğüm dağılımına sahip ve sabit baz istasyonu kullanılan ağdır. Baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısı ağ yaşam süresi ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla farklı düğüm dağılımlarında ağ yaşam süresi için yapılan değerlendirme ile baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısı için yapılan değerlendirme birbirine paralellik göstermektedir.

4.5. Literatür Karşılaştırması

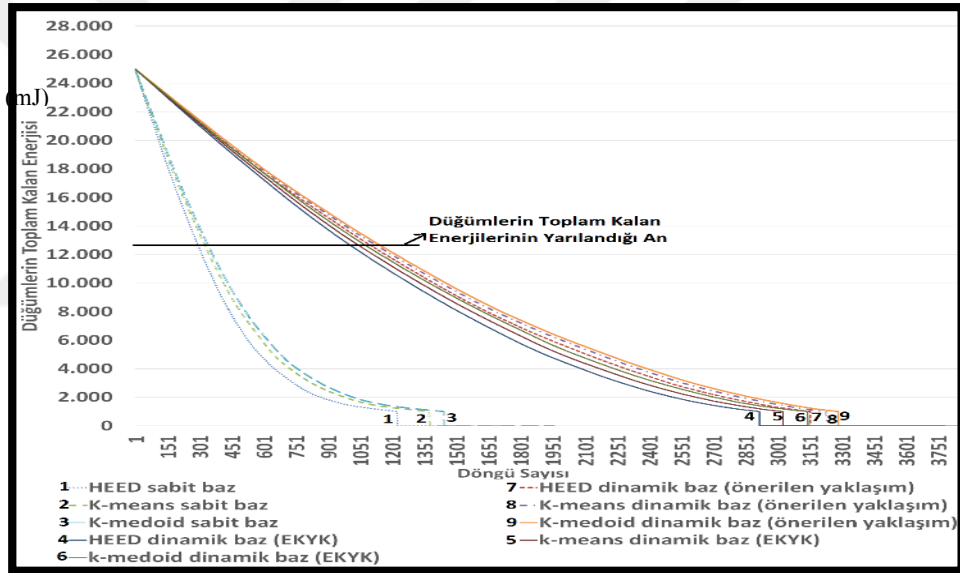
Literatürde baz istasyonu konumlandırması ile ilgili bir çok yöntem mevcuttur. Kullanılan parametrelerin farklılıklarından dolayı karşılaştırma yapmak zordur. Bu çalışmada literatürdeki mevcut dinamik baz istasyonu konumlandırma tekniği olan en kısa yol konumlandırması (EKYK) (Shortest path placement (SPP)) yönteminin simülasyonu yapılmış ve aynı parametreler üzerinden önerilen yaklaşım ile

karşılaştırma yapılmıştır. Flathagen, J. ve arkadaşlarının (Flathagen ve ark., 2011) çalışmalarında kullandığı bu yöntemde baz istasyonu ile düğümler arasındaki toplam mesafe minimize edilmiş ve düğümlerin sadece konum bilgilerinden yararlanılmıştır. EKYYK yöntemi Denklem (14)'te matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$M^* = \arg \min_M \sum_{i=1}^n \min_{j=1}^k d_{ij} \quad (14)$$

Bu denklemde d_{ij} , i ile j arasındaki en kısa yol olarak tanımlanır. M ise baz istasyonu ve düğümler arasındaki toplam mesafedir.

Şekil 4.19'de döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri (karşılaştırmalı grafik) gösterilmektedir.

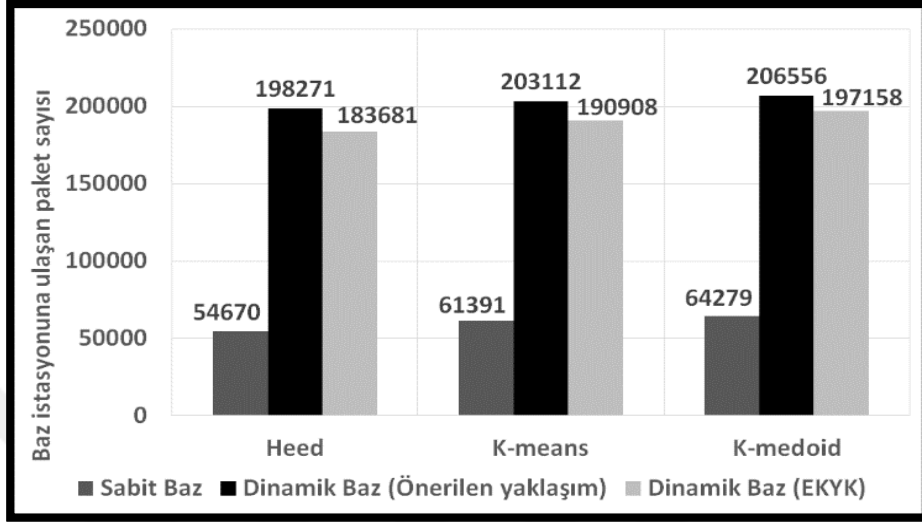


Şekil 4.19. Döngü sayısına göre düğümlerin toplam kalan enerjileri (karşılaştırmalı grafik)

Şekil 4.19'da sonuçlar değerlendirilirken ağ yaşam süresi ile birlikte düğümlerin toplam kalan enerjilerinin yarılacağı durum da dikkate alınmıştır. Literatürdeki mevcut dinamik baz istasyonu konumlandırma tekniği olan EKYYK yöntemi ile önerilen yaklaşım arasındaki karşılaştırma sonuçları (ağ yaşam süresine göre) gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi önerilen yaklaşım her üç protokolda de (HEED, K-means, K-medoid) EKYYK yöntemine göre ağ ömründe daha iyi sonuçlar vermiştir. Sonuçlar incelendiğinde EKYYK yöntemine kıyasla önerilen yaklaşımın, ağ yaşam süresinde,

HEED algoritmasında % 14.86, K-means'te %10.06, K-medoid'de %9.4 oranında daha iyi performans sergilediği görülmüştür.

Şekil 4.20'da HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları için sabit ve dinamik baz istasyonu kullanılması durumunda ağ yaşam süresi sonunda baza ulaşan toplam paket sayıları (karşılaştırmalı) görülmektedir.



Şekil 4.20. Baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayıları (karşılaştırmalı grafik)

Tez çalışmasındaki mevcut dinamik baz istasyonu konumlandırma tekniği olan EKYK yöntemi ile önerilen yaklaşım arasındaki karşılaştırma sonuçları (baz istasyonuna ulaşana paket sayılarına göre) gösterilmektedir. Önerilen yaklaşım, EKYK yöntemiyle kıyaslandığında, baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısında HEED protokolünde %26.62, K-means'te %19.83, K-medoid'de ise %14.58 oranında iyileştirme sağladığı görülmüştür.

Ayrıca enerji etkinliği sağlamak amacıyla K-means ve K-medoid algoritmalarını KAA'da kullanan çalışmalara (Park ve ark., 2013; Bakaraniya ve ark., 2013) kıyasla önerilen dinamik baz istasyonunun kullanılmasıyla ağ ömründe yüksek derecede iyileştirmeler sağlanmıştır. Bu oranın K-means algoritmasında ortalamada %116.36, K-medoid algoritmasında ise ortalamada %114.23 olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ

Dinamik baz istasyonu konumlandırması kaynakları oldukça kısıtlı olan KAA'da enerjinin verimli bir şekilde kullanılması için önemlidir. Bu kapsamda literatürde hem düğümlerin konum bilgilerini kullanan hem de çeşitli yapay zeka algoritmaları ve mobilite senaryoları içeren çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak düğümlerin konumu ile birlikte kalan enerjileri miktarlarını da hesaba katan minimum hareketli yeni bir dinamik baz istasyonu konumlandırma algoritması önerilmiş ve bu algoritmanın başarımı HEED, K-means ve K-medoid algoritmaları üzerinde test edilmiştir. Farklı düğüm sayıları ve farklı düğüm dağılımlarında da test edilen sonuçlara göre dinamik baz istasyonu konumlandırması hem baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayısı hem de düğümlerin toplam kalan enerji miktarı açısından sabit baz istasyonu konumlandırmasına göre tüm protokollerde daha iyi performans sergilenmesini sağlamıştır. Farklı düğüm sayılarındaki ve farklı düğüm dağılımlarındaki tüm sonuçlar incelenmiştir.

Bu sonuçlara göre dinamik baz istasyonu konumlandırması sayesinde sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla ağ ömründe ortalama, HEED protokolünde %133.34, K-means algoritmasında %116.36, K-medoid algoritmasında ise %114.23 oranında iyileştirme sağlandığı gözlemlenmiştir. Baz istasyonuna ulaşan toplam paket sayılarında ise sabit baz istasyonu konumlandırmasına kıyasla HEED protokolünde ortalama %251.72, K-means algoritmasında ortalama %225.49 ve K-medoid algoritmasında ise ortalama %220.87 oranında iyileştirme sağlandığı gözlemlenmiştir. Literatürde baz istasyonu konumlandırması ile ilgili bir çok yöntem mevcuttur. Kullanılan parametrelerin farklılıklarından dolayı karşılaştırma yapmak zordur. Bu çalışmada literatürdeki mevcut dinamik baz istasyonu konumlandırma tekniği olan EKYYK yönteminin simülasyonu yapılmış ve önerilen yaklaşım ile karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda EKYYK yöntemine göre önerilen yaklaşım, ağ yaşam süresinde %14.86'ya varan oranda daha iyi performans sergilerken baza ulaşan paket sayısında %26.62'ye varan oranda daha iyi performans sergilemiştir.

KAYNAKLAR

- Agre, J. ve Clare, L., 2000. An integrated architecture for cooperative sensing networks. **Computer**, 33(5), 106-108.
- Akkaya, K., Younis, M. ve Youssef, W., 2007. Positioning of base stations in wireless sensor networks. **Communications Magazine, IEEE** 45(4) 96-102.
- Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. ve Cayirci, E., 2002. Wireless sensor networks: a survey. **Computer networks**, 38(4), 393-422.
- Alageswaran, R., Usha, R., Gayathridevi, R. ve Kiruthika, G., 2012. Design and implementation of dynamic sink node placement using Particle Swarm Optimization for life time maximization of WSN applications. **Advances in Engineering, Science and Management (ICAESM), International Conference on. IEEE**.
- Aslam, N., Phillips, W., Robertson, W. ve Sivakumar, S., 2011. A multi-criterion optimization technique for energy efficient cluster formation in wireless sensor networks. **Inf. Fusion**. 12, 202–212.
- Aydin, M. N., Tohma, K. ve Turgut, I. A., 2015. "Modelling black hole attacks on cluster-based wireless sensor networks." **Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2015 23th. IEEE**, 236-239.
- Bakaraniya, P. ve Mehta, S., 2013. K-LEACH: An improved LEACH protocol for lifetime improvement in WSN. **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**. 4(5), 1521-1526.
- Cayirpunar, O., Kadioglu-Urtis, E. ve Tavlı, B., 2015. Optimal base station mobility patterns for wireless sensor network lifetime maximization. **Sensors Journal, IEEE** 15(11), 6592-6603.
- Cayirpunar, O., Kadioglu-Urtis E. ve Tavlı, B., 2013. Mobile base station position optimization for network lifetime maximization in wireless sensor networks. **Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2013 21st** (pp. 1-4).
- Ceyhan, E. B. ve Sağıroğlu, Ş., 2013. Kablosuz algılayıcı ağlarda güvenlik sorunları ve alınabilecek önlemler. **Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi**, 16(4).
- Chatzigiannakis, I., Kinalis, A. ve Nikolettseas, S., 2008. Efficient data propagation strategies in wireless sensor networks using a single mobile sink. **Computer Communications**, 31(5), 896-914.
- Cheng, Z., Perillo, M. ve Heinzelman, W. B., 2008. General network lifetime and cost models for evaluating sensor network deployment strategies. **Mobile Computing, IEEE Transactions on**, 7(4), 484-497.
- Ding, W., Tang, L. ve Feng, S. 2015. Traffic-Aware and Energy-Efficient Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks. **Wireless Personal Communications**, 85(4), 2669-2686.
- Flathagen, J., Kure, Ø. ve Engelstad, P. E. 2011. Constrained-based multiple sink placement for wireless sensor networks. In **Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), 2011 IEEE 8th International Conference on** (pp. 783-788). IEEE. 2011.

- Hartigan, J. A. ve Wong, M. A., 1979 Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, 28(1), 100-108.
- Heinzelman, W. R., Chandrakasan A. Ve Balakrishnan H., 2000. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. **System sciences**. Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on, IEEE.
- Guo, L. Q., Xie, Y., Yang, C. H. ve Jing, Z. W., 2010. Improvement on LEACH by combining adaptive cluster head election and two-hop transmission. **In International Conference on Machine Learning and Cybernetics** Vol. 4, pp. 1678-1683. IEEE.
- Jourdan, D. B. ve Weck, O. L., 2004. Layout optimization for a wireless sensor network using a multiobjective genetic algorithm. **Vehicular Technology Conference**. IEEE 59th, Vol.5. DOI: 10.1109/VETECS.2004.1391366.
- Kalaycı, T. E., 2009. Kablosuz Sensör Ağlar ve Uygulamaları. **Akademik Bilişim**.
- Karaboga, D., Okdem, S. ve Ozturk, C., 2012. Cluster based wireless sensor network routing using artificial bee colony algorithm. **Wireless Networks** 18(7) 847-860.
- Kaufman, L. ve Rousseeuw, P., 1987 Clustering by means of medoids. **North-Holland**.
- Liang, W., Luo, J. ve Xu, X., 2010. Prolonging network lifetime via a controlled mobile sink in wireless sensor networks. In **Global Telecommunications Conference**, (pp. 1-6). IEEE.
- Marta, M., ve Cardei, M., 2008. Using sink mobility to increase wireless sensor networks lifetime. **World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, WoWMoM 2008**. 2008 International Symposium on a. IEEE.
- Mollanejad, A., Khanli, L. M. ve Zeynali, M., 2010. DBSR: Dynamic base station Repositioning using Genetic algorithm in wireless sensor network. **Computer Engineering and Applications (ICCEA), Second International Conference** on IEEE.
- Okay, F. Y. ve Özdemir, S., 2015. Kablosuz algılayıcı ağlarda kapsama alanının çok amaçlı evrimsel algoritmalar ile artırılması. **Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 30(2).
- Ökdem, S. ve Derviş, K., 2007. Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Yönlendirme Teknikleri. **Akademik Bilişim, IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri**, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Özturk, A., 2012. Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Veri Kümeleme Uygulamaları. **Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye**.
- Paradiso, J. A. ve Starner, T., 2005. Energy scavenging for mobile and wireless electronics. **Pervasive Computing, IEEE**, 4(1), 18-27.
- Park, G. Y., Kim, H., Jeong, H. W. ve Youn, H. Y., 2013. A novel cluster head selection method based on K-means algorithm for energy efficient wireless sensor network. **Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 27th International Conference on**. IEEE.

- Pavithra, M. K. ve Ghuli, P. A., 2015. Novel Approach for Reducing Energy Consumption Using K-Medoids in Clustering Based WSN. **International Journal of Science and Research (IJSR)**. ISSN (Online): 2319-7064
- Poonguzhali, P. K., 2012. Energy efficient realization of clustering patch routing protocol in wireless sensors network. **In Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Communication and Informatics, Coimbatore, Tamilnadu, India**, pp. 10–12.
- Salim, A. ve Badran, A. A., 2015. Impact of using Mobile Sink on Hierarchical Routing Protocols for Wireless Sensor Networks. **International Journal of Advanced Science and Technology**, 77, 37-48.
- Sasikumar, P. ve Khara, S., 2012. K-means clustering in wireless sensor networks. **In Computational intelligence and communication networks (CICN), fourth international conference on** (pp. 140-144).
- Singh, S. ve Singh, G., 2015. An Energy Threshold based WSN Clustering Schema using PAM Algorithm. **International Journal of Current Engineering and Technology E-ISSN**, 2277-4106.
- Taheri, H., Neamatollahi, P., Younis, O. M., Naghibzadeh, S. ve Yaghmaee, M.H., 2012. An energy-aware distributed clustering protocol in wireless sensor networks using fuzzy logic. **Ad Hoc Netw.** 10, 1469–1481.
- Tohma, K., Aydin, M. N., Turgut I.A. 2015. Improving the LEACH protocol on wireless sensor network. **Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), IEEE, Malatya, Türkiye**, 240-243.
- Varga, A. 2001., The OMNeT++ discrete event simulation system. **Proceedings of the European simulation multiconference (ESM'2001)**. 9, 185.
- Wang, L., Chen, S. ve Hu, R., 2008. A distributed dynamic clustering algorithm for wireless sensor networks. **Wuhan University Journal of Natural Sciences**, 13(2), 148-152.
- Younis, O. ve Fahmy, S., 2004. HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks. **Mobile Computing, IEEE Transactions on**, 3(4), 366-379.
- Yun, Y. S. ve Xia, Y., 2010. Maximizing the lifetime of wireless sensor networks with mobile sink in delay-tolerant applications. **Mobile Computing, IEEE Transactions on** 9(9), 1308-1318.
- Zhang, J., Song, G., Qiao, G., Li, Z. ve Wang, A., 2012. A wireless sensor network system with a jumping node for unfriendly environments. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Kadir Tohma 1990 yılında Hatay’da doğdu. Lise öğrenimini Hatay Osman Ötken Anadolu Lisesi’nde tamamladıktan sonra 2013 yılında Çukurova Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2014 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Enformatik programında başladığı yüksek lisans çalışmalarına İskenderun Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği programında devam etmekte ve İskenderun Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

