



Comparison of dv-hop based indoor positioning methods in wireless sensor networks and new approach with k-means ++ clustering method

Merve Kanmaz^{1*}, Muhammed Ali Aydın²

¹Department of Computer Programming , Istanbul University- Cerrahpasa, Istanbul, 34500, Turkey

²Department of Computer Engineering, Istanbul University- Cerrahpasa, Istanbul , 34320, Turkey

Highlights:

- New approaches in indoor positioning system
- Anchor node-based positioning
- k-means ++ use of clustering method in positioning

Keywords:

- Wireless sensor network
- positioning methods
- indoor localization
- dv-hop method
- clustering
- k-means ++

Article Info:

Research Article
Received: 10.08.2017
Accepted: 25.05.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460495

Graphical/Tabular Abstract

With the great need for indoor positioning technology, new techniques have been searched for, and studies are being carried out on methods that can achieve the success of GPS (Global Positioning System) outdoor positioning. However, due to the objects and architectural structure of the interior, it is difficult to break down the signals and give the correct results to this method. Many methods have been tried and appropriate solutions are being sought to overcome this problem. A wireless sensor network is one of the technologies used for this. When positioning in sensor networks, anchor nodes that have their own position information are used, and their features such as power, arrival time, arrival angle and how many different nodes are used while the signal is transmitted can be used for positioning. One of these methods, Dv-hop method, has been studied in this study and it has been compared with different methods in terms of performance. It has been observed that when this comparison is made it is necessary to use an appropriate clustering method to create an appropriate topology when node points distributed around the center facilitate transmission. At this point k means ++ clustering method was proposed and it was seen that the accuracy rate could be increased up to 50% when probing.

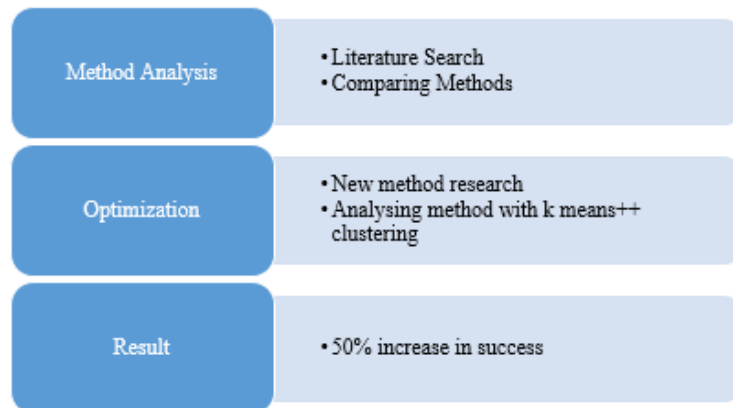


Figure A. Improvement of proposed method

Correspondence:

Author: Merve Kanmaz
e-mail:
merve.kanmaz@istanbul.edu.tr
merve@kanmaz.net
phone: +90 212 866 3700-44024

Purpose: The aim of this study is to analyze the indoor positioning systems in detail and to show a new method after comparing their performance

Theory and Methods:

In this study, one of the anchor based localization method DV-hop has been studied. K-means++ one of clustering method was chosen in the proposed new method.

Results:

At the end of the study, the correct positioning rate was increased by %50 according to the result obtained from the new method with k-means++.

Conclusion:

In this study, which was conducted with respect to the indoor localization problem, accuracy of positioning was %50 more successful than existing methods. It is expected that this ratio will increase with the new studies and accuracy rates close to %100 will be obtained.



Kablosuz sensör ağlarda dv-hop tabanlı iç konumlandırma yöntemlerinin incelenmesi kıyaslanması ve K-means++ kümeleme yöntemi ile yeni yaklaşım

Merve Kanmaz^{1*}, Muhammed Ali Aydın²

¹İstanbul Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı, İstanbul, 34500, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 34500, Türkiye

Ö N E Ç İ K A N L A R

- İç konumlandırma sisteminde yeni yaklaşımlar
- anchor düğüm tabanlı konumlandırma
- k-means++ kümeleme yönteminin, konumlandırmada kullanılması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi
Geliş: 10.08.2017
Kabul: 25.05.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460495

Anahtar Kelimeler:

Kablosuz sensör ağlar,
konumlandırma yöntemleri,
iç mekân konumlandırma,
dv-hop yöntemi,
kümeleme,
k-means ++

ÖZET

İç mekân konumlandırma teknolojisine çokça ihtiyaç duyulması ile birlikte yeni teknikler arayışına girilmekte, GPS'in (Global Positioning System - Küresel Konumlandırma Sistemi) dış mekân konumlandırmasındaki başarısına ulaşabilecek yöntemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Ancak iç mekânda bulunan objeler ve mimari yapı dolayısı ile sinyallerin kırılması ve kayba uğraması üzerinde çalışılan bu yöntemin doğru sonuçlar vermesini zorlaştırmaktadır. Bu sorunun aşılabilmesi için pek çok yöntem denenmekte ve uygun çözümler aranmaya devam etmektedir. Kablosuz sensör ağlar da bunun için kullanılan teknolojilerden bir tanesidir. Sensör ağlarda konumlandırma yapılırken kendi konum bilgisine sahip olan çapa düğümler kullanılmakta, bu düğümlerden alınan sinyallerin gücü, varış zamanı, varış açısı gibi özellikleri ile sinyalin iletilirken kaç farklı düğüm üzerinden iletildiği bilgisi gibi özelliklerde kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerden biri olan Dv-hop yöntemi bu çalışma içerisinde incelenmiş ve farklı yöntemlerle performans açısından kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama yapılırken merkez etrafına dağıtılan düğüm noktalarının iletimi kolaylaştırdığının görülmesi üzerine uygun bir topoloji oluşturmak için uygun bir kümeleme yönteminin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu noktada k-means++ kümeleme yöntemi önerilmiş ve probleme uygulandığında doğruluk oranının %50'ye kadar artırılabilirdiği görülmüştür.

Comparison of dv-hop based indoor positioning methods in wireless sensor networks and new approach with K-means ++ clustering method

H I G H L I G H T S

- New approaches in indoor positioning system
- Anchor node-based positioning
- k-means ++ use of clustering method in positioning

Article Info

Research Article
Received: 10.08.2017
Accepted: 25.05.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460495

Keywords:

Wireless sensor network,
positioning methods,
indoor localization,
dv-hop method,
clustering,
k-means ++

ABSTRACT

With the great need for indoor positioning technology, new techniques have been searched for, and studies are being carried out on methods that can achieve the success of GPS (Global Positioning System) outdoor positioning. However, due to the objects and architectural structure of the interior, it is difficult to break down the signals and give the correct results to this method. Many methods have been tried and appropriate solutions are being sought to overcome this problem. A wireless sensor network is one of the technologies used for this. When positioning in sensor networks, anchor nodes that have their own position information are used, and their features such as power, arrival time, arrival angle and how many different nodes are used while the signal is transmitted can be used for positioning. One of these methods, Dv-hop method, has been studied in this study and it has been compared with different methods in terms of performance. It has been observed that when this comparison is made, it is necessary to use an appropriate clustering method to create an appropriate topology when node points distributed around the center facilitate transmission. At this point k-means++ clustering method was proposed and it was seen that the accuracy rate could be increased up to 50% when probing.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: / merve.kanmaz@istanbul.edu.tr, aydinali@istanbul.edu.tr / Tel: +90 212 866 3700-44024

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gelişen teknoloji ile kişilerin ve kurumların ihtiyaçları da farklı boyutlara dönüşmektedir. Kişilerin konumlarının anlık olarak takip edilmesi de günümüz ihtiyaçlarından biridir. Başta askeri alan olmak üzere hasta takibi, bitki ve hayvan takibi ve güvenlik konularında da konum takibi sıkça ihtiyaç duyulan bir alandır [1]. Bu bağlamda etkin konumlandırma tespiti için akademik olarak da çalışmalar devam etmektedir. Hali hazırda kullanılmış olduğumuz GPS teknolojisi dış mekân konumlandırma da oldukça başarılı sonuçlar vermektedir [2]. Ancak GPS iç konumlandırmada dış mekân konumlandırmasındaki kadar başarılı değildir. İç mekân içinde bulunan duvar vb. materyaller sinyallerin kırılarak güç kaybına uğramasına sebep olmaktadır. Bu güç kayıpları ve yansımalar hesaplamalarda hataya sebep olarak GPS'in iç konumlandırmada kullanılmasının önüne geçmektedir. Bu açıdan GPS dışında düşük maliyetli ve yüksek doğruluk oranına sahip olarak üretilecek olan bir teknolojinin geniş çaplı kullanılması ve bu alanda popüler olması beklenmektedir [3].

Yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde iç konumlandırmada başarılı sonuçlara ulaşabilmek için birçok yöntem denenmektedir. Kablosuz sensör ağların kullanılması da bu yöntemlerden bir tanesidir. Kablosuz sensör ağlar, içerisinde sensör düğümleri bulunduran kablosuz ağ çeşididir. Sensörler ise ısı, sıcaklık, hareket gibi dış etkenleri algılama yeteneğine sahip ufak cihazlardır. Konumlandırma yapılırken bu sensörlerden okunan sinyal bilgisi yardımı ile hesaplamalar yapılmaktadır. Sensörlerden alınan bu bilgilere göre mesafe ve açı bilgisi tahmin edilerek konumlandırma yapılmaktadır. Bu noktada ağ içerisinde kullanılan çapa düğümlerden (anchor nodes) bahsetmek gerekir. Çapa düğümleri, kendi konum bilgisine sahip olan düğümlerdir. Hesaplamaların bir kısmı bu çapa düğümlerin konumları baz alınarak yapılmaktadır.

Çalışmanın 2. bölümünde konumlandırma teknikleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. 3. bölümde ise ilgili çalışmalar incelenmiş ve açıklanmıştır. Çalışmanın 4. bölümünde içerisinde çapa düğümün konumuna göre hesaplama yapan 4 farklı yöntem incelenmiştir. Bu yöntemler incelendikten sonra da bu 4 yöntemden daha iyi sonuçlar vereceği düşünülen yeni bir yöntem önerilmiştir. Son olarak 5. bölümde ise bahsedilen tüm bu yöntemler ortak bir topoloji oluşturularak çalıştırılmış ve sonuçlar izlenmiştir.

2. KONUMLANDIRMA TEKNİKLERİ (POSITIONING TECHNIQUES)

Konumlandırma probleminin çözümü için birçok teknoloji kullanılmıştır. Bunlar kısaca:

Kızılötesi: Kızılötesi sinyalleri elektromanyetik sinyallerdir ve sıcak gövde üzerinden yayılırlar. Televizyon kumandaları en çok kullanılan örneklerinden biridir. Konumlandırma yapılırken ağ içerisinde bulunan ve takip edilmek istenen her kullanıcıya kızılötesi bir cihaz takılır ve belirli periyotlarda

bu vericilerden gelen sinyaller merkezi bir sunucu üzerinde toplanarak hesaplamalar yapılır. Her kullanıcıya ayrı cihaz takılması yüksek maliyet gerektirdiği için ve kapsama alanının 5m gibi küçük bir alan olmasından dolayı konumlandırma için kullanılması çok tercih edilmemektedir [4]. **Hücresel Ağlar:** Radyo hücreleri ile oluşturulmuş kablosuz ağ çeşididir. Normal ağlara göre daha yüksek kapasite ve daha düşük enerji gereksinimi ile çalışır. Konumlandırmanın iyi sonuçlar vermesi için fazla baz istasyonuna gereksinim duyar. 2,5m'ye kadar doğru sonuç veren hücresel ağlar ile yapılmış çalışma vardır [5]. **Bluetooth:** Bluetooth hâlihazırda birçok cihaz üzerinde bulunan ve düşük maliyet ve düşük enerji gereksinimi gerektiren bir teknolojidir. Sistemin 20sn gecikmeli cevap vermesi ve kapsama alanının kısıtlı olması konumlandırma için dezavantajlı taraflardır. **Kablosuz Yerel Alan Ağı:** 802.11 kablosuz ağ altyapısını kullanmaktadır ve birçok okul, hastane gibi merkezlerde altyapısı mevcuttur. Sinyal tarama mekanizması sayesinde konumlandırmaya olanak sağlar ancak iç mekânda sinyallerin kırılmaya uğraması sebebi ile doğruluk oranı değişebilir. Bu teknoloji ile konumlandırma yapılırken RSSI (Received Signal Strength Indicator – Alınan Sinyal Gücü Göstergesi) değeri kullanılır. Alınan bu değerler konum bilgileri ile bir veri tabanına kaydedilerek Radio Map oluşturulur. Daha sonra bir konumlandırma yapılırken bu veri tabanı üzerinden analizler gerçekleştirilir. Bu yöntemde parmakizi (fingerprinting) denilmektedir [6]. **RADAR**[7] ve **COMPASS**[8] adlı çalışmalar bu yöntemle yapılmış iki önemli çalışmadır. **Radyo Frekans Tanımlayıcı (RFID):** Uyumlu bir ağ içerisinde etiket tanımlama ve etiket okuma mantığı ile çalışan sistemdir. Tanıma amaçlı kullanılan sistem konumlandırma için de kullanılabilir yapıdadır. Ancak farklı altyapı bileşenler gerektirir ve bu bileşenlerin uzun vadede bakım onarımı söz konusudur. Bu yöntemle yapılmış **SpotON** [9], **LANDMARC** [10] ve **WhereNET** [11] isimli sistemler mevcuttur. **Kablosuz Sensör Ağlar:** Kablosuz sensör ağlar içerisinde sensör düğümleri bulunduran ağlardır. Ağ içerisinde kendi konumunu bilen çapa düğümler ve konum bilgileri bilinmeyen kör (blind node) düğümler mevcuttur. Konumlandırma yapılırken çapa düğümlerin konum bilgisinden faydalanılarak diğer düğümlerin konumları hesaplatılır.

Konumlandırma iki aşamada gerçekleştirilir. Birincisi uzaklık tahmini, ikinci aşama ise uzaklığı bilinen düğümün fiziksel olarak konumunun belirlenmesidir. Fiziksel olarak konumu bulabilmek için üçgenleme (triangulation) denilen matematiksel yöntemden faydalanır. Bu yöntemde konumu bilinen üç noktanın koordinat bilgisi alınarak, açı veya mesafe bilgisine göre konumu bilinmeyen düğüm için koordinat bilgisi hesaplanır [12]. Üçgenleme yöntemi kullanıldığı parametreye göre ikiye ayrılır:

Lateration: Bu yöntemde 2 boyutlu düzlemde aynı eksen üzerinde bulunmayan ve konumu bilinen en az üç noktaya ihtiyaç vardır [13]. Bu 3 adet konum ve uzaklık bilgisi matematiksel olarak hesaplanarak konumu bilinmeyen noktanın konumu hesaplanır.

Angulation: Lateration yöntemi ile aynı mantıkla çalışır ancak, uzaklık bilgisi yerine açı bilgisini kullanarak hesaplama yapar. 2 boyutlu düzlemde en az iki adet koordinat bilgisi bilinen nokta gerekmektedir. Doğru ve kesin sonuç verir ancak kullandığı donanım ve teknikler ile maliyeti ve karmaşıklığı yüksek bir yöntemdir [14].

3. İLGİLİ ÇALIŞMALAR (RELATED WORKS)

İç mekânda konumlandırma probleminin çözümü için birçok yöntem denenmiş ve doğruluğu en yüksek olan sonuç bulunması hedeflenmiştir. Geliştirilen her yöntem kullandığı teknolojinin avantajlarını öne çıkaracak şekilde tasarlanmıştır. Bu yöntemlerin bazıları mesafe bilgisinden bazıları ise sinyal kuvvetinden faydalanarak hesaplama yapmaktadır. Genel bir bakışla bu yöntemleri mesafe tabanlı olanlar (distance based) ve çapa düğüm tabanlı olanlar (anchor based) diye iki sınıfa ayırmak mümkündür.

Mesafe tabanlı olmayan yöntemler komşuluk ve hop sayısı üzerinden hesaplama yaparak konum belirleme yaparlar. Bu algoritmalarda bağlılık (connectivity) bilgisi hesaplamının yapılması için yeterlidir [15]. Farklı donanımlar gerektirmediği için maliyet açısından etkin algoritmalar. Mesafe tabanlı olan algoritmalar ise düğüm noktaları arasındaki uzaklık bilgilerine ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden de daha doğru sonuç veren algoritmalar ancak maliyetleri daha yüksektir [16]. Çapa düğüm tabanlı olan algoritmalarda ise ağ içerisinde belirli noktalara çapa düğümler yerleştirilerek konumu bilinmeyen düğümlerin konumları belirlenmeye çalışılır.

Mesafeye tabanlı yöntemlerden ilki Varış Süresi Yöntemi (Time of Arrival-TOA)'dir . Bu yöntemde gönderilen sinyalin bir noktadan diğer bir noktaya varış süresi üzerinden bulunduğu konum bilgisi tahmin edilmeye çalışılır. Doğru hesaplamının yapılması için düğüm noktaları üzerinde saat senkronizasyonunun yapılması gerekmektedir [17]. Yine mesafe tabanlı diğer yöntem Varış Açısı Yöntemi (Angle of Arrival-AOA)'dir . Bu yöntem de sinyalin bir noktadan diğerine kaç derecelik açı ile vardığı bilgisi üzerinden konumu bilinmeyen düğümün konumu tahmin edilmeye çalışılır. Açı bilgisi önemli olduğu için iki nokta arasında herhangi bir engelin bulunmaması sinyalin kırılarak yön değiştirmemesi için önemlidir. Bir diğer yöntem Uçuş Süresi (Time of Flight-TOF)'nde ise sinyalin bir noktadan diğer noktaya uçuş süresi hesaplanır. İki nokta arasında saat senkronizasyonu bu yöntemde de önemlidir. Sinyalin varış süresi ile hızının çarpımı aradaki mesafe bilgisini vermektedir [17]. Alınan Sinyal Kuvveti Göstergisi (Received Signal Strength Indicator-RSSI) yönteminde ise sinyal kuvveti iki düğüm arası gönderilen sinyalin gücü veya enerjisi olarak belirtilir [6]. Gönderilen sinyalin kuvveti alınan yol ile ters orantılıdır. Yani mesafe arttıkça sinyalin gücü azalacaktır. Konumlandırma eğitim fazı ve konumlandırma fazı olarak iki aşamalı yapılır. En temel anlamda eğitim fazında sinyal kuvvetleri bir harita üzerine kaydedilir. Konumlandırma fazında ise alınan sinyal bu harita üzerindeki sinyaller ile eşlenmeye çalışılır. Sonuçta

en olası konum seçilir [18]. Çapa düğüm tabanlı konumlandırma yapan birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Ağırlık Merkezli Konumlandırma (Centroid Localization Algorithm-CA); sistemin geneline bakarak bir ağırlık merkezi hesaplar. Ağırlık merkezi formülü Eş. 1'de verilmiştir. Bu ağırlık merkezine göre konumlandırma işlemi gerçekleştirilir [19].

X^l = Düğümlerin x eksenindeki konumu
 y^l = Düğümlerin y eksenindeki konumu
 X' = X eksenli ağırlık merkezi
 Y' = Y eksenli ağırlık merkezi

$$(X', Y') = \left(\frac{\sum_{i=1}^n x^i}{n}, \frac{\sum_{i=1}^n y^i}{n} \right) \quad (1)$$

Bir diğer çapa düğüm tabanlı çalışma; Uzaklık Vektörü Algoritması (Distance Vector Algorithm-DV-Hop)'dir.. Bu yöntemde çapa düğümler ile konumu bilinmeyen düğümler arasındaki hop sayısı esas alınarak hesaplama yapılır [16]. Konumu bilinen her düğüm için ortalama uzaklık değeri hesaplanır. Daha sonra konumu bilinmeyen düğüm, çapa düğümlerden hangisine daha yakın ise onun ortalama uzaklık değeri esas kabul edilerek, tüm çapa düğümlere olan mesafesi hop sayısı ile ortalama uzaklık değerinin çarpımı olarak hesaplanır [20]. Bulunan bu uzaklık değerleri lateration metodu ile hesaplanarak düğümün konumu tahmin edilir. Yöntem içerisinde hop mesafesinin hesaplanması, en yakın hop mesafesinin seçilmesi, çapa düğümlerin merkezi noktaları yerleştirilmesi gibi yöntemin verdiği sonucu önemli ölçüde etkileyecek kritik noktalar vardır. Bu parametrelerin değiştirilmesi ile ortaya farklı yöntemler ve farklı doğruluk oranları çıkmaktadır. Çalışmanın bir sonraki bölümünde DV-Hop yönteminin farklı alternatifleri incelenmiştir.

4. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

4.1. Karşılaştırılan Yöntemler (Compared Methods)

4.1.1. Dv-Hop yöntemi (Dv-Hop method)

En temel Dv-Hop yaklaşımıdır. Yöntemde ağ üzerinde bulunan her çapa düğüm için ortalama hop mesafesi değeri hesaplanır ve uzunluğa göre konumun bilinmeyen düğümlerinin konumları hesaplanır [20]. Yöntemin işleyişi ise Şekil 1'de verildiği gibi ilerlemektedir [16]:

- Çapa düğümler ve konumu bilinmeyen düğümler sisteme rastgele bir şekilde dağıtılır.
- Çapa düğümler konum bilgilerini komşu düğümlere gönderir ve hop=1 olarak düzenlenir.
- Konum bilgisi bir çapa düğümünden diğerine varana dek her geçtiği düğüm üzerinde hop sayısı 1 artırılarak ilerlenir.
- En düşük hop bilgisi alınır ve ortalama hop mesafesi değeri için hesaplama yapılmaya başlanır.
- Gelen konum bilgisi ile iki çapa düğüm arası mesafe hesaplanır (Eş. 2).

```

Adım1: Tüm düğümler networke rasgele dağıtılır.
Adım2: Çapa düğümler diğer çapa düğümlere mesaj göndererek min(hop) bulunur.
    For i=1: dugum_sayisi
        For k=1: dugum_sayisi
            For j=1: dugum_sayisi
                If hop(i,k) + hop(k,j) < hop(i,j)
                    hop(i,j)= hop(i,k) + hop(k,j)
            End
        End
    End
Adım3: Çapa düğümler ortalama hop mesafesini hesaplar
    For i=1: Capa_Dugum_Sayisi
        Do ortalama_hop_mesafesi = Uzaklık / min(hop)
    End
Adım4: Konumu bilinmeyen düğümler ortalama_hop_mesafesi'ne göre konumunu hesaplar
    For i=1: Konumu_bilinmeyen_dugum_sayisi
        For j=1: Capa_Dugum_Sayisi
            Mesafe = hop * ortalama_hop_mesafesi
        End
    End
Adım5: Bulunan mesafe bilgileri trilateration yöntemine gönderilir.
    
```

Şekil 1. Dv-Hop sözde kod (Dv-Hop pseudo code)

$$uzaklık = \sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2} \quad (2)$$

- Gelen sayaç bilgisinden en küçük olanı alınır (Eş. 3)

$$ortalama_hop_mesafesi = Uzaklık/hop \quad (3)$$

- Bu bilgiler hesaplandıktan sonra konumu bilinmeyen düğümün konumunu hesaplamak için kendine en yakın 3 çapa düğümün ortalama hop sayısı bilgisi bu düğümün o çapa düğüme olan hop sayısı ile çarpılarak bir mesafe değeri hesaplanır.
- Bulunan bu mesafe bilgisi ile çapa düğümlerin koordinat bilgileri trilateration yöntemine gönderilerek konumu bilinmeyen düğüm için konumlandırma yapılır.

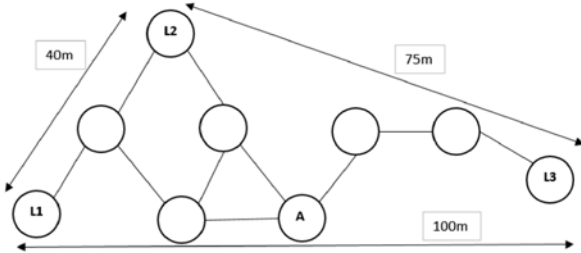
$$ortalama_hop_mesafesi L3= (75+100) /5+6$$

Çapa düğümler için hesaplanan ortalama hop mesafeleri L1=17.5m, L2=16.42m ve L3=15.90m'dir. Konumu bilinmeyen düğüm A düğümünün bu çapa düğümlere olan hop sayılarına bakılır ve minimum olanın ortalama hop mesafesi bilgisi temel alınarak mesafeler hesaplanır. Yani L1-A=3 hop, L2-A=2 hop ve L3-A=3 hop bilgilerine göre L2'nin hop mesafesine göre işlem yapılır. A düğümünün diğer düğümlere olan mesafesi ise:

L1-A=3 hop * 16.42m
 L2-A=2 hop * 16.42m
 L3-A=3 hop * 16.42m olarak hesaplanır ve trilateration yöntemine gönderilir.

4.1.2. RSSI Tabanlı dv-hop yöntemi (Dv-Hop method with RSSI)

Yöntem Dv-hop yönteminin ağ içerisine gönderilen bir RSSI mesajının, kaç hop ile alındığına bağlı olarak hesaplamasının değiştirilmesi ile oluşturulmuştur. Ağ içerisindeki bu mesajı 3 hoptan fazla hopla alabilen düğümler için farklı, diğerleri için farklı bir hesaplama yapılmasının daha iyi sonuçlar ortaya çıkardığı gösterilmiştir [21]. Yöntemin işleyişi ile ilgili sözde kod Şekil 3'de verilmiş ve aşağıda açıklanmıştır [16]:



Şekil 2. Örnek topoloji 1 (Topology example 1)

Örneğin Şekil 2'de gösterilen bir yapı için L1, L2, L3 çapa düğümler olmak üzere A düğümünün konumlandırılması yapılmak isteniyor. L1-L2 arası 40m, L2-L3 arası 75m ve L1-L3 arası 100m olarak gösterilmiştir. Bu çapa düğümler arası minimum hop sayısı ise sırasıyla 2, 5 ve 6 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre çapa düğümler için hesaplanacak olan ortalama hop mesafesi şu şekildedir:

$$ortalama_hop_mesafesi L1=(40+100) /2+6$$

$$ortalama_hop_mesafesi L2=(40+75) / 2+5$$

- DV-Hop yöntemindeki aynı adımlar tekrarlanarak her çapa düğüm için ortalama hop mesafesi hesaplanır.
- Daha sonra tüm çapa düğümler sisteme bir RSSI paketi gönderir. Bu paketi konumu bilinmeyen düğümler sırası ile alarak her atlanılan düğüm için sayaç bilgisini bir artırarak paketin ilerlemesi yapılır. Hop sayısı olarak en küçük sayaç bilgisi hesaplamada kullanılır.
- Konumu bilinmeyen düğüm çapa düğümlere olan mesafesini hesaplarken yöntem farklılaşır:

Adım1: Tüm düğümler networke rasgele dağıtılır.
Adım2: Çapa düğümler diğer çapa düğümlere mesaj göndererek min(hop) bulunur.
 For i=1: dugum_sayisi
 For k=1: dugum_sayisi
 For j=1: dugum_sayisi
 If hop(i,k) + hop(k,j) < hop(i,j)
 hop(i,j)= hop(i,k) + hop(k,j)
 End
 End
 End
 End
Adım3: Çapa düğümler ortalama hop mesafesini hesaplar
 For i=1: Capa_Dugum_Sayisi
 Do ortalama_hop_mesafesi = Uzaklik / min(hop)
 End
Adım4: Konumu bilinmeyen düğümler ortalama_hop_mesafesi'ne göre konumunu hesaplar
 For i=1: Konumu_bilinmeyen_dugum_sayisi
 For j=1: Capa_Dugum_Sayisi
 Mesafe = hop * ortalama_hop_mesafesi
 End
 End
Adım5: Bulunan mesafe bilgileri trilateration yöntemine gönderilir.

Şekil 3. RSSI Tabanlı Dv-Hop sözde kod (RSSI Based DV-Hop pseudo code)

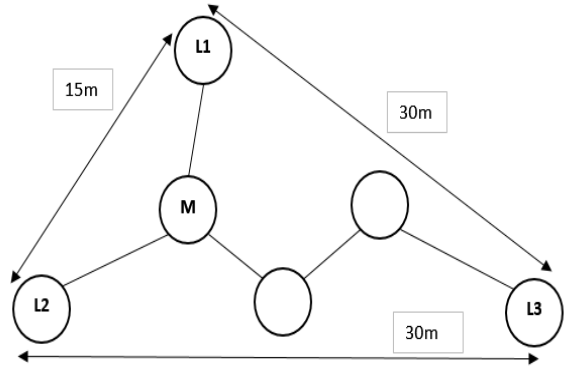
- Eğer bu düğüm RSSI paketini 3'den daha az hop ile alabilmiş ise çapa düğümlere olan mesafesi hop sayısı ile varsayılan düğümler arası mesafe uzunluğu çarpılarak bulunur.
- Eğer bu düğüm RSSI paketini 3 veya daha fazla hop ile alabilmiş ise çapa düğümlere olan mesafesi klasik Dv-hop yöntemindeki gibi hop sayısı ile ortalama hop mesafesi bilgisinin çarpılması ile elde edilir.
- Bu bilgiler hesaplandıktan sonra konumu bilinmeyen düğümün konumunu hesaplamak için bu mesafe bilgileri ile çapa düğümlerin koordinat bilgileri trilateration yöntemine gönderilerek konumu bilinmeyen düğüm için konumlandırma yapılır.

Örneğin Şekil 4'de gösterilen bir yapı için L1, L2, L3 çapa düğümler olmak üzere M düğümünün konumlandırılması yapılmak isteniyor. L1-L2 arası 15m, L2-L3 arası 30m ve L1-L3 arası 30m olarak gösterilmiştir. Bu çapa düğümler arası minimum hop sayısı ise sırasıyla 2, 4 ve 4 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca düğümler arası varsayılan mesafe ise 10m olarak kabul edilmiştir. Bu değerlere göre çapa düğümler için hesaplanacak olan ortalama hop mesafesi şu şekildedir:

$$\begin{aligned} \text{ortalama_hop_mesafesi } L1 &= (15+30) / 2+4 \\ \text{ortalama_hop_mesafesi } L2 &= (15+30) / 2+4 \\ \text{ortalama_hop_mesafesi } L3 &= (30+30) / 4+4 \end{aligned}$$

Çapa düğümler için hesaplanan ortalama hop mesafeleri L1=7.5m, L2=7.5m ve L3=7.5m'dir. Konumu bilinmeyen

düğüm M düğümünün bu çapa düğümler tarafından gönderilen RSSI paketini minimum kaç hop ile alabildiği bilgisine bakılır. Yani L1-M=1hop, L2-M=1hop ve L3-M=3hop bilgilerine göre işlem yapılır. Buradaki kural hop sayısının 3'den fazla olup olmadığının kontrol edilmesidir. Bu duruma göre sadece L3 düğümünden gönderilen paket 3 veya daha fazla hop ile alındığı için yalnızca L3 için ortalama hop mesafesi bilgisi kullanılacak diğer çapa düğümlere olan mesafe için ise varsayılan mesafe kullanılacaktır. M düğümünün diğer düğümlere olan mesafesi ise:



Şekil 4. Örnek topoloji 2 (Topology example 2)

L1-M=1hop * 10m
 L2-M=1hop * 10m
 L3-M=3hop * 7.5m olarak hesaplanır ve trilateration yöntemine gönderilir.

4.1.3. Ağırlıklı ortalamalı hop mesafeli dv-hop yöntemi
(Weighted mean hop distance dv-hop method)

Bu yöntemde temel Dv-Hop yönteminin işleyiş mantığı değiştirilmiş ve yeni bir yaklaşım öne sürülmüştür. Şöyle ki temel Dv-Hop algoritmasında her düğüm için ortalama hop mesafesi bilgisi hesaplanıyorken bu yöntemde sistemin geneli için ortalama hop mesafesi bilgisi hesaplanıyor. Ağ içerisindeki her çapa düğümün ağ üzerinde bir ağırlığının olduğu ve bu ağırlığa göre hesaplamanın daha doğru sonuç verdiği belirtilmiştir [22]. Yöntemin işleyişi ile ilgili sözde kod Şekil 5’de verilmiş ve aşağıda açıklanmıştır [16]:

- Çapa düğümler ve konumu bilinmeyen düğümler sisteme rastgele bir şekilde dağıtılır.
- Çapa düğümler konum bilgilerini komşu düğümlere gönderir ve hop=1 olarak düzenlenir.
- Konum bilgisi bir çapa düğümünden diğerine varana dek her geçtiği düğüm üzerinde hop sayısı 1 artırılarak ilerlenir.
- En düşük hop sayısı alınır ve hesaplama başlar.
- Gelen konum bilgisi ile iki çapa düğüm arası mesafesi bilgisi hesaplanır.

$$uzaklık = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (4)$$

```

Adm1: Tüm düğümler networke rasgele dağıtılır.
Adm2: Çapa düğümler diğer çapa düğümlere mesaj göndererek min(hop) bulunur.
    For i=1: dugum_sayisi
        For k=1: dugum_sayisi
            For j=1: dugum_sayisi
                If hop(i,k) + hop(k,j) < hop(i,j)
                    hop(i,j)= hop(i,k) + hop(k,j)
                End
            End
        End
    End
Adm3: Çapa düğümler ortalama hop mesafesini hesaplar
    For i=1: Capa_Dugum_Sayisi
        ortalama_hop_mesafesi = (Sum( Uzaklik * min(hop) ) ) / hop*hop
    End
Adm4: Çapa düğümler için ağırlıklı ortalama hesaplar
    For i=1: Capa_Dugum_Sayisi
        For j=1: Capa_Dugum_Sayisi
            If(i!=j)
                w[agirlilik(i) = 1/ (ortalama_hop_mesafesi(i)-(ortalama_hop_mesafesi(j) )
            End
        End
    End
Adm5: Sistemin geneli için kullanılacak yeni ortalama hop mesafesi hesaplanır
    For i=1: Capa_Dugum_Sayisi
        ortalama_hop_mesafesi_yeni=sum(w_agirlilik(i)*ortalama_hop_mesafesi(i))
        /sum(w_agirlilik(i))
    End
Adm6: Konumu bilinmeyen düğümler ortalama_hop_mesafesi'ne göre konumunu hesaplar
    For i=1: Konumu_bilinmeyen_dugum_sayisi
        For j=1: Capa_Dugum_Sayisi
            Mesafe = hop * ortalama_hop_mesafesi
        End
    End
Adm6: Bulunan mesafe bilgileri trilateration yöntemine gönderilir.

```

Şekil 5. Ağırlıklı Ortalamalı Dv-Hop sözde kod (Average Weighted Mean Dv-Hop pseudo code)

- Tüm çapa düğümler için ortalama hop mesafesi bilgisi hesaplanır

$$ortalama_hop_mesafesi_i = \frac{\sum_{i \neq j} hop_{ij} * d_{ij}}{\sum_{i \neq j} (hop_{ij})^2} \quad (5)$$

- Tüm çapa düğümler için ağırlıklı ortalama hesaplanır

$$w_i = \frac{1}{|ortalama_hop_mesafesi_i - ortalama_hop_mesafesi_j|} \quad (6)$$

- Sistemin geneli için kullanılacak olan yeni ortalama hop mesafesi ise aşağıdaki formüle göre hesaplanır

$$ortalama_{hop_mesafesi_yeni} = \frac{\sum_i^N w_i * ortalama_hop_mesafesi_i}{\sum_i^N w_i} \quad (7)$$

- Yeni ortalama hop mesafesinin hesaplanmasından sonra, konumu bilinmeyen düğüm kendine en yakın 3 adet çapa düğüme olan hop sayıları ile bu mesafe bilgisinin çarpılması ile çapa düğümlere olan mesafeleri hesaplanmış olur. Bu bilgiler ise trilateration yöntemine gönderilerek konumu bilinmeyen düğümün konum bilgisi hesaplatılmış olur.

4.1.4. Kümeleme yöntemi ile dv-hop (Dv-hop with clustering)

Dv-hop yönteminin uygun topolojilerde yani merkezi bir çapa düğüm etrafında toplanan konumu bilinmeyen düğümlere konum atanması yapılırken daha başarılı sonuçlar verdiği görülerek önerilmiştir. Şöyleki bu yöntemde ağ üzerinde bir kez Dv-hop yöntemi uygulandıktan sonra sonuçlar kaydedilir ve ağ üzerine k-means kümeleme yöntemi uygulanarak daha doğru bir yerleşim modeli çıkarılır. Daha sonra konumlandırma işlemi tekrarlanır.

Yöntem içinde kullanılan k-means bir kümeleme yöntemidir. Buradaki k harfi kaç adet kümeye ayrılmak istendiğini temsil etmektedir. Ağ üzerinde kaç tane çapa düğüm varsa k sayısı o kadar olacaktır. K-means yöntemi çalıştırıldıktan sonra çapa düğümler bu merkez noktalara yerleştirilir. Böylelikle düğüm noktalarına daha yakın konumda olan çapa düğümlere göre konum belirleme yapılırken, konumlandırma sonuçlarının daha iyi çıktığı gözlenmektedir [23]. Yöntemin işleyişi ile ilgili sözde kod Şekil 6'da verilmiş ve aşağıda açıklanmıştır [16]:

- Dv-Hop yöntemi tüm adımları ile tamamlanır ve konumu bilinmeyen düğümler için konumlandırma yapılır.
- Aynı topoloji üzerinde k-means[24] kümeleme yöntemi uygulanır ve kaç adet çapa düğüm var ise o kadar küme oluşturulur.
- Oluşturulan bu kümelerin merkez konumlarına çapa düğümler yerleştirilir. Böylece birbirine daha yakın düğümlerden oluşan bir topoloji oluştuğu için kapsama alanı dışında daha az konumu bilinmeyen düğüm kalmış olur.

```

Adım1: Tüm düğümler networke rasgele dağıtılır.
Adım2: Çapa düğümler diğer çapa düğümlere mesaj göndererek min(hop) bulunur.
    For i=1: dugum_sayisi
        For k=1: dugum_sayisi
            For j=1: dugum_sayisi
                If hop(i,k) + hop(k,j) < hop(i,j)
                    hop(i,j) = hop(i,k) + hop(k,j)
                End
            End
        End
    End
Adım3: Çapa düğümler ortalama hop mesafesini hesaplar
    For i=1: Capa_Dugum_Sayisi
        Do ortalama_hop_mesafesi = Uzaklik / min(hop)
    End
Adım4: Konumu bilinmeyen düğümler ortalama_hop_mesafesi'ne göre konumunu hesaplar
    For i=1: Konumu_bilinmeyen_dugum_sayisi
        For j=1: Capa_Dugum_Sayisi
            Mesafe = hop * ortalama_hop_mesafesi
        End
    End
Adım5: Bulunan mesafe bilgileri trilateration yöntemine gönderilir.
Adım6: K means algoritması çalıştırılır.
Adım7: Adım2 den itibaren algoritma tekrar çalıştırılarak konumlandırma tekrarlanır.

```

Şekil 6. Kümeleme Yöntemi ile Dv-Hop sözde kod (Clustered Dv-Hop pseudo code)

- Oluşturulan yeni topolojiye göre klasik Dv-hop algoritması tekrar çalıştırılır ve konumlandırma işlemi tekrar yapılır.

4.2. K-Means++ Kümeleme Metodu (K Means++ Clustering Method)

Çalışmanın bir sonraki kısmında önerilen metod içerisinde k-means ++ metodu kullanılmaktadır. K-means++ da aynı k-means gibi kümeleme yöntemlerinden biridir. K-means++ algoritmasını k-means'den ayıran tek fark başlangıç aşamasında ilk küme merkezlerinin belirlendiği kısımdır. K-means yöntemi ilk aşamada k kadar küme merkezi belirleyerek çalışmaya başlarken, k-means++ yöntemi yalnızca bir adet küme merkezi belirler ve diğer küme merkezlerini belirlerken ilk küme merkezi ve olasılık dağılımlarını kullanır. Bu ilk adımdaki farklılık algoritmanın kümelemesini %50 oranına kadar iyileştirebilmektedir [25].

4.3. Önerilen K-Means++ ile Dv-Hop Yöntemi (The Proposed Method With K-Means++)

Yöntem; Kümeleme Yöntemi ile Dv-Hop ile aynı yaklaşıma sahiptir. Rastgele dağılıma sahip olan ağ içerisindeki konumu bilinmeyen düğüm noktaları ve çapa düğümler üzerine uygulanan k-means++ kümeleme yöntemi sonrasında çapa düğümlerin yerleri yöntemin bulduğu merkez noktalara taşınır ve konumlandırma işlemi bu noktalara göre tekrarlanır [16]. Yöntemin işleyişi ile ilgili sözde kod Şekil 7'de verilmiş ve aşağıda açıklanmıştır:

- Dv-Hop yöntemi tüm adımları ile tamamlanır ve konumu bilinmeyen düğümler için konumlandırma yapılır.


```

Adım1: Tüm düğümler networke rasgele dağıtılır.
Adım2: Çapa düğümler diğer çapa düğümlere mesaj göndererek min(hop) bulunur.
    For i=1: dugum_sayisi
        For k=1: dugum_sayisi
            For j=1: dugum_sayisi
                If hop(i,k) + hop(k,j) < hop(i,j)
                    hop(i,j)= hop(i,k) + hop(k,j)
                End
            End
        End
    End
Adım3: Çapa düğümler ortalama hop mesafesini hesaplar
    For i=1: Capa_Dugum_Sayisi
        Do ortalama_hop_mesafesi = Uzaklik / min(hop)
    End
Adım4: Konumu bilinmeyen düğümler ortalama_hop_mesafesi'ne göre konumunu hesaplar
    For i=1: Konumu_bilinmeyen_dugum_sayisi
        For j=1: Capa_Dugum_Sayisi
            Mesafe = hop * ortalama_hop_mesafesi
        End
    End
Adım5: Bulunan mesafe bilgileri trilateration yöntemine gönderilir.
Adım6: K means++ algoritması çalıştırılır.
Adım7: Adım2 den itibaren algoritma tekrar çalıştırılarak konumlandırma tekrarlanır.

```

Şekil 7. Önerilen K-means++ Yöntemi ile Dv-Hop sözde kod (Proposed Algorithm Dv-Hop with K-means++ pseudo code)

- Aynı topoloji üzerinde k-means++ kümeleme yöntemi uygulanır ve kaç adet çapa düğüm var ise o kadar küme oluşturulur.
- Oluşturulan bu kümelerin merkez konumlarına çapa düğümler yerleştirilir. Böylece birbirine daha yakın düğümlerden oluşan bir topoloji oluştuğu için kapsama alanı dışında daha az konumu bilinmeyen düğüm kalmış olur.
- Oluşturulan yeni topolojiye göre klasik Dv-hop yöntemi tekrar çalıştırılır ve konumlandırma işlemi tekrar yapılmış olur.

5. UYGULAMA VE TEST SONUÇLARI (APPLICATION AND TEST RESULTS)

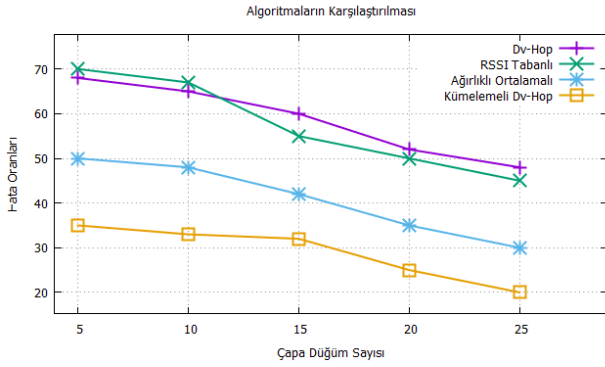
4. bölümde anlatılan yöntemler ve önerilen yöntem Windows işletim sistemi üzerinde C# programlama dilinde oluşturulan simülasyon ortamında çalıştırılmıştır. Her bir algoritma birbiri ile karşılaştırılabilir diye ortak bir topoloji belirlenmiş ve belirlenen her bir topoloji 4 yöntemle uygulanmıştır. Bu şekilde 100 farklı topoloji yöntemlere uygulanmış ve çıkan sonuçların ortalaması alınmıştır. Çalışma ortamı 100x100m'lik alanda, her biri 25m kapsama alanına sahip olan 50 düğüm noktasından oluşmaktadır. İlk olarak değişimi izlenen parametre; ağ içerisindeki çapa düğüm sayısıdır. Bu da ağ içerisindeki düğüm sayısına bağlı olarak %10, %20, %30, %40 ve %50 yapılarak sırasıyla 5, 10, 15, 20 ve 25 olarak belirlenmiştir. Bu durumda her bir algoritmanın vermiş olduğu hata oranları Tablo 1 üzerinde listelenmiştir. Tablo 1 incelendiğinde 4 yöntemin sistem üzerindeki çapa düğüm sayısına bağlı olarak hata oranlarının değişimi gözlemlenmektedir. Ağ içerisindeki çapa düğüm sayısının artmasıyla birlikte tüm yöntemlerde hata oranının

azaldığı izlenmektedir. Bunun sebebi olarak ağ içerisinde çapa düğüm sayısı arttıkça konumu bilinmeyen çok daha fazla düğüme erişim imkanının artmasıdır. Aynı zamanda çapa düğüm sayısına bağlı olarak hata oranı başlarda hızlı bir şekilde azalırken, bir seviyeden sonra yavaşlamaktadır. Yöntemler hop sayısı üzerinden işlem yaptığı için ağ içerisinde sınırsız sayıda çapa düğüm bulunması düğümler arası birebir iletme yol açacağı için yöntemlerin hata payını arttırmaktadır. Yöntemlerin birbirlerine göre durumlarının gösterildiği Şekil 8 incelendiğinde de kümeleme yöntemi ile uygulanan Dv-hop yönteminin en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Ağ içerisinde çapa düğümlerinin yeniden ve uygun bir şekilde konumlandırılması bu sonucun alınmasına neden olmuştur.

Tablo 1. Çapa Düğüm Sayısına Bağlı Hata Oranları Tablosu (Anchor Based Error Rate Table)

	Çapa Düğüm Sayısı				
	5	10	15	20	25
Algoritmalar	5	10	15	20	25
Dv-Hop	68	65	60	52	48
RSSI Tabanlı Dv-Hop	70	67	55	50	45
Ağırlıklı Ortalamaları	50	48	42	35	30
Dv-Hop	35	33	32	25	20
Kümeleme Yöntemi ile Dv-Hop	35	33	32	25	20

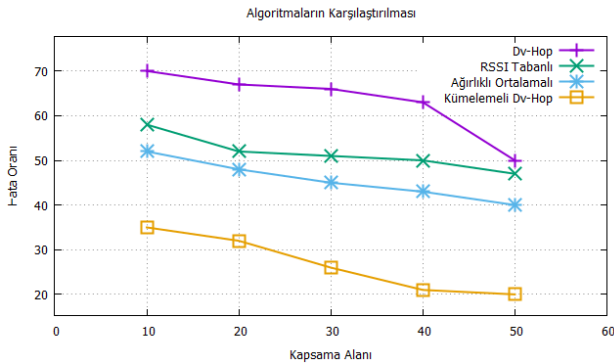
Ağ içerisinde ikinci izlenen parametre ise kapsama alanı olmuştur. Düğümlerin kapsama alanı sırasıyla 10m'den 50m'ye kadar 10'ar artırılarak sistemin davranışı izlenmiştir. Değişen kapsama alanına göre her bir algoritmanın vermiş olduğu hata oranları Tablo 2 üzerinde listelenmiştir.



Şekil 8. Değişen Çapa Düğüm Sayısı için Algoritmaların Karşılaştırılması
(Comparison of Algorithms for Changing Anchor Nodes)

Tablo 2. Kapsama Alanına Bağlı Hata Oranları Tablosu (Range Based Error Rate Table)

Algoritmalar	Kapsama Alanı				
	10	20	30	40	50
Dv-Hop	70	67	66	63	50
RSSI Tabanlı Dv-Hop	58	52	51	50	47
Ağırlıklı Ortalamaları Dv-Hop	52	48	45	43	40
Kümeleme Yöntemi ile Dv-Hop	35	32	26	21	20

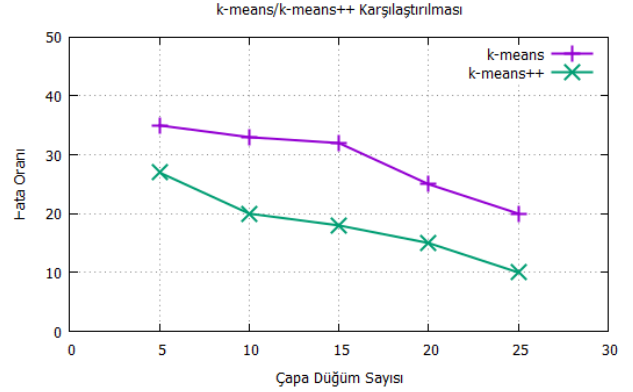


Şekil 9. Değişen Kapsama Alanına Göre Algoritmaların Karşılaştırılması
(Comparison of Algorithms for Changing Range)

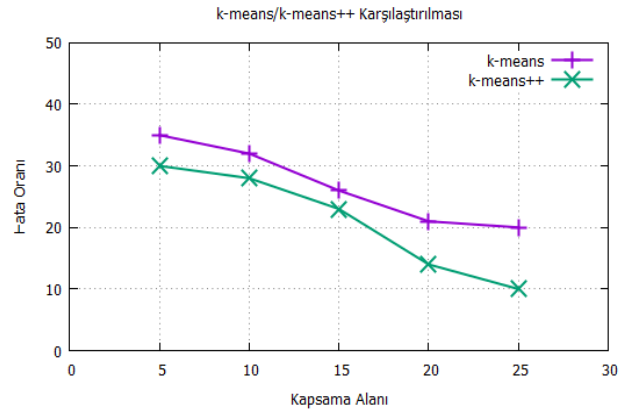
Tablo 2 incelendiğinde kapsama alanı arttırıldıkça hata oranının azaldığı görülmektedir. Bu azalmanın sebebi ise 4 algoritmanın da konum hesabı yaparken düğümlerin kapsama alanı içerisinde bulunan diğer düğümlere erişerek yaptıkları hop sayısını baz almasıdır. Yani kapsama alanı arttırıldıkça düğümlerin birbirine erişimi daha kolay hale geldiği için konum bulma problemi de daha kolay çözülmektedir. Algoritmaların birbirlerine göre durumlarının gösterildiği Şekil 9 incelendiğinde de kümeleme yöntemi ile uygulanan Dv-hop yönteminin en az hata oranına sahip olduğu görülmektedir.

Bunun üzerine önerilen model ile kümeleme yöntemi ile uygulanan Dv-hop yöntemi aynı topoloji üzerinde

çalıştırılarak hata oranları karşılaştırılmıştır. İlk durumda olduğu gibi yine ağ içerisindeki çapa düğüm miktarı ve kapsama alanı arttırılarak algoritmaların performansı izlenmiştir. Oluşan durum Şekil 10 ve 11’de verilmiştir.



Şekil 10. K-means / K-Means++ Hata Oranları Karşılaştırılması-1
(K-means / K-Means++ Error Rate Comparison -1)



Şekil 11. K-means / K-Means++ Hata Oranları Karşılaştırılması-2
(K-means / K-Means++ Error Rate Comparison -2)

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Teknolojinin hayatımızın her alanına girmesi ile iç konumlandırma oldukça ihtiyaç duyulur hale gelmiştir ve teknik itibari ile dış konumlandırmadan farklı gereksinimlere sahiptir. Dolayısı ile farklı teknikler ile çözülmesi gereken bir problemdir. GPS gibi dış konumlandırmada başarılı olan teknolojiler, iç konumlandırma da maalesef ki aynı sonucu vermemektedir. Bu yüzden teknik anlamda başarılı sonuçlar veren yöntem arayışları halen daha devam etmektedir.

Var olan bazı algoritmalar belirli topolojilerde uygun sonuçları verse de doğruluk oranını arttıracak yeni çalışmalar gerekmektedir. Yapılan bu çalışma içerisinde de var olan birkaç yöntemin bir topoloji üzerinde belirli parametreler ile davranışı incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu incelemeler sonrasında algoritmaların daha uyum çalışma modelinde

daha iyi sonuçlar verdiği gözlenerek düğüm noktalarının merkezi konumlarda bulunduğu ortamların uygun sonuçlar vereceği öngörülmüştür. Kümeleme yöntemlerinin en iyi kümeleme yapanının doğruya çok yaklaştıracığı düşünülerek k means++ yöntemi denenmiş ve başarı oranının %50'ye kadar arttığı simülasyon sonuçlarında izlenmiştir.

Uygun topolojilerde yöntemin çok daha iyi sonuç verdiğinin gözlenmesi üzerine daha iyi kümeleme algoritmaları kullanıldıkça uygulanacak yöntemin daha iyi sonuçlar vereceği söylenebilir. Gelecek çalışmalarda daha iyi sonuç veren ve denenmemiş kümeleme algoritmaları kullanılabilir ve sonuçlar değerlendirilebilir. Ayrıca test ortamı gerçek ortamda uygulanarak sonuçlar üzerinde değerlendirme yapılabilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü "Etkin Kullanıcı Hareketliliği İle Kesin Konumlandırma" yüksek lisans tezinin bir parçasıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Pahlavan K., Li X., Ylianttila M., Chana R.S., Latva-aho M., An overview of wireless indoor geolocation techniques and systems, Proceedings of the IFIPTC6/European Commission International Workshop on in Mobile and Wireless Communications Networks, 1–13, 2000.
- Enge P., Misra P., Special issue on GPS: The global positioning system, Proceedings of the IEEE, 3–172, 1999.
- Kitasuka T., Hisazumi K., Nakanish, T., Fukuda A., Positioning Technique of Wireless LAN Terminals Using RSSI between Terminals, PSC, CSREA Press, 47-53, 2005
- Doğancı Y.U., 802.11 Standartlarını kullanarak pozisyon Tespiti, Yüksek Lisans, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- Otsason V., Varshavsky A., LaMarca A., E. de Lara, Accurate Gsm Indoor Localization, Ubicomp (M. Beigl, S. S. Intille, J. Rekimoto, and H. Tokuda, eds.), 3660 of Lecture Notes in Computer Science, 141–158, 2005.
- Ustebay S., Gümüş E., Aydın M.A., Sertbaş A., İç Mekan Konum Tespitinde Sinyal Haritasının Küçültülmesi ve Performans Analizi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 2016.
- Bahl P., Padmanabhan V., RADAR: An In-Building RF-Based Location and Tracking System, IEEE INFOCOM, 2000.
- King T., Kopf S., Haenselmann T., Lubberger C., Effelsberg W., COMPASS: A probabilistic indoor positioning system based on 802.11 and digital compasses, WiNTECH'06: Proceedings of the 1st international workshop on Wireless network testbeds, experimental evaluation & characterization (New York, NY, USA), 34–40, 2006.
- Hightower J., Want R., Borriello G., An Indoor 3D Location Sensing Technology Based on RF Signal Strength, University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, 2000.
- Ni L.M., Y. Liu Y. C. Lau, and A. P. Patil, LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID, Wireless Networks, 10 (6), 701–710, 2004.
- Bilimleyen, 2016, WhereNet, <http://www.wherenet.com>, Ziyaret Tarihi: 01.04.2016.
- Papapostolou A, Indoor Localization and Mobility Management in the Emerging Heterogeneous Wireless Networks, Doctor of Science, Telecom & Management SudParis and Pierre & Marie Curie University, 2009.
- Bilimleyen, 2016, Trilateration, <https://en.wikipedia.org/wiki/Trilateration>, Ziyaret Tarihi: 01.06.2016.
- Papapostolou A, Indoor Localization and Mobility Management in the Emerging Heterogeneous Wireless Networks, Doctor of Science, Telecom & Management SudParis and Pierre & Marie Curie University, 2009.
- Nazir U., Arshad M.A., Shahid N., Raza S.H., Classification of localization algorithms for wireless sensor network: A survey, IEEE International Conference on Open Source Systems and Technologies (ICOSST), Lahore , 1-5, 2012.
- Kanmaz M., Etkin Kullanıcı Hareketliliği İle Kesin Konumlandırma, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- Kul G. , Özyer T. , Tavli B., IEEE 802.11 WLAN Based Real Time Indoor Positioning: Literature Survey and Experimental Investigations, 9th International Conference on Future Networks and Communications (FNC-2014), 2014.
- Hamdoun S., Rachedi A., Benslimane A., Comparative analysis of RSSI-based indoor localization when using multiple antennas in Wireless Sensor Networks, Mobile and Wireless Networking (MoWNeT) 2013 International Conference on Selected Topics, DOI=10.1109/MoWNet.2013.6613811, 146-151, 2013.
- Bulusu N., Heidemann J., Estrin D., GPS-less low-cost outdoor localization for very small devices, IEEE Personal Communications, 7, 28-34, 2000.
- Niculescu D., Nath B., Ad-hoc Positioning System, IEEE Global Telecommunications Conference, San Antonio, 2926 – 2931, 2001.
- Tian S., Zhang X., Liu P., Wang X., A RSSI-based DV-Hop Algorithm for Wireless Sensor Network, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing 2007, DOI: 10.1109/WICOM.2007.636, 2555-2558, 2007.
- Hadir A., ZineDine K., Bahhouya M., El Kafi J., An optimized DV-hop localization algorithm using average hop weighted mean in WSNs, Codes, Cryptography and Communication Systems (WCCCS), 2014 5th Workshop on, IEEE, 25 – 29, 2014.
- Kulaib A.R., Shubair R.M., Al-Qutayri M.A., Jason W. P., Improved DV-hop localization using node repositioning and clustering, Communications, Signal

- Processing, and their Applications(ICCSPA), 2015 International Conference on, 10.1109/ICCSPA.2015.7081314 ,1-6, 2015.
24. Işık M., Çamurcu A. Y., K-Means, K-Medoids Ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti , İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 6, 11 Bahar 2007/1 , 31-45, 2007.
25. Arthur D., Vassilvitskii S., K-Means++: The Advantages Of Careful Seeding, Proceedings Of The Eighteenth Annual ACM-SIAM Symposium On Discrete Algorithms. Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, PA, USA. ,1027–1035, 2007.