

# KABLOSUZ AD-HOC AĞLARDA BATARYA KONTROLLÜ YÖNLENDİRME

Tuğba BEŞİR, Zeynep GÜRKAŞ AYDIN, A.Halim ZAİM, M.Ali AYDIN

İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Müh. Bölümü, İstanbul

t.besir@istanbul.edu.tr, zeynepg@istanbul.edu.tr, ahzaim@istanbul.edu.tr, aydinali@istanbul.edu.tr

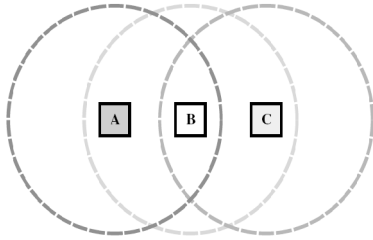
## ABSTRACT

When we look at wireless communication technologies which are used mostly nowadays with wide perspective, we will see that it gives people absolute freedom and provides institutes to work more efficient. Ad-hoc networks which is the subclass of wireless networks forms by a group of wireless equipments that act independent and every system has not only router mission but also host mission. In this paper to understand how the batary control affects ad-hoc routing protocols. A simulation program was developed and with the simulation results some infrences was made.

**Key words:** Ad-Hoc,AODV,Routing, Batary Control

## 1. GİRİŞ

Ad-Hoc ağlar, sabit bir altyapının ve merkezi sunucuların olmadığı kendiliğinden yapılanan, bir grup kablosuz cihazdan oluşan ağlardır. Bu cihazlara genel olarak düğüm adı verilir. Söz konusu düğümler yönlendirici ve kullanıcı görevlerini üstlenerek herhangi bir merkezi cihaz olmadan kendi aralarında haberleşebilmektedir.



Şekil 1. Ad-hoc ağlarda haberleşme[1]

En basit şekilde, düğümler birbirlerinin kablosuz iletim alanlarında olduklarında aralarında direkt olarak iletişim kurabilirler. Ancak ad hoc ağlar birbirlerinin iletim alanında olan düğümler ile iletişim sağlamak yanında birbirinin iletim alanında olmayan düğümler ile de iletişim kurabilirler. [1] Şekil 1’de, A ve C düğümleri B düğümünü ellerindeki paketleri aralarında iletebilmek için kullanırlar. Düğümler etrafındaki çemberler her düğüme ait radyo alıcısının mesafesini gösterir. Her düğüm çember içinde kalan düğümler ile doğrudan haberleşebilirken A düğümünün haberleşme alanında olmayan C düğümü ile doğrudan haberleşmesi mümkün değildir. Haberleşmeyi sağlayabilmek A düğümünün iletim alanında olan B düğümü üzerinden bilgi B

düğümünün iletim alanında olan C düğümüne iletilir. Bu nedenle, ad hoc ağlar her düğümün potansiyel yönlendirici ve potansiyel mobil olduğu ağlardır.[1,5]

Ad-hoc ağ bileşenlerinin sınırlı kaynakları yapılacak güvenlik çalışmalarını da sınırlamaktadır. [2]’de bu kısıtlar küçük bir merkezi işlem birimi (CPU), az bellek, kısıtlı bandgenişliği ve sınırlı batarya olarak özetlenmiştir. Bu kısıtlar arasında batarya ömrünün sınırlı olması diğer telsiz sistemlerde olduğu gibi ad-hoc ağlarda da dikkat edilmesi gereken bir unsurdur. Yol atamadaki güç tüketimi en aza indirilmeye çalışılmalıdır. Düğümler bu gücü ekonomik olarak tüketmek için alıcılarını periyodik olarak açarlar.

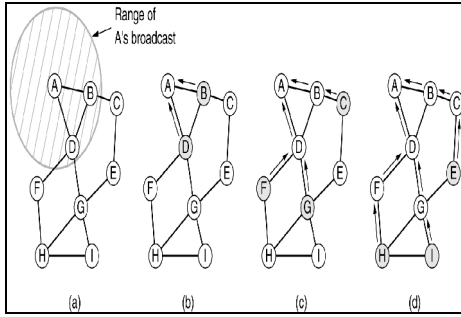
A düğümü iletim alanında bulunmayan C düğümüne veri göndermek istediğinde iletim alanında bulunan B düğümü üzerinden veri akışını sağladığını söyledik. A düğümünden B düğümüne veri akışı sağlanırken cihazların bataryalarında bir miktar düşüş yaşanır. Çok sayıda düğümün bulunduğu bir ağı düşünecek olursak kaynak ile hedef arasındaki haberleşme bir çok sekme üzerinden sağlanabilecektir. Bu haberleşme gerçekleştirilirken veri akış yolu cihazların bataryaları gözönüne alınmadan yapılırsa ağ üzerinde bulunan düşük bataryalı düğümler sistemden kısa sürede düşecektir. Bunu önlemek için sistemde mevcut olan hedef doğrultusundaki yüksek bataryalı düğümleri veri akışında kullanmak sistemde bulunan düşük bataryalı cihazların yaşam sürelerini uzatacaktır. Dolayısı ile tüm ağ düşünüldüğünde, ağdan düğümler daha geç düşecek ve cihazlar arasındaki iletişim ağı daha geç kopacaktır.

Ad-Hoc ağlarda çok sekmeli bağlantı iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada bağ katmanı protokolleri üzerinden tek sekmeli bağlantı sağlanır. Daha sonra kurulan bağlantının ağ katmanında yol atama ve veri iletimi protokolleri ile çok sayıda sekmeye genişletilir.

### 1.1. AODV

AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector Protocol) protokolü, on-demand bir yönlendirme protokolüdür. Yani, AODV protokolünde bir düğümden diğerine yönlendirme yapılacaksa, hedef düğüm ile ilgili yönlendirme bilgisi sadece yönlendirme işleminin yapılacağı zaman tespit edilmektedir. Bunun haricinde, bir yönlendirme söz

konusu değil ise yönlendirme ile ilgili bilgilerin ağda dolaştırılmasına gerek yoktur.[3] AODV yönlendirme protokolü Şekil 2'deki örnek yapıya uygun olarak anlatılacaktır. Şekildeki yapıda A düğümünün I düğümüne paket göndermesi durumunu ele alınsın. AODV protokolünde her düğüm kendi yayım (broadcast) alanındaki düğümler ile ilgili bilgi sahibidir. Dolayısı ile A düğümü, I düğümü ile ilgili bilgiye sahip değildir. A düğümünün bu noktadan itibaren yapması gereken şey I düğümü ile ilgili bilgiye sahip olabilmektir. I düğümünün yerini tespit edebilmek için A düğümü bir ROUTE REQUEST paketi broadcast eder. Paket A düğümünün yayım alanında olan B ve D düğümlerine ulaşır. Örneğin F, A'nın yayım alanında olmadığı için, A'nın yayım paketleri F'ye ulaşmayacaktır.[3]



Şekil 2. Ad-Hoc ağda haberleşme[4]

### ROUTE REQUEST paketinin yapısı

ROUTE REQUEST paketinde kaynak (source) ve hedef (destination) bilgisayarlar ile ilgili adres değerlerini IP değeri olarak tutmaktadır. Ayrıca bir Request ID değeri bulundurmaktadır. Request ID değeri her düğüm tarafından paket yayımlanırken belirlenen ve her düğümden geçerken bir arttırılan bir değerdir. Kaynak adres ve Request ID değeri birlikte benzersiz bir değer oluşturur ve bu aynı broadcast alanında bilgisayarların aynı paketleri birbirine sürekli göndermesini engeller.

Request ID değeri gibi her düğüm her yayım paketinin gönderilmesi sırasında bir arttırılan bir değer daha tutar. Bu değer bir saat görevi görür ve eski paketlerin yeni paketlerden ayırt edilmesini sağlar. İşte bu değerler sıra numaralarıdır (Sequence numbers). "Source sequence number" kaynağın sıra numarasını, kaynağın bildiği hedefin sıra numarasını ise "destination sequence number" tutmaktadır. Son alan olan sıçrayış sayısı ise (hop count), ilk başta sıfır olarak belirlenen ve her düğüm geçildiğinde bir arttırılan bir değerdir. Bu değer sayesinde hedefe kaç sıçrayışta gittiği tespit edilebilmektedir.

Bir ROUTE REQUEST paketi bir diğer düğüme ulaştığında (buradaki örnekte şu an için A'nın

gönderdiği yayım paketleri B ve D'ye ulaştı) aşağıdaki prosedür uygulanmaktadır :

Normalde her düğüme gelen broadcast paketlerindeki (Source address + Request ID) bilgisi bir lokal geçmiş tablosunda ( local history table ) tutulmaktadır. Dolayısıyla alınan paketteki ( Source address + Request ID ) bilgisi tablodaki değerler ile karşılaştırılır. Eğer aynı paket daha önceden alınmış ise paket imha edilir. Eğer alınan paket ilk kez alınıyor ise bir sonraki karşılaştırmalar için lokal geçmiş tablosuna kaydedilir ve bir sonraki adıma geçilir.

Alıcı düğüm, kendi yönlendirme tablosunda hedef düğüm için belirli bir bilgi olup olmadığına bakar. Eğer hedef düğüm ile ilgili bir bilgi sözkonusu ise kaynak düğüme bir ROUTE REPLY mesajı gönderilir. Eğer alıcı düğüm, hedef düğüm ile ilgili olarak bir bilgiye sahip değilse paketdeki sıçrayış sayısı (hop count) alanını bir arttırır ve paketi yayımlar. Ayrıca paketin geri dönüş yolunu belirlemek için geri dönüş rotasını da kayıtlarına ekler. Eğer bu geri dönüş bilgisi belirli bir süre kullanılmazsa, bir timer tarafından takip edildiği için imha edilecektir.

### ROUTE REPLY paketini yapısı

ROUTE REPLY paketinin yapısında source address, destination address ve Hop count değerleri ROUTE REQUEST paketinden elde edilen bilgilerle doldurulmaktadır. "Destination Sequence Number" ise I düğümündeki sayaç hafızası bölümünden elde edilerek doldurulur. HopCount değeri tekrardan sıfırlanır. Hop count'un eski değeri Lifetime süresini belirleyecektir. [3]

## 2. SİMÜLASYON PROGRAMI

Kablosuz ad-hoc ağlarda haberleşme bir önceki bölümde anlatılmıştır. Bu bölümde öncelikle simülasyon programının amaçlarına değinilecektir. Daha sonra simülasyon sonuçları ışığında değerlendirmeler yapılacaktır.

### 2.1. Programın Amacı

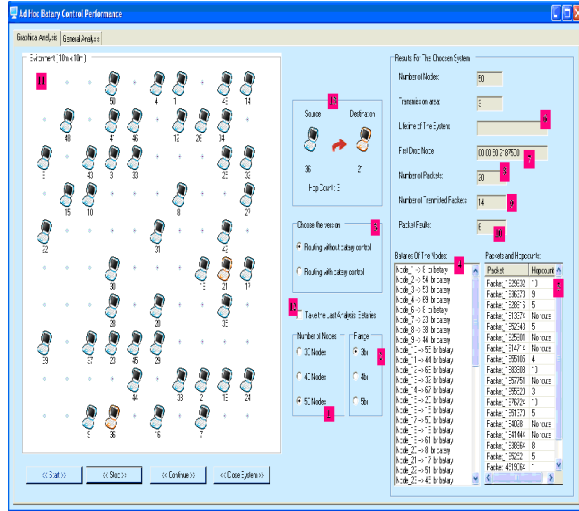
Kablosuz cihazlar günümüzde kullanılabilirliğini son derece arttırmıştır. Ancak cihazların belirli periyotlarla şarj edilmek zorunda olması bu kullanılabilirliği kısıtlamaktadır. Ad-hoc ağlarda haberleşme sağlanırken bu kablosuz cihazların bataryalarında da bir miktar düşüş yaşanmaktadır. Bu simülasyon programının amacı kurulan bir ad-hoc ağda haberleşmeyi daha yüksek bataryaya sahip cihazlar üzerinden sağlayarak sistemi en iyi performans ile hayata geçirmektir.

## 2.2. Programın Çalışma Şekli

Simülasyon programı iki ana kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda protokoller ayrı ayrı çalıştırılarak işleyiş mekanizmaları daha ayrıntılı görülebilirken, ikinci kısımda her iki protokolde eşzamanlı çalıştırılarak simülasyon sonuçları elde edilir.

### Grafiksel Analiz

İlk bölüm protokollerin işleyişini grafiksel olarak analiz edebilmek için oluşturulmuştur. Bu bölümde düğüm sayısı, düğümlerin iletim alanı, kullanılacak olan protokol dinamik olarak seçilerek simülasyon başlatılabilir. Simülasyonda kaynak ve hedef düğümler, haberleşme esnasında batarya ömürlerinin ne durumda olduğu, iletilen paketler ve kaç sekmede hedefe ulaştıkları, hedefe iletilen ve iletilmeyen toplam paket sayıları, sistemde hayatta kalan düğüm sayısı, sistemin yaşam süresi gibi bilgiler dinamik olarak takip edilebilir. Sistemde ayakta kalan düğüm sayısı 2'den az olduğunda sistem otomatik olarak kapatılır. Ayrıca simülasyonda protokole grafiksel bir arayüz oluşturulmuş olup, kaynak ve hedef düğüm arasındaki iletişim ve sistemde bulunan tüm düğümler buradan takip edilebilir.

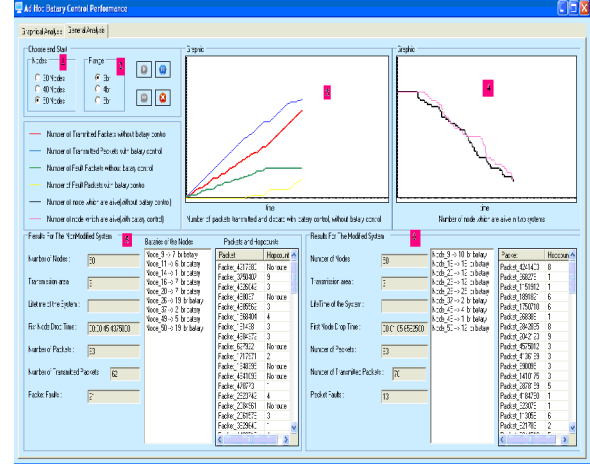


Şekil 3. Programın Kullanıcı Arayüzü

### İşleyiş mekanizması

Simülasyon programının çalışma prensipleri şu şekildedir: Ortam 10sn'de bir değişecek şekilde tasarlanmıştır. Ortam değişirken her cihaz en fazla 2m hareket edebilir. Ortam değişikliği yapılırken rasgele seçilen 5 cihazın yeri maksimum 2m olacak şekilde değiştirilir. Ortamın değişikliği her seferinde programa yansıtılır. Program her 3sn'de bir data paketinin kaynak düğümünden hedef düğüme doğru yol bulma işlemini yapar. Aynı zamanda her yol

bulma işleminde rasgele olarak kaynak ve hedef düğüm seçilir. Sistemin çalışmasını daha iyi analiz edebilmek için aynı anda birden fazla data paket iletiminin yapılamadığı varsayılmıştır. İletim sırasında kaynak düğümünden hedef düğüme kaç adımda gidildiği "hopcount" değeri olarak tutulur ve kullanıcıya gösterilir.



Şekil 4. Genel analiz kullanıcı arayüzü

### Genel Analiz

Bu bölümde batarya kontrolü yapılan, yapılmayan her iki protokol de eşzamanlı olarak aynı ortamda çalıştırılır. İlk verilen grafik iki protokol için iletilen paket sayısını ve düşen paket sayılarını göstermektedir. İkinci verilen grafik ise zamana bağlı olarak sistemde hayatta olan toplam düğüm sayısını her iki protokol için göstermektedir. Batarya kontrolü yapılmayan protokol ve batarya kontrolü yapılan sistem için toplam oluşan paket sayısı, iletilen paket sayısı, düşen paket sayısı, ilk düğümün düşme süresi, protokolün yaşam süresi, düğümlerin bataryaları, oluşan RREQ paketleri ve iletim için gerekli olan sekme sayıları simülasyondan takip edilebilmektedir.

## 2.3. Simülasyon Sonuçları

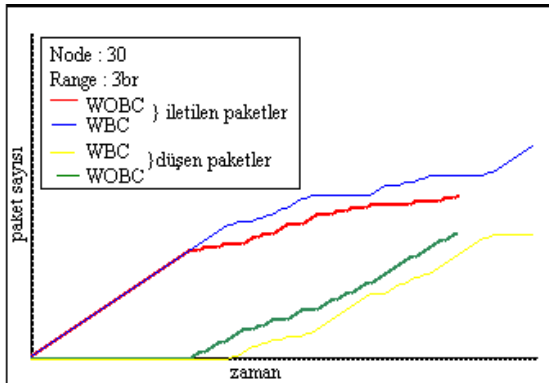
Bu kısımda farklı iletim alanları ve farklı düğüm sayıları ile yapılan bazı simülasyon sonuçlarına yer verilerek değerlendirmeler yapılacaktır. Analizlerde düğüm sayısı 30, 40ve 50 olarak değiştirilebilmesinin yanı sıra düğümlerin iletim alanları da 3br, 4br ve 5br olarak seçilebilmektedir. Tablolarda batarya kontrolü yapılan sistem (WBC- With Batary Control) ve batarya kontrolü yapılmayan sistem (WOBC-WithOut Batary Control) için toplam yaşam süreleri, ilk düğümün düşüş süresi, sisteme atılan toplam paket sayısı, bu paketlerden iletilenlerin ve iletilmeyenlerin sayısı yine her iki sistem için verilmektedir.

İlk grafikte WOBC ve WBC için iletilen ve iletilmeyen paketler zamana bağlı olarak gösterilmektedir. İkinci grafikte ise sistemler için hayatta olan düğüm sayılarını vermektedir. Bu grafikten zamana bağlı olarak her iki sistem için hayatta olan düğüm sayıları takip edilebilir. Hayatta olan düğüm sayısı bir olduğunda sistem kendini kapatacaktır.

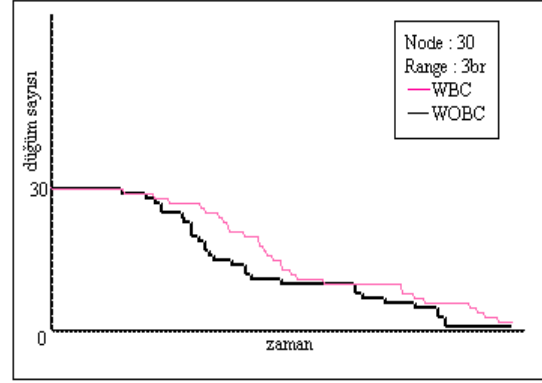
Tablo 1’de ve Şekil 5’deki grafiklerde de görüldüğü gibi batarya kontrolü yapılan sistemin batarya kontrolü yapılmayan sisteme göre daha uzun yaşamaktadır. WBC kullanılan sistemde ağır yaşam süresinin WOBC’ye göre daha uzun olduğu ve iletilen paket sayısında da belirgin bir yükseliş olduğu görülmektedir. WBC kullanılan sistemler de düşen paket sayısının WOBC kullanılan sistemlere göre daha fazla olduğu durumlarda olabilir. Bunun nedeni kalan düğümlerin birbirlerinin iletim alanında olmamasıdır. Bu durumda cihazlar arasında bir iletişim kurulamıyor olsa bile cihazların işlevselliği korunmaktadır.

**Tablo 1.** Düğüm sayısı 30 iletim alanı 3br için simülasyon sonuçları

	WOBC	WBC
Yaşam Süresi	00:04:25:5877	00:05:11:5434
İlk düğümün düşüş süresi	00:01:05:1198	00:01:10:4736
Toplam Paket Sayısı	88	103
İletilen Paket Sayısı	50	65
Düşen Paket Sayısı	38	38



**Şekil 5.** WOBC ve WBC sistemleri için iletilen paket ve düşen paket sayıları

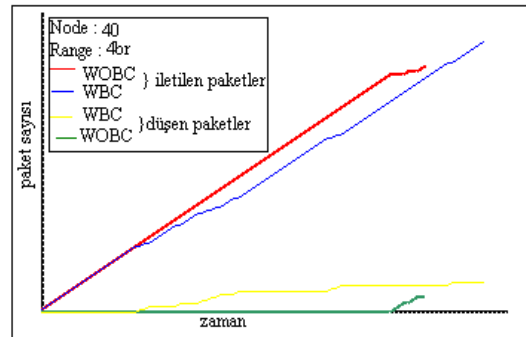


**Şekil 6.** WOBC ve WBC sistemleri için zamana göre ayakta olan düğüm sayıları

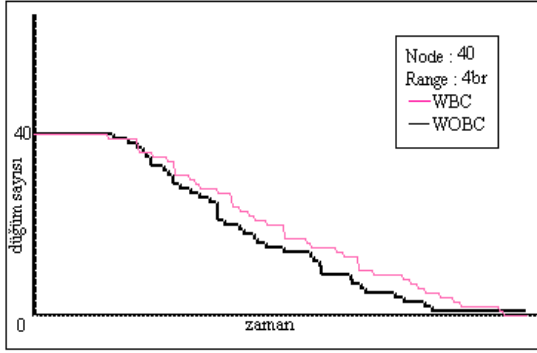
Şekil 6’de her iki sistem içinde kalan düğüm sayıları verilmektedir. Grafikte de görüleceği gibi batarya kontrolü yapılan sistemde hayatta olan düğüm sayısı diğer sisteme göre her zaman daha yüksektir. Kimi zaman WOBC sisteminde de kalan düğüm sayısının WBC sistemini geçtiği görülebilir. Bunun sebebi her iki sistem için belirlenen kaynak ve hedef düğümün random seçilmesi dolayısı ile haberleşme yollarının farklılık göstererek cihazlarda ani batarya düşüşlerine neden olabilmesidir. Ancak genel olarak bakıldığında bu yaşanan batarya kayıplarının WOBC sisteminde daha fazla olduğu dolayısı ile son duruma bakıldığında WOBC sistemi kapandığında WBC sisteminde hala hayatta olan düğümlerin bulunması dikkat çekmektedir.

**Tablo 2.** Düğüm sayısı 40 iletim alanı 4br için simülasyon sonuçları

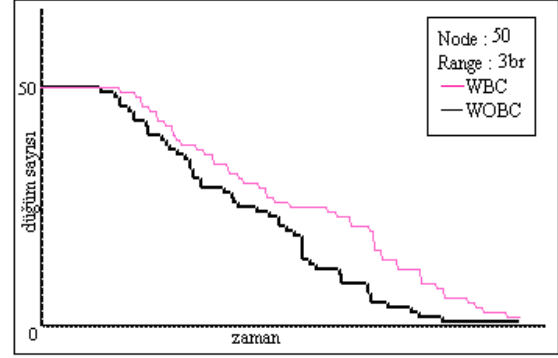
	WOBC	WBC
Yaşam Süresi	00:04:33:8545	00:05:38:3561
İlk düğümün düşüş süresi	00:01:06:3658	00:01:16:2746
Toplam Paket Sayısı	87	100
İletilen Paket Sayısı	82	90
Düşen Paket Sayısı	5	10



**Şekil 7.** WOBC ve WBC sistemleri için iletilen paket ve düşen paket sayıları



**Şekil 8.** WOBC ve WBC sistemleri için zamana göre ayakta olan düğüm sayıları

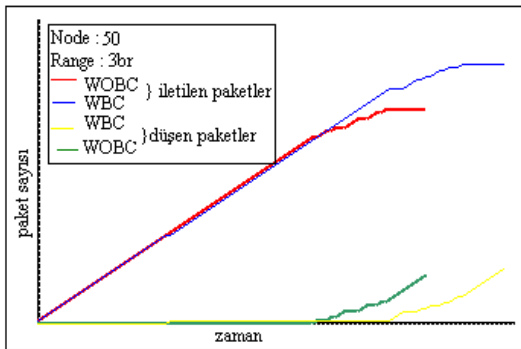


**Şekil 10.** WOBC ve WBC sistemleri için zamana göre ayakta olan düğüm sayıları

Tablo 2’de ve Şekil 7-8’de 40 düğümlü iletim alanı 4br olan bir sistemin örnek analiz sonuçları verilmiştir. Tablo incelendiğinde sistemler arasındaki yaşam sürelerinde , toplam paket sayılarında ve iletilen paket sayılarında belirgin bir fark olduğu görülmektedir. Şekil 7’ye bakılacak olursa WOBC sisteminin başlangıçta ilettiği paketlerde yüksek olmasına karşın batarya kontrolü olmamasından ötürü düğümleri çok daha hızlı kaybettiği, sonuç olarak da belirli bir zamandan sonra iletişim sağlayamadığı, dolayısı ile sistemi kapatmak zorunda kaldığı görülmektedir. Tablo 3’te ve Şekil 9-10’de ise 50 düğümlü ve 3br iletim alanına sahip bir sistem için WBC ve WOBC örnek simülasyon sonuçları verilmektedir.

**Tablo 3.** Düğüm sayısı 50 iletim alanı 3br için simülasyon sonuçları

	WOBC	WBC
<b>Yaşam Süresi</b>	00:04:21:1343	00:05:17:0715
<b>İlk düğümün düşüş süresi</b>	00:00:51:5838	00:01:06:1541
<b>Toplam Paket Sayısı</b>	87	103
<b>İletilen Paket Sayısı</b>	70	85
<b>Düşen Paket Sayısı</b>	16	18



**Şekil 9.** WOBC ve WBC sistemleri için iletilen paket ve düşen paket sayıları

Tablo 3’e bakıldığında yine yaşam sürelerinde belirgin bir farklılık görülmektedir. Düşen paket sayısında WBC sisteminin daha yüksek olmasının nedeni zamanla kalan düğümlerin birbirlerinin iletim alanında olmayışdır. Bu nedenle iletilmek istenen düğümler iletilmemiş ancak cihazlar hayatta tutularak bireysel devamlılıkları sağlanmıştır.

### 3. SONUÇLAR

Geliştirdiğimiz simülasyon programı ile kablosuz ad-hoc ağlarda batarya kontrolünün sistemin yaşam süresi ve performansı üzerindeki etkilerini analiz ettik. Bu amaçla iki protokol kullanıldı bu protokollerden ilki cihazların bataryalarını önemsenmeksizin yönlendirme yapan WOBC ve ikincisi ise yönlendirme yaparken hedef doğrultusundaki en yüksek batarya sahip cihaza yönlendirmede öncelik tanıyan WBC’dir. Simülasyonlar sonucunda elde edilen veriler ışığında şu sonuçlara ulaşılmıştır.

Cihazların bataryalarının önemsenmediği WOBC sistemlerinde yönlendirme yapılırken yönlendirme bilgilerinin iletim alanında bulunan düğümlere cihazların bataryaları önemsenmeksizin gönderilmesi düşük bataryaya sahip cihazların yaşam sürelerini kısaltmakta dolayısı ile sistemde kalış sürelerini de düşürmektedir. Bu durum gözönüne alındığında sistemde daha kısa sürede düğüm kayıpları yaşanmakta , düşen düğümlerin oluşturduğu boşluklar nedeni ile iletişim bilgileri iletim alanında bir düğüm olmamasından ötürü iletilmemekte ve toplam süre baz alındığında sistemin yaşam süresinde belirgin bir düşüş gözlenmektedir. Bunların yanı sıra özellikle iletim alanının düşük olduğu sistemlerde iletim bir çok sekme üzerinden yapıldığı için bu tür sistemlerde bataryası yüksek olan düğümler üzerinden yönlendirme yapmanın mantık çerçevesinde yer aldığı görülmektedir. Bu şekilde sistemde yer alan

düğümler daha uzun süre ayakta tutularak her düğümün iletim alanında daha fazla düğüm olması sağlanmakta dolayısı ile iletilen paket sayısı arttırılmaktadır.

Sonuç olarak, özellikle iletim alanının düşük olduğu sistemlerde WBC sistemi tercih edilebilir. Ancak iletim alanın çok yüksek olduğu sistemlerde iletim genellikle tek sekmeye olacağı için WBC sistemine gerek kalmayabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] **David A. Maltz**; Mart 2001; CMU CS-01-130; School of Computer Science; Carnegie Mellon University;Pittsburgh, PA 15213; On-Demand Routing in Multi-hop Wireless Mobile Ad Hoc Networks:12-13
- [2] **Frank Stajano, Ross Anderson**; The Resurrecting Duckling: Security Issues for Ad-hoc Wireless Networks , Cambridge UK, Eylül 1999
- [3] Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol  
<http://wiki.uni.lu/secanlab/Ad+Hoc+On+Demand+Distance+Vector+Routing+Protocol.html>
- [4] **Andrew S. Tanenbaum**; Computer Networks 4th Edition –Syf. 375-380
- [5] **Capkun S., Buttyan L., Hubaux J.P.**, 2003; Self organized public key management for mobile ad hoc networks, Mobile Computing, IEEE Transactions on Volume 2, Issue 1,Ocak-Mayıs, Syf:52-64