

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA SICAK NOKTA  
PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN YÖNTEMLER**

**NURETTİN ERGİNÖZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2008  
ANKARA**

Fen Bilimleri Enstitü onayı

---

Prof. Dr. Yücel ERCAN  
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

---

Doç. Dr. Erdoğan DOĞDU  
Anabilim Dalı Başkanı

NURETTİN ERGİNÖZ tarafından hazırlanan KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA SICAK NOKTA PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN YÖNTEMLER adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

---

Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI  
Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kemal BIÇAKÇI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüsrev Taha SENCAR

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nurettin ERGİNÖZ

**Üniversitesi** : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi  
**Enstitüsü** : Fen Bilimleri  
**Anabilim Dalı** : Bilgisayar Mühendisliği  
**Tez Danışmanı** : Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI  
**Tez Türü ve Tarihi** : Yüksek Lisans – Eylül 2008

**Nurettin ERGİNÖZ**

## **KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA SICAK NOKTA PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN YÖNTEMLER**

### **ÖZET**

Kablosuz Algılayıcı Ağlar, yapısal olarak kablosuz bir ortam aracılığı ile birbirine bağlanmış çok sayıda algılayıcı düğümden oluşur. Bu düğümler kendi ağlarını organize edebilme yeteneğine sahiptirler. Bu sebeple düğümler arasında daha önceden programlanmış bir ağ topolojisine gerek yoktur. Bu ağlarda, pil performansı yaşam ömrünü belirlediği için pil performansına bağlı olarak bazı kısıtlamalar ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple algılayıcı düğümler, zamanlarının büyük bir kısmını düşük güç tüketimi ilkesine bağlı olarak “uyku” durumunda geçirirler. Diğer zamanlarda ise gelen düğüm verilerini işlerler.

Algılayıcı düğümler kendi komşu düğümlerini bilirler. Böylelikle, düğümler güç ve görev dağılımını dengeleyerek bir performans artışı gösterebilirler. Belirli bir bölgedeki çok sayıda algılayıcı düğüm için tamamının aynı anda algılama görevini yerine getirmesine gerek yoktur. Kaynakların düğümler arasında uygun paylaşımı ve düğümler arası etkin yönlendirme yapılması bu ağlarda önemlidir.

Temel olarak eniyileme durumu için kısıtlamalar eşitlik veya eşitsizliklerden oluşur. Bu durum oluşturulurken sürekli değişkenler kullanılır ve bu değişkenler tek bir doğrusal amaç işlevine sahip değişkenlerdir. Bu durum doğrusal program olarak adlandırılır. Doğrusal programlamada temel amaç, birçok uygun seçenek arasından belirlenmiş hedef için en uygun çözümün seçilebilmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz Ağlar, Algılayıcı Ağlar, Doğrusal Programlama, Yaşam Ömrü, Sıcak Noktalar.

**University** : TOBB Economics and Technology University  
**Institute** : Institute of Natural and Applied Sciences  
**Science Programme** : Computer Engineering  
**Supervisor** : Ass. Prof. Dr. Bülent TAVLI  
**Degree Awarded and Date** : M.Sc. – September 2008

**Nurettin ERGİNÖZ**

## **HOTSPOT MITIGATING METHODS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS**

### **ABSTRACT**

Wireless Sensor Networks include huge number of sensor nodes which are communicated in a wireless environment. These nodes organize their own networks. For that reason there is no need to pre-programme a network topology between the nodes. There are some restrictions about battery performance because it designates the network lifetime. For that reason, sensor nodes spends most of their times in sleeping mode. In other cases nodes process the received data.

Sensor nodes know their neighbor nodes. In this way, nodes can balance their power and process distribution to increase their performances. In a definite area, there are lots of sensor nodes, but there is no restriction for all nodes to perceive the jobs at the same time. It is so important to share the sources and to have effective routing between the nodes in these networks.

The restrictions for an optimization problem are composed of equations and inequations. There are continuous variables and their aim is to have a linear function. These kinds of situations are named as Linear Programming. The main aim in Linear Programming is to select the best suited solution for the object.

**Keywords:** Wireless Networks, Sensor Networks, Linear Programming, Lifetime, HotSpot.

## **TEŞEKKÜR**

Ortaya ıkan bu tez sűresince Őahsıma olan katkılarını ve yűnlendirmesini benden eksik etmeyen ilgili herkese teŐekkűrű bir bor bilirim.

Hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen ve hep gűvenlerini hissettiĐim, bana hayatta adım atmayı űĐretmek için bűyűk emek sarf eden aileme sonsuz teŐekkűr ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xii
SEMBOL LİSTESİ	xiii
BÖLÜM 1 _____	1
1. GİRİŞ _____	1
1.1. Çalışmanın Amacı _____	1
BÖLÜM 2 _____	3
2. KABLOSUZ AĞLAR _____	3
2.1. Giriş _____	3
2.2. Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless LANs) _____	3
2.3. Niçin Kablosuz İletişim? _____	4
2.4. Kablosuz Yerel Alan Ağlarında Genel Özellikler _____	4
2.4.1. Tasarım ve Çalışma Temelleri _____	4
2.4.2. Kuvvetli Yönleri _____	5
2.4.3. Zayıf Yönleri _____	5
BÖLÜM 3 _____	7
3. TASARSIZ (AD HOC) KABLOSUZ AĞLAR _____	7
3.1. Giriş _____	7
3.2. Özel Amaçlı Kablosuz Ağlarının Uygulama Alanları _____	9
3.3. Mobil Tasarsız Kablosuz Ağlar _____	9
3.4. Mobil Özel Amaçlı Ağlarda Sabit Enerji Bütçesinde Ağ Yaşam Zamanının Maksimize Edilmesi _____	9
3.5. Enerji Minimizasyonu ve Yaşam Ömrünün Maksimizasyonu _____	10

BÖLÜM 4	11
4. KABLOSUZ ALGILAYICI (SENSOR) AĞLARI	11
4.1. Giriş	11
4.2. Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulamaları	11
4.3. Tasarsız Kablosuz Ağlarla Karşılaştırılması	12
4.4. Algılayıcı Ağlarda Güvenlik	12
4.5. Maksimum Yaşam Ömrü için Uygun Yönlendirme	13
4.6. Yaşam Süresi Hesabında Uygulanacak Yöntem	14
BÖLÜM 5	15
5. İNTERNET BAĞLANTI NOKTASI (HOTSPOT)	15
5.1. İnternet Bağlantı Noktası Nedir?	15
5.2. Bir Hotspot'a Bağlanmak için İhtiyaçlar	15
5.3. Hotspot Uygulama Alanları	16
5.4. Genel Yapı	16
BÖLÜM 6	19
6. AZALTMA (MITIGATION) PROBLEMİ	19
6.1. Genel Bakış	19
6.2. Uygulama Stratejileri	19
6.3. Çözüm için Yaklaşımlar	20
BÖLÜM 7	22
7. LİNEER PROGRAMLAMA	22
7.1. Lineer Programlama Nedir?	22
7.2. Simplex Metodu	22
7.3. LP için Çeşitli Varsayımlar ve Tanımlar	23
7.3.1. Doğrusallık ve Toplanabilirlik	23
7.3.2. Bölünebilirlik	23
7.3.3. Kesinlik	24
7.4. Örnek Problem Çözümü	24
7.4.1. Problem	24
7.5. Lineer Programlamada Teknik Sorunlar	25
7.5.1. Uç Noktalar	25
7.5.2. Çözümsüzlük	26
7.5.3. Sınırsızlık	26



7.5.4.	Gereksiz Kısıtlamalar	26
7.5.5.	Birden Fazla En Uygun Çözüm	26
BÖLÜM 8		28
8.	ÇOK ATLAMALI (MULTI-HOP) YÖNLENDİRME	28
8.1.	Çok Atlamalı (Multi-Hop) Kablosuz ‘Hotspot’ Ağlar	28
8.2.	Yapı ve Probleme Yaklaşım	28
BÖLÜM 9		30
9.	YAPILAN İŞLER	30
9.1.	Giriş	30
9.2.	Sistem Modeli	31
9.2.1.	Minimum Yaşam Ömrünü Maksimize Etmek	31
9.2.2.	Toplam Enerji Harcanımını Maksimize Etmek	31
9.2.3.	Kısıtların Anlamları	32
9.3.	Benzetim (Simülasyon) Öncesi	32
9.4.	Çeşitli Modeller İçin Şekiller	33
9.4.1.	Kablosuz Ağ Modeli (Wireless Network Model)	33
9.4.2.	Trafik Modeli (Traffic Model):	33
9.4.3.	Stokastik Modeli (Stochastic Model)	34
9.4.4.	Ağ Modeli (Network Model)	34
9.4.5.	Spektrum Paylaşım Modeli (Spectrum Sharing Model)	35
9.4.6.	Basit Çarpışma Modeli (Simple Collision Model)	35
9.4.7.	802.11 Modeli	36
9.4.8.	Greedy İletim (Greedy Forwarding)	36
9.4.9.	Direk İletim (Direct Transmission)	36
9.4.10.	Sonrakine Sıçrama (Next Hop)	37
9.4.11.	Bölünmüş İletim (Split Transmission)	37
9.5.	Elde Edilen Sonuçlar	38
9.5.1.	Düğüm Sayısının Etkisi	38
9.5.2.	Kapsama Alanının Etkisi	39
9.5.3.	Düğüm Ayrımı	40
9.5.4.	Yaşam Ömrünün Baz Ayrımı İle Değişimi	41
9.5.5.	Yaşam Ömrünün Değişen Batarya Değerine Göre Düğüm Sayısı ile Değişimi	42

9.5.6.	Yaşam Ömrünün Değişen Üretilen Veri ( $A_2$ ) Değerine Göre Düğüm Sayısı ile Değişimi	43
9.5.7.	Daire Şeklindeki Bir Alan İçine Düğümlerin Dağılımı	44
9.5.8.	Çokgenlerde Düğümlerin Dağılımı	44
9.5.9.	Çeşitli Geometrik Alanlarda Düğüm Sayısının Yaşam Ömrü ile Değişimi ( $10 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$ )	48
9.5.10.	Çeşitli Geometrik Alanlarda Düğüm Sayısının Yaşam Ömrü İle Değişimi ( $100 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$ )	49
9.5.11.	Çeşitli Geometrik Alanlarda Düğüm Sayısının Yaşam Ömrü ile Değişimi ( $1000 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$ )	50
9.5.12.	Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü İle Değişimi (Düğüm Sayısı: 100)	51
9.5.13.	Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü ile Değişimi (Düğüm Sayısı: 100, $a_i = -2 * \text{rnd}$ )	52
9.5.14.	Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü ile Değişimi (Düğüm Sayısı: 100, Batarya= $1 + 2 * \text{rnd}$ ve Batarya= $4 * \text{rnd}$ )	53
9.5.15.	Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü ile Değişimi (Düğüm Sayısı: 100, Baz İstasyonu Merkezden Farklı Bir Yerde)	55
BÖLÜM 10		57
10. İLERİDE YAPILACAKLAR		57
BÖLÜM 11		58
11. SONUÇ VE TARTIŞMA		58
KAYNAKLAR		60
ÖZGEÇMİŞ		62

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekiller	Sayfa
Şekil 3.1 Bir anten menzili .....	7
Şekil 8.1 Kablosuz Ağlarda Yönlendirme .....	29
Şekil 9.1 Kablosuz Ağ Modeli. ....	33
Şekil 9.2 Trafik Modeli. ....	33
Şekil 9.3 Stokastik Model. ....	34
Şekil 9.4 Ağ Modeli.....	34
Şekil 9.5 Spektrum Paylaşım Modeli.....	35
Şekil 9.6 Basit Çarpışma Modeli. ....	35
Şekil 9.7 802.11 Modeli. ....	36
Şekil 9.8 “Greedy” İletim .....	36
Şekil 9.9 Direk iletim.....	37
Şekil 9.10 Sonrakine Sıçrama.....	37
Şekil 9.11 Fiziksel ve mantıksal katman arasındaki ilişki. ....	37
Şekil 9.12 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile Değişimi. ....	38
Şekil 9.13 Farklı Sayıdaki Düğümler için Kapsama Alanı Değişimi. ....	39
Şekil 9.14 Yaşam ömrünün Düğüm Ayrımı ile Değişimi.....	40
Şekil 9.15 Yaşam Ömrünün Baz Ayrımı ile Değişimi .....	41
Şekil 9.16 Yaşam Ömrünün değişen Batarya değerleri ile Düğüm Sayısına göre Değişimi..	42
Şekil 9.17 Yaşam Ömrünün değişen Üretilen Veri değerleri ile Düğüm Sayısına göre değişimi .....	43
Şekil 9.18 Daire şeklinde ve 100 m <sup>2</sup> 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı	44
Şekil 9.19 Üçgen şeklinde ve 100 m <sup>2</sup> 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı .....	45
Şekil 9.20 Dörtgen şeklinde ve 100 m <sup>2</sup> 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı .....	46
Şekil 9.21 Beşgen şeklinde ve 100 m <sup>2</sup> 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı .....	46
Şekil 9.22 Altıgen şeklinde ve 100 m <sup>2</sup> 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı .....	47

Şekil 9.23 Yediggen şeklinde ve $100 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı .....	47
Şekil 9.24 Sekizgen şeklinde ve $100 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı.....	48
Şekil 9.25 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile değişik geometrilerdeki değişimi .....	49
Şekil 9.26 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile değişik geometrilerdeki değişimi .....	50
Şekil 9.27 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile değişik geometrilerdeki değişimi .....	51
Şekil 9.28 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100) .....	52
Şekil 9.29 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100, İletim periyodu= $-2 * \text{random}$ ).....	53
Şekil 9.30 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100, Batarya= $1+2 * \text{random}$ ) .....	54
Şekil 9.31 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100, Batarya= $4 * \text{random}$ ) .....	55
Şekil 9.32 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100, Baz İstasyonu= $\{r,0\}$ noktasında ) .....	56

## KISALTMALAR

### Kısaltmalar Açıklamalar

<b>AP</b>	Access Point
<b>CDMA</b>	Kod Bölümlü Çoklu Erişim (Code Division Multiple Access)
<b>IEEE</b>	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
<b>LP</b>	Doğrusal Programlama (Linear Programming)
<b>MAC</b>	Medium Access Control
<b>QoS</b>	Servis Kalitesi (Quality of Service)
<b>SSID</b>	Genel Ağ ismi (Service Set Identifier)
<b>TDMA</b>	Zaman Bölümlü Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access)
<b>VPN</b>	Sanal Özel Ağ (Virtual Private Network)
<b>WIFI</b>	Kablosuz İnternet Servisi (Wireless Fidelity)
<b>WLAN</b>	Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless LAN)

## SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$i, j$	Düğümlemler (0,1,...,N)
N	N: maksimum düğüm sayısı
$f_{ij}$	Düğüm i' den j' ye paket iletimi için harcanan zaman oranı
$tt$	İletim zamanı
$g_i$	Düğüm i için paket üretim oranı (AP hariç)
$e_i$	Toplam enerji
$p_{tx,ij}$	Düğüm i den j ye paket iletimi için harcana enerji
$p_{rx}$	Bir paket almak için harcanan enerji
t	Ağ yaşam ömrü
$E_{elec}$	Elektronik enerjisi,
$\epsilon_{amp}$	Amplifikatör enerjisi
$E_{tr}$	İletim için harcanan enerji
$E_{rec}$	Veri almak için harcanan enerji

## BÖLÜM 1

### 1. GİRİŞ

#### 1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez kapsamında, genel olarak kablosuz ağ teknolojileri incelenmiştir. Tezin temelini Kablosuz Algılayıcı Ağlar üzerinde yapılan çalışmalar ve bu ağlardaki yönlendirme stratejileri oluşturmaktadır. Daha önce yapılan araştırmalar incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Özellikle bu güne kadar kullanılan çözümlerin ve yaklaşımların, yaşam ömrü ve en az enerji sorunlarını çözmeye yönelik yaklaşımları üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, performans ve istatistiksel bilgiler ele alınarak sonuçlar gözden geçirilmiştir.

Kablosuz Algılayıcı Ağlar, yapısal olarak kablosuz bir ortam aracılığı ile birbirine bağlanmış çok sayıda algılayıcı düğümden oluşur. Bu düğümler kendi ağlarını organize edebilme özelliğine sahiptirler. Bu sebeple düğümler arasında daha önceden programlanmış bir ağ topolojisine gerek yoktur. Bu ağlarda, pil performansı yaşam ömrünü belirlediği için pil performansına bağlı olarak bazı kısıtlamalar ortaya çıkar. Bu sebeple algılayıcı düğümler, zamanlarının büyük bir kısmını düşük güç tüketimi ilkesine bağlı olarak “uyku” durumunda geçirirler. Diğer zamanlarda ise gelen düğüm verilerini işlerler.

Algılayıcı düğümler kendi komşu düğümlerini bilirler. Böylelikle, düğümler güç ve görev dağılımını dengeleyerek bir performans artışı gösterebilirler. Belirli bir bölgedeki çok sayıda algılayıcı düğüm bulunur. Bu düğümlerin tamamının aynı anda algılama görevini yerine getirmesine gerek yoktur. Kaynakların düğümler arasında uygun paylaşımı ve düğümler arası etkin yönlendirme yapılması bu ağlarda önemlidir.

Temel olarak eniyileme durumu için kısıtlamalar eşitlik veya eşitsizliklerden oluşur. Bu durum oluşturulurken sürekli değişkenler kullanılır ve bu değişkenler tek bir

doğrusal amaç işlevine sahip değişkenlerdir. Bu durum doğrusal program olarak adlandırılır. Doğrusal programlamada temel amaç, birçok uygun seçenek arasından belirlenmiş bir hedef için en uygun çözümün seçilmesidir.

Son olarak kablosuz ağlarda yer alan düğümler, çeşitli geometrilere sahip alanlara dağılabilirler. Bu dağılımın yaşam süresine etkisi karşılaştırılarak çeşitli parametreleri değiştirilmesi ile bu geometrilere yaşam ömrünün değişimi gözlenmiştir.



## BÖLÜM 2

### 2. KABLOSUZ AĞLAR

#### 2.1. Giriş

Kablosuz Ağlar, radyo frekansı kullanılarak birden fazla bilgisayarın ve/veya teknolojiyi destekleyen cihazın veriyi paylaşmak amacıyla bir araya gelerek oluşturdukları, iletişimin gerçekleşmesi için kablolarla gerek duyulmayan, belirli frekanslarda radyo sinyallerini hava aracılığıyla ileten, oldukça esnek ve kullanışlı bir iletişim yöntemidir.

Gün geçtikçe yaygınlaşan Kablosuz Ağ uygulamalarının sağladığı faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir [1]:

- Yer değişim yönetimi,
- Düşük maliyet,
- Kabloların oluşturduğu karmaşıklıktan kurtulma,
- Kolay işletilebilirlik, vb.

#### 2.2. Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless LANs)

Kablosuz Yerel Alan Ağlarının gelişimi günümüzde hala devam etmektedir. Yerel Alan Ağları genel yapısına bakıldığında zaman, ethernet teknolojisi ile birlikte ana bilgisayar (host) ve yönlendirici (router) ara bağlantılarından söz etmek gerekmektedir. Bu ara bağlantılar kablo ile oluşturulduğunda mesafe kısıtı ön plana çıkmaktadır. Çünkü mesafe uzadıkça kablo boyunca sinyal gücü düşmektedir. Sunucu, ana bilgisayar, yazıcı gibi ağa bağlı olan cihazların sayısı arttıkça bunlar

arasındaki ilişkilendirilmenin kablo ile yaratılmasından doğan karmaşıklık da doğrusal olarak artmaktadır.

Günümüze baktığımızda kablosuz yerel alan ağlarının hayatımıza daha fazla girdiğini görmekteyiz. Bunun sebebi, bir radyo baz istasyonunun 100-200 m uzaklığındaki istemcilerin herhangi bir ekstra protokole gerek duymadan kablosuz adaptör yardımı ile yerel alan ağına dâhil olabilmesidir.

Ayrıca kablosuz bağlantı özellikleri IEEE (Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) tarafından 802.11 Protokolü ile belirlenerek standartlaştırılmıştır.

### **2.3. Niçin Kablosuz İletişim?**

Kablosuz iletişimde bakır ya da fiber optik kablolar bulunmaz. Bu nedenle kablosuz iletişimdeki ortam sadece havadır. Ortam hava olunca da herhangi bir sınır ya da huduttan bahsetmek anlamsız olmaktadır. Bu durumda sınırı belirleyen tek şey kullanılan düğümün sinyal gücünü ulaştırabildiği en son noktadır. Eğer bu son nokta önüne bir düğüm daha konulursa böylelikle, bu sınır daha da artırılarak istenildiği kadar büyütülebilir. Ayrıca, kablolar aracılığıyla kurulan yapıların oldukça pahalı olması nedeniyle kablosuz iletişim daha etkin bir maliyet yönetimi sağlamaktadır.

### **2.4. Kablosuz Yerel Alan Ağlarında Genel Özellikler**

#### **2.4.1. Tasarım ve Çalışma Temelleri**

Her çalışma istasyonunda düzenlenmiş ve gerekli özellikleri ayarlanmış kablosuz ağ ara yüz kartları bulunmaktadır. Bu kartlar üzerinde bulunan antenler, iletişim ortamında verileri almayı ve iletmeyi sağlarlar. Bu cihazlar, alıcıların görüş açısında bulunmak zorunda olmadıkları için yerleşim olarak mümkün olduğunca merkezi

yerler seçilir. Fakat ortamda bulunan katı maddeler ve diğer bazı etmenler sinyal gücünü etkilemektedir.

Kablosuz ağlarda belirli frekanslar kullanılır. Bu frekansların bir kısmı belirli otoritelerce sertifikalı olup kullanımları bu otoriteler tarafından onaylandıktan sonra gerçekleşmektedir.

Tasarım yapılırken öncelikle, uygulama alanları büyüklüklerine göre alt alanlara ayrılır. Her bir alt alan için kablosuz düğümler direk olarak o bölgedeki veya o bölgeye en yakın kablosuz AP' ye bağlanır. Sonrasında bu cihazlar bir ana sunucuya bağlanarak yönetimi sağlanır.

#### **2.4.2. Kuvvetli Yönleri**

Her şeyden önce estetik olarak daha uygun olan kablosuz ağlar; görüntü bozukluğu, kablolama zorlukları ve gecikme sorunlarını daha az yansıtmaktadır. Özellikle kablolama yapılacak yer eski bir yapı ise veya gelecekte herhangi bir kablolama yapılabileceği düşünülmeden kullanılan bir yapı var ise bu tip bir alana gerekli kablolama düzeneğinin çekilmesi problem yaratabilir. Özellikle bu kablolanmanın yer altından ya da duvar kenarlarından geçmesi planlanıyorsa istenilen yapının elde edilmesi oldukça zahmetli bir hale dönüşebilir. Böyle bir durum için yapılacak masraf yerine daha düşük bir maliyetle kablosuz bir ağ kurulabilir.

#### **2.4.3. Zayıf Yönleri**

Kablosuz ağların en önemli problemi performans düşüklüğüdür. Çok yüksek olmayan veri hızlarında iletişim mümkündür. Bunun yanında ortamdaki materyaller iletişimi etkilerler. Özellikle metal malzemeler veri akışını negatif etkilerler. Ek olarak iletişim ortamı hava olduğu için insan sağlığına olumsuz etkileri de mevcuttur.

Bu etki, iletim hızı ve frekans değerine bağlı olarak hücrelere olan etkisi farklılık göstermektedir.

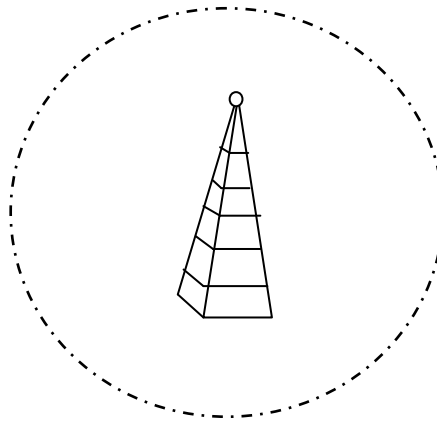
## BÖLÜM 3

### 3. TASARSIZ (AD HOC) KABLOSUZ AĞLAR

#### 3.1. Giriş

Kablosuz teknolojiler günümüzdeki iletişim ihtiyaçlarının gösterdiği değişiklikler dâhilinde oldukça yaygın bir kullanıma sahiptir. Günümüzde milyarlarca abone, kablosuz ağ sağlayıcılarından en genel hali ile veri iletişimi ve sesli iletişim gibi alanlarda hizmet almaktadırlar. Gün geçtikçe kablosuz teknolojiler daha da yaygınlaşmaktadır. Bu durumun başta gelen en büyük sebeplerinden biri, kullanılan cihazlara ödenen paranın gün geçtikçe daha da uygun hale gelmesidir.

Kablosuz ağlarda düğümler iletilecek veriyi hava ortamında elektromanyetik sinyallerin yayılımı yolu ile gerçekleştirirler. Bu durumun gerçekleşmesi için ön koşul iki düğüm arasındaki mesafenin gereksinimler dâhilinde tanımlanmış olmasıdır. Bu tanımlanan uzaklık yayılım menzili ya da kapsama alanı olarak tanımlanır. Genel olarak, kaynaklarda basitleştirmek amacıyla bu menzil dairelerle gösterilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Bir anten menzili.

Böyle dairesel bir menzilden bahsedildiği zaman önümüze çıkan ilk sorun farklı düğümlerin menzillerinin iç içe girmesidir. Bu durumda çarpışma denilen bir durumla karşı karşıya kalırız. Çarpışma, o an menzil içerisinde bulunan düğümlerden birkaçının aynı anda gönderdiği paketlerin var olan düğüme ulaşması olarak tanımlanabilir. Böyle bir durumda düğüm kendisine ulaşan paketlerin hiçbirini alamaz. Bu çarpışmalardan kaçınmak ya da en aza indirmek sistem için önemlidir. Bu amaca ulaşmak için kablosuz ağlara erişimin kontrol edilmesi gereklidir.

Bazen iletişimde bulunulacak düğüm, etkin menzilin içerisinde yer almayabilir. Böyle bir durumda, arada var olan diğer düğümler aracılığıyla bu işlem gerçekleştirilir. Aradaki diğer düğümler kendilerine gelen sinyalleri tekrarlayarak iletimini sağlarlar.

Günümüzde kullanılan 802.11 standardı ağ mimarisinde AP' ler etkin olarak kullanılmaktadır. Anten kulelerinin görevini yerine getirmek için kullanılan bu cihazlar, son makineden gelen sinyali alıp bu sinyali hedefe iletmekle yükümlüdürler. Zamanla gelişen yeni bir anlayışla AP' lerin yaptığı işten daha güvenilir bir şey yapmak için "Ad Hoc" yapısı ortaya çıkmıştır. Düğümler, ulaşmak istedikleri düğümlere giderken kendi komşularını kullanması işleci başlamıştır. Bu durum şöyle gerçekleşmektedir: herhangi bir düğüm bir trafik oluşturmak istediği zaman öncelikle kendi komşularına bu isteği anons eder, devamında her komşu da kendi komşularına bu durumu anons eder ve trafik işler hale gelir. Bu süreç var olan hedefe ulaşılan kadar devam eder.

Bu ağların en büyük avantajı, bu tip ağlarda insan etkisine gerek olmamasıdır. Bunu ortaya çıkaran sebep herhangi bir düğüme özel bir görev tanımlanmamasıdır. Bu nedenle, bu yapının karakteristik özelliği, mimarisinin simetrik olmasıdır. Yani, bu ağlardaki tüm düğümler çeşitli görevlere sahiptirler.

### **3.2. Özel Amaçlı Kablosuz Ağlarının Uygulama Alanları**

Birbirine bağlı hareket etmesi gereken çok fazla sayıda düğümün bulunduğu ortamlarda, kullanım oranı yüksek olan tasarsız ağların en sık rastlandığı uygulama alanlarından birisi savaş alanlarıdır. Bu tip askeri ortamlarda bir ağ kullanımı çok önemlidir, çünkü hem askerlerin birbiri ile iletişimi hem de devamlı hareketli olan hem kaynak hem de hedef düğümlerin birbiri ile iletişimi stratejik bir öneme sahiptir.

Bir başka kullanım alanı ise algılayıcıların çok bulunduğu ortamlarda bunların birbiri ile olan bağlantılarının etkinliğidir. Bu ortamlar endüstriyel, ticari veya askeri amaçlı olabilir. Hızlı tepkinin veya anlık bilgilendirme ışığında sonuç görmenin gerekli olduğu ortamlarda tercih edilen algılayıcılar hem erişim kolaylığı hem de çok pahalı olmayan fiyatları ile bu ağlarda tercih sebebidirler.

### **3.3. Mobil Tasarsız Kablosuz Ağlar**

Mobil Tasarsız Kablosuz Ağlar (MANET), Kablosuz Ağların bir çeşidi olarak incelenebilir. Bu ağlarda hareketli yönlendiriciler bulunur. Bu ağlar kendilerini organize ederek iletişimin gerçekleşmesini sağlarlar. Yönlendiriciler rastgele dağılabildikleri için bu yapılarda kesin bir topolojiden söz edilemez. Bu tip ağlar kendi başına ya da daha büyük bir internet ağına bağlı olarak çalışabilirler. Herhangi bir organize yapı ya da merkezsiz durumdan söz edilemez. Her düğüm kendi performansını kendisi sağlamaktadır.

### **3.4. Mobil Özel Amaçlı Ağlarda Sabit Enerji Bütçesinde Ağ Yaşam Zamanının Maksimize Edilmesi**

Mobil özel amaçlı ağlarda, düğümler arası veri paketleri uçlardaki düğümlere iletilirken, bu paketlerin iletim veya yayın alma işlemi düğümün sahip olduğu

bataryanın gücünü kullanmaktadır. Bu nedenle eğer düğümler kaynak ya da hedef değillerse enerji tasarrufunu göz önünde bulundurmalarıdır.

Bu sebep göz önünde bulundurulduğunda, bir uygun değerli bir yönlendirme yaklaşımından bahsedilmelidir. Bu yolla tanımlanmış ölçümlere göre yönlendirme tablosu daha kolay güncelleştirilebilmektedir. Fakat böyle bir yaklaşımda kullanılan en uygun yönlendirmeyi öğrenmek için kullanılan ağ akışı enerji harcanımını artırmaktadır. Bu durum istenilmeyen bir şeydir. Bir düğümün batarya tüketimi nedeniyle ağdan kopması olarak açıklanan yaşam ömrü, ilk düğüm hatası olduğu an ortaya çıkmaktadır. Bu durumdan kurtulmak için düğümlerin bataryaları bitmeden tekrar şarj edilmesi gerekir. Ağ yaşam ömründeki ilerlemeyi anlamak için herhangi bir düğüm hata vermeden önce her düğüm için ortalama ve standart sapmalar göz önünde bulundurulur [2].

### **3.5. Enerji Minimizasyonu ve Yaşam Ömrünün Maksimizasyonu**

Yönlendirmedeki enerji etkinliğini artırmak için bu ağlarda dikkat edilmesi gereken temel koşul enerjiyi minimize ederek yaşam ömrünü maksimize etmektir [3]. Toplam iletişim süresince harcanan enerjiyi küçültmemiz için düşünmemiz gereken bir diğer koşul ise batarya enerjisini minimuma indirmektedir. Düğümler yönlendirmeyi tamamlamak için “Spanning Tree”, “Multicast Tree” gibi algoritmalar kullanabilirler [3]. Son zamanlarda bu konunun bu kadar önem kazanmasının en büyük nedeni artık gündelik hayatımızda bu tür uygulamaların artmasından dolayıdır.



## BÖLÜM 4

### 4. KABLOSUZ ALGILAYICI (SENSOR) AĞLARI

#### 4.1. Giriş

Bir algılayıcı ağın temelde 3 bileşeni vardır [4]. Bunlar:

1. Çevreyi algılayan algılayıcı alt sistemi,
2. Algılanan veriler üzerinde yerel hesaplamalar yapan işleme sistemi,
3. Komşu algılayıcı düğümleri ile mesajlaşmadan sorumlu iletişim sistemidir.

Günümüzde; sismik, termal, görsel ve kızıl ötesi gibi algılayıcı türleri mevcuttur [4]. Bu algılayıcıları içeren ağ mimarisine bakınca iki büyük yapıdan bahsedilebilir. Bunlar:

1. Katmanlı,
2. Grupsal' dır.

Kablosuz algılayıcı ağları oluşumu için öncelikle çok sayıda algılayıcı gereklidir. Bu algılayıcılarda bulunan vericinin mesafesi, kapasitesi, algılayıcının gücü, maliyeti ve ortamdaki mevki önemli. Bu ağlardaki algılayıcılar herhangi bir planlanmış ağ yapısı bulunmaması nedeniyle kendilerini gruplayarak enerji tüketimlerini en aza indirmeye çalışırlar [5].

#### 4.2. Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulamaları

Sabit izleme gerektiren alanlarda kullanımı tercih edilen algılayıcı ağlar, özellikli olayların tayin edilmesinin gerekli olduğu alanlarda gözümüze çarpar. Bu ağlara, endüstriyel kullanım alanlarından başlayıp sağlık sektörüne kadar uzanan ve askeri uygulamaları da içeren çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Günümüzde, akıllı

yapılarda etkin olarak kullanılan algılayıcı ağlar bize otomatik kontrol sağlamaktadır. Sonuç olarak varacağımız nokta şudur ki: Algılayıcı ağların kullanım alanının sınırı insan zihnine bağlıdır.

### **4.3. Tasarsız Kablosuz Ağlarla Karşılaştırılması**

İki ağ için geçerli olan temel benzerlik noktası, iki ağın da birbiriyle iletişim halindeki kablosuz düğümlerden oluşmasıdır. Algılayıcı ağların içerdiği düğüm sayısı Tasarsız Ağlara göre çok daha fazla olabilir, fakat bataryaları açısından bakarsak genellikle algılayıcı ağların bataryaları tekrar şarj edilebilir değildir.

Çalışma yöntemlerine bakıldığında, algılayıcı ağlar veri merkezli olarak çalışırken Tasarsız ağlar adres merkezli çalışırlar. Kullanılan protokoller arasında da oldukça fark vardır, çünkü işleme gücü, bataryası ve hafızaları açısından bu yapılar birbirinden çok farklıdır.

### **4.4. Algılayıcı Ağlarda Güvenlik**

Birçok uygulamada kullanılan algılayıcı ağlar ekonomik olarak fazla bir yükü beraberinde getirmemektedir. Gelişen uygulamalarla ortaya çıkan algılayıcı ağ yapılarının güvenliği önemlidir. Yüzlerce belki binlerce düğümden oluşan bir yapıda her bir düğümün güvenliğini sağlamak zorunluluğu mevcuttur. Çok fazla düğümün bulunması büyük bir alanı kapsamak demek olduğu için bu da kötü amaçla atak yapmak isteyenler için fırsat yaratmaktadır [6]. Çok sayıdaki algılayıcının birbiriyle iletişim halinde olması, büyük miktarda bilginin birbiri arasındaki iletişimini gerektirmektedir. Bu iletişim açık yollu olamayacağı için kullanılan şifreleme anahtarlarının sayısı artmaktadır ve bu durumda verinin depolanması ve algılanması için yüksek performans ihtiyacı ortaya çıkmaktadır [6].

Atakların bir kısmı, direk olarak düğüme veya ağ istasyonuna zarar vermek şeklinde olabileceği gibi, bazı ataklarda ise gönderilen kullanışsız paketler gereksiz enerji harcayarak düğümün batarya ömrünü kısaltmaktadır. Hatta daha da ileriye giderek bazı durumlarda paketler sonsuz döngüye girip ağda gereksiz yer işgal etmektedir.

#### **4.5. Maksimum Yaşam Ömrü için Uygun Yönlendirme**

Güç ayarlaması seçilecek bir sonraki düğüme göre yapılmaktadır. Burada uzaklık parametresi önem kazanmaktadır. Kablosuz algılayıcı ağlarda en önemli görevlerden biri de “gateway” görevini yapan düğüme düşer [7]. En fazla güce gereksinimi olan ve en çok işlemin gerçekleştiği yer olan “gateway”, ayrıca en büyük kapsama alanına da sahiptir. Bu nedenle algılayıcı ağlarda en çok tercih edilen algoritmalar genellikle en kısa yol ya da minimum atlama algoritmalarıdır.

Bu yapılarda temel enerji tüketimi en genel haliyle iki grupta incelenebilir. Bunlardan birincisi iletim anında paketleri göndermek için harcanan enerji ve ikincisi ise herhangi bir iletişim olmadan sadece verileri algılamak ve koşulları incelemek için harcanan enerjidir. Eğer enerji tüketimi azaltılamıyorsa bu durumda yaşam ömrünü maksimize etme seçeneği önümüze gelir ki bu problem aslında bir Doğrusal Programlama (LP) konusudur [7]. Genellikle en uygun ağ yaşam ömrünü saptamak için LP’ den faydalanılır.

Yönlendirmeye göre güç harcanımı bu ağlarda değişiklik göstermektedir. Bu nedenle kullanılan algoritma çok büyük bir önem kazanmaktadır. Bir başka yaklaşım açısı da toplam enerji tüketimini minimize etmektir. Genel olarak, çevreler genellikle yaşam ömrünü maksimize etmek üzerinde durmaktadırlar. Bunun en büyük sebebi bir algılayıcı üzerindeki bataryayı değiştirmenin çok zor hata bazı özel durumlarda imkânsız olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu nedenle algılayıcı düğümlere baktığımız zaman onlar üzerindeki veri iletimi ve gelen veriyi işleme yöntemleri önem kazanmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda enerjinin büyük bölümü, özellikle video algılayıcılarında, veriyi şifreleme işinde kullanılmaktadır [8]. Kullanılan herhangi bir algoritma var olan her bir sistem için değiştirilmeden uygulanmaktadır. Bu nedenle kullandığımız algılayıcının türüne göre algoritmayı değiştirmek veya yeni bir algoritma oluşturma zorunluluğumuz ortaya çıkmaktadır.

#### **4.6. Yaşam Süresi Hesabında Uygulanacak Yöntem**

Yaşam süresi hesaplanırken ağdaki düğümlerden herhangi birinin bataryasının ilk olarak tükendiği an göz önüne alınır. Buna göre geliştirilen algoritmalar trafiği dengelemek adına önem taşırlar. Tüm bu şartlar altında problem, uygun şekilde Doğrusal programlamaya dönüştürülerek en uygun çözüm aranır. Bu çözümde temel şart yönlendirmenin en düzgün şekilde yapılmasıdır. Çözüm esnasında art arda öteleme yapılır ve her öteleme sonrasında genellikle “Bisection Yöntemi” ile uygun aramalar yapılarak akış en uygun durum kontrol edilir. Kullanılacak algoritmanın seçilmesinde en büyük etken ağın büyüklüğüdür. En etkin yönlendirme için seçilen algoritma aynı zamanda en uzun yaşam süresini de sağlayarak performansı artırmalıdır.

## BÖLÜM 5

### 5. İNTERNET BAĞLANTI NOKTASI (HOTSPOT)

#### 5.1. İnternet Bağlantı Noktası Nedir?

Gün geçtikçe kullanımına sıkça rastlanan ‘hotspot’ terimi genel olarak, halka açık yerlerde, bir kablosuz ağ için gerekli iletişim ve sinyali sağlayan bir “Access Point” cihazı ile birlikte sağlanan kapsama alanı demektir. Temel amacı kablosuz bir yapı aracılığıyla veri iletimini sağlamaktır. Bu yapıda yer alan cihazlar, sadece verilerin doğru şekilde iletilmesini sağlamakla kalmayıp daha da ötesinde paketlerin yönlendirilmesinde de etkin bir rol oynamaktadır. En büyük engeli güvenlik sorunu olan bu aktif noktalar için olası risk, diğer kablosuz algılayıcılar tarafından da paketlerin ulaşılabilir olmasıdır. Bu durumda, kötü niyetli bir kişi araya girerek sinyalleri dinleyebilir.

Bir ‘hotspot’ için kapsama alanı sinyalin elde edildiği herhangi bir yer olabilir. Bu yapılarda genellikle “mesh” topoloji kullanılmaktadır. Bu topolojinin tercih nedeni, iki ‘hotspot’ bölgesi arasında herhangi bir ayara gerek duyulmaksızın geçiş sağlanmasına elverişli olmasıdır. Bu yapılarda, özel alanlara erişim sağlanırken genellikle VPN (Sanal Özel Ağ) uygulaması yapılmaktadır. Böylelikle güvenlik artırılmış olur. Ayrıca kullanım ihtiyacı bittiğinde bu bölge içerisinde iken artık ağ ile bağlantımızı kesmek en iyi güvenlik çözümlerinden biri olacaktır.

#### 5.2. Bir Hotspot'a Bağlanmak için İhtiyaçlar

Bir aktif noktaya bağlanmak için kablosuz ağ donanımına sahip bir bilgisayara ya da böyle bir adaptöre ihtiyacımız vardır. Çevremizdeki halka açık ‘hotspot’ alanlarını “WIFI Zone Finder” aracılığıyla bulabiliriz. Kablosuz ağ donanımımız yardımı ile

saptadığımız bu alanların ilk olarak SSID sini görüp, ona göre mevcutlar arasından hangisini seçeceğimize karar veririz.

### **5.3. Hotspot Uygulama Alanları**

Genel olarak;

- Üniversiteler,
- Alışveriş merkezleri,
- Fuar alanları,
- Otel lobileri, barları, lokantaları,
- Konferans merkezleri,
- Toplantı salonları,
- Havaalanları,
- Restoranlar,
- Tren istasyonları, vb. gibi alanlarda kullanılırlar.

### **5.4. Genel Yapı**

Bu yapılarda istemciler bir alıcı gibi yer davranırlar. Eğer aynı anda gönderilen veri paketlerinin sayısı artarsa bir kuyruk oluşursa, bu kuyruk veri kalitesinde düşmeye neden olacağı gibi aynı zamanda algılayıcıların yaşam ömrünü de kısaltmaktadır. Oluşan olayların fazla olması enerji tüketimini artıracığından her olay algılayıcılarda depolanır. Olaylar mümkün olduğunca algılayıcılara eşit dağıtıldığı için her algılayıcının depoladığı olay kendisi tarafından meydana getirilen bir olay olmayabilir [9]. Bunu önlemenin en kolay yollarından biri, algılayıcıların dağılımı iyi yaparak kuyruk oluşumu ve dolayısıyla ‘hotspot’a yer vermemektir.

Bu yapılara erişim genellikle ücretsiz olarak verilmektedir [10]. Bu yapıların bulunduğu yerlere baktığımızda önümüze ilk çıkan yerler arasında havaalanları,

alışveriş merkezleri, oteller gibi insanların genellikle kısa süreli konakladığı yerler mevcuttur. Bu yerlerde ana istasyon istemcilere oldukça yakın olduğu için ve kullanıcılar en çok internette gezinti veya elektronik postalarına bakmak amaçlı bu yapıları kullandıkları için veri kalitesinde çok fazla bir kayıp olmamaktadır [10].

Genellikle veri kalitesinin önemli olduğu bu yapıda bir sunucu bulunmaktadır ve bu sunucu “radius” işlemi yapmaktadır [10]. Ayrıca bu sunucu üzerinde gereksinimleri karşılayacak bazı uygulamalar çalışmalıdır. Örneğin, bu yer bir havaalanı ise uçuş akış planına kullanıcılar zahmetsizce ulaşabilmelidirler, ya da bu yer bir alışveriş merkezi ise mağazaların konum bilgilerine erişimin kolay olması gerekmektedir [10]. Tüm bu işlemler yapılırken en önemli göz önünde bulundurulması gereken nokta ise akışın tek bir “Access Point” üzerinden olmasını engellemektir. Çünkü bu durum trafiğin sadece bu kanaldan akması anlamına gelmektedir.

Bu yapılarda dağılım gelişi güzel olduğu için “QoS” konusunda bir yetersizlikten bahsedilmektedir [11]. Bunun önüne geçmek için yapılması gereken şey, bir giriş kontrolü sağlayarak erişime izin verilen yapıların belirlenmesidir. Bunun için geliştirilen algoritmalar mevcuttur ve böylelikle veri akışının kötüye gitme olasılığı azaltılabilir.

Artık insanların caddelerde yürürken bile internet uygulamalarına erişim gereksinimleri ortaya çıkabildiği için [12] ‘hotspot’ sağlayıcıların da belirlenmesi gereken kurallar ve alması gereken güvenlik önlemleri mevcuttur. Bunu elde etmenin yollarından biri, bir sağlayıcının herhangi bir kullanıcının istekte bulunduğu zaman önüne çıkarabileceği bir seçenekler menüsüdür. Kullanıcı buradan kendine sunulmuş bir veya birkaç seçenektan uygun olanını seçerek ücretli veya ücretsiz bir erişim elde edebilir. Kullanılabilecek bir sunucu ile kullanıcı önüne çıkarılabilecek bir ara yüz yardımı ile ve işleyişi ayarlanan bir “radius” sunucu ile bu işlem kolay ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Günümüzde tüm kablosuz operatörler “CDMA” kullanarak daha etkin bir yapıda işlemektedirler [13]. Bu yapılarda etkinliği artırmak için tekrarlayıcılar

kullanılmaktadır. Bu cihazlar merkez - uçbirim bağıını etkin hale getirmektedir. Bu bağı kapasiteyi belirlemektedir. Tekrarlayıcılara (“repeater”) ulaşmak kolay ve fiyatları oldukça ucuzdur. Bu nedenle tekrarlayıcılar etkin olarak ağılarda kullanılmaktadırlar. Ayrıca tekrarlayıcıların kullanımı ile bu yapılardaki ölü alanlarında önüne geçilebilmektedir. Tekrarlayıcı kullanımı ile kapsama alanını da artırmak mümkündür. Kapasitenin artması yönünde olumlu etki gösteren tekrarlayıcılar sayesinde, bağılaşım kaybını düşürerek komşu hücrelerden gelen sinyallerin daha güçlü bir şekilde mevcut sisteme etkisini artırmaktadır.

Hücresele ağılarda eğer yapı küçükse çok fazla sorun yaşanmamakla birlikte, alan büyüdükçe frekans değışim aralıkları da performans açısından bu yapılarda göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğın, video iletimi sırasında değışen frekans aralığı bant genişliğine de etki etmektedir [14]. Ayrıca küçük alanlarda fazla sayıda istemci bulunması “QoS” a olumsuz etki etmektedir. Bu nedenle bu yapının tasarım aşamasında, öncelikle doğrusal dağılımı olmayan bir trafik göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yolla herhangi bir yoğunlaşma durumunda yedekte bekleyen uygun kanallardan bazıları kullanıma geçirilerek performansın etkin şekilde devamı sağlanabilir [14].

Bu yapılarda genel olarak sistem performansından ödün vermemek için dinamik yönlendirme kullanılır. Böylelikle ortalama gecikme zamanı kısalarak sistem verimi artırılır.

Ayrıca anten yönündeki değışikliklerle de sistem verimini artırıcı etki yapılabilir. Bir bölgede bulunan antenler için günün yoğun olduğı saatlerde yoğun olan bölgeler dinamik olarak yön değıştiren antenler yardımı ile sistem performansı olumlu yönde artırılabilir [15].



## BÖLÜM 6

### 6. AZALTMA (MITIGATION) PROBLEMİ

#### 6.1. Genel Bakış

Kablosuz yapılardaki kanallar iletişimde rol oynarlar [16]. Kanallardaki karmaşıklığın azalması ve elde edilecek iyi bir performans uygun bir yaklaşım gerektirir. Temel amaç, alınan sinyallerin kalitesinin ve yoğunluğunun kabul edilebilir düzeyde olmasıdır. Kablosuz ağlarda, problemlerin azaltılması ve kanal etkinliğinin artırılarak karmaşıklığın ve sistem problemlerinin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için kaynaktan gelen sinyallerin güçlü olması gerekmektedir. Aynı zamanda bu artış için kullanılan hafızanın da büyük olması gerekmektedir.

Ayrıca tasarsız ağlarda en önemli risklerden biri olan solucanlara da dikkat etmek gerekmektedir. Bu nedenle, güvenliğin artırılarak sistemdeki risklerin azaltılması önemlidir. Performans gereksinimleri karşılanırken solucan yayılımını minimize edecek tekniklerinde göz önünde bulundurulması şarttır. Eğer genel olarak birbiri ile iletişimde bulunan kanalların kendi aralarındaki ilişkileri yönetilebilirirse riskleri azaltma yolunda önemli bir adım atılmış olunur [17].

#### 6.2. Uygulama Stratejileri

Çok atlamalı kablosuz ağlarda, çoktan bire yapılı trafik örüntülerinde görülen problemlerin kaynağı algılayıcılar arasındaki enerji dağılımının istikrarlı olmamasıdır [18]. Eğer ağdaki düğümler için iletim alanının sabitlendiği düşünülürse her düğüm kendisine gelen veriyi bir an önce iletmek isteyeceği için alıcıya en yakın düğümlerin yaşam ömrü mesafenin etkisi ile daha erken bitecektir. Bunun önüne geçmek için düğümlerin kullandığı enerjiler kontrol altına alınarak alıcıya yakın olan düğümün

daha önce ölme eğiliminin önüne geçilmiş olur. Her düğümde gerçekleşen işlemin gerektirdiği kadar enerji harcaması sağlanabilirse etkin bir enerji yönetimi sağlanabilir [18].

Ağ tasarımcıları için en can alıcı konulardan birisi aktif yaşam ömrünü artırıcı bir protokol tasarlamaktır. Tek başına enerji harcamasının minimize edilmeye çalışılması etkin bir sonuç getirmeyecektir. Uygun bir iletim aralığı bulunabilir ise bu durumda enerjiyi en etkin kullanımdan söz edilebilir.

Eğer çoktan bire yapısında bir ağ varsa, bu durumda, enerjiler arasındaki dengesizlik önemli hale gelir. Burada var olan düğümler üzerinden çok fazla trafik geçeceği için bu düğümlerin yaşam ömrü çok daha hızlı tükenecektir. Burada çözüm üretmek için kapsama alanı üzerinde ayarlamalar yapılabilir. Bu çözüm bazı durumlarda işe yaramakla birlikte yine de bazı düğümlerin etkin olarak kullanılmaması göz önünde bulundurulmalıdır. Sadece erişim alanları problemlerini azaltmak amacı güdülecekse bir grup yapısı ile düğümler çalıştırılabilir. Bu bizi önümüze tek bir veri tipini algılayan düğümlerin kullanılmasına iter ki bu düğümler standart düğümlere göre oldukça pahalıdır.

### **6.3. Çözüm için Yaklaşımlar**

Kablosuz ağlarda, harcanan enerjiyi azaltmanın en verimli yollarından birisi de gruplama yapılarıdır("cluster") [19]. Eğer analitik olarak bu yapının büyüklüğü ve gruplamaların sayısı saptanabilirse bu durum için yapacağımız bir tasarım ağ yaşam ömrünü artıracak özellikte olacaktır.

Eğer ağı gruplara ayıracak olursak her grubun başında bir tane düğüm bulunmalıdır. İşlem süresince ilk olarak gruptaki tüm düğümler veriyi bu ana düğüme gönderirler. Bu düğüm aracılığıyla veri baz istasyonuna iletilir. Tabii ki bu durum yerine düğüm direk olarak verisini baz istasyonuna gönderebilir Ama çoklu atlama kullandığımızda enerji etkinliğinden daha fazla söz edilebilir. Baz istasyonuna yakın olan grup başı

düğüm üzerinde daha fazla trafiğin akması bu yapının olumsuz yanlarından birisidir. Bu durumda yine ‘hotspot’ yapısı oluşur ve böylelikle yine bu düğümlerde enerjinin fazla harcanması nedeni ile yaşam ömrünün kısalması sorunu ortaya çıkar. Bu yapının istenilen duruma ulaşması için grup başı düğümlerin çevresinde oluşan aktif nokta alanının belirlenmesi ve eğer ağda gruplama yapılacaksa bu gruplama için en uygun sayının saptanması gerekmektedir.

Baz istasyonuna yakın algılayıcılar daha fazla iletim işi ile uğraşmaları sebebiyle bu pozisyonda bulunan algılayıcılarda ‘hotspot’ meydana gelme olasılığının çok daha fazla olduğu bilinmektedir. Bunu azaltmanın en kolay yolu ise ucuzlayan fiyatları ile daha fazla algılayıcı düğümü işleme sokmaktır. Eğer bu algılayıcı düğümleri baz istasyonun çevresine yerleştirirsek böylelikle daha az oranda aktif nokta durumu ile karşılaşmış oluruz. Burada en önemli nokta ne kadar ekstra düğümün eklenmesine karar vermektir.

Eğer ‘hotspot’ olayını daha erken seviyelerde ölen düğümlerin oluşması olarak tanımlayacak olursak, yaşam ömrünü artırmak için ekstra düğüm eklenmesi problem çözümüne yardımcı olacak yollardan birisidir [20]. Burada kullanılan model temel olarak sürekli algılayıcı ağları tanımlamaktadır ve çalışma şekli olarak belirli aralıklarla veriyi baz istasyonuna iletmeyi benimsemektedir.

## BÖLÜM 7

### 7. LİNEER PROGRAMLAMA

#### 7.1. Lineer Programlama Nedir?

Günümüzde, birçok alanda kullanılan Doğrusal Programlama kaynakların en uygun dağılımını hedefleyerek karı maksimize ederken maliyetleri de minimize eden bir tekniktir. Genellikle ‘optimizasyon’ problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır [21].

Doğrusal Programlama, 1947’ de, George Dantzig’ in “Simplex Algoritma”yı bulması ile Doğrusal Programlamanın kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde ilk akla gelebilecek kullanım alanları; bankacılık, eğitim sektörü ve askeriye gibi alanlardaki ‘optimizasyon’ problemlerinin çözümüdür.

Doğrusal Programlama ( LP ), bir matematiksel tekniktir ve özünde var olan şey değişkenlere ve kısıtlara bağlı kalarak amaç fonksiyonunu en uygun şekilde elde etmeye çalışması yatmaktadır.

#### 7.2.Simplex Metodu

Genellikle gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde fazla sayıda değişken mevcuttur. Değişken sayısının üçten az olması durumunda mevcut sorun “Grafik yöntemi” ile çözülebilirken sayının artması durumunda bu yöntem ihtiyaçlara cevap verememektedir. İşte bu nedenle 1947 yılında George Dantzig tarafından geliştirilen bu yöntem bu tür ihtiyaçlara cevap verecek nitelikte günümüzde kullanılmaktadır. Bu yöntem ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri’ nde kullanılmıştır.

“Simplex Metodu” hesaplama sürecine bakıldığı zaman bir dizi ötelemeden söz edilir. Burada yapılan şey aslında bir çeşit tekrarlama değildir. Amaç en uygun sonuca ulaşmak olduğu için belirli kurallar ve sıralamalar çerçevesinde bazı hesaplamalar tekrarlanarak yapılmaktadır. Bu tekrarlamalar neticesinde sonucu daha fazla yaklaşırlar.

### **7.3. LP için Çeşitli Varsayımlar ve Tanımlar**

Sağlanması gereken varsayımlar [22]:

#### **7.3.1. Doğrusallık ve Toplanabilirlik**

Bir Doğrusal Programlama modeli için amaç fonksiyonunun karar değişkenlerinin bir doğrusal fonksiyonu olması gerekmektedir. Bu durumda, amaç fonksiyonuna her karar değişkeni için yapılan gerekli eklemeler karar değişkenlerinin değerleri ile doğru orantılıdır. Yani, bir karar değişkeninin katkısı, diğer karar değişkenlerinin yaptığı katkıdan bağımsız olarak yer almaktadır.

Kısıtlar için yerine getirilmesi gereken bazı gerekçeler vardır. İlk olarak, her değişken, her kısıt için kendi değeriyle doğru orantılı katkı yapar. Bu nedenle de bir değişkenin yaptığı katkı diğer değişkenlerden bağımsızdır.

#### **7.3.2. Bölünebilirlik**

Her karar değişkeni ondalıklı bir sayı olabilir. Fakat bazı durumlarda bu durum anlamlı olmamaktadır. Bu tip problemleri çözerken tamsayı programlama yöntemi kullanılmaktadır.

### 7.3.3. Kesinlik

Sonucun güvenilir olması için tüm parametrelerin kesin olarak bilinmesi gerekmektedir.

Amaç fonksiyonu; karar değişkenlerinin oluşturduğu problemi maksimize ya da minimize etmeye çalışılan fonksiyondur.

Çözüm aşamasında, her karar değişkeni için kısıtlar tanımlanır. Bu kısıtlar, bir doğrusal eşitlik ya da doğrusal eşitsizlik şeklinde ifade edilebilmelidir. Ayrıca her değişken için bir işaret sınırı belirlenmelidir.

## 7.4. Örnek Problem Çözümü

### 7.4.1. Problem

Bir firmada A ve B gibi iki tip ürün bulunmaktadır. 1 ölçü A ürününün maliyeti 160 YTL, 1 ölçü B ürününün maliyeti ise 240 YTL' dir. Gelen bir sipariş için en az 6 ölçü A ve en az 2 ölçü B ürünü üretilmelidir. A ve B ürünlerinde kullanılan hammaddelerden bir tanesinin sınırı vardır. Bu sınır, bu madde için 30 gr.' dır. A ürününün bir ölçüsünde bu hammaddeden 3 gr. ve B' nin ölçüsünde de 5 gr. gerekli olmaktadır. Amacın toplam maliyeti minimize etmek olduğu bu firma için A ve B ürünlerinden kaçar ölçü üretmesi gerekmektedir.

### Çözüm: Kurulacak Model

**Problemde karar değişkenleri,**

$x_1$  = Üretilecek A ürününün miktarı

$x_2$  = Üretilecek B ürününün miktarı

**Minimize edilmek istenen toplam maliyet:**

$$160x_1 + 240x_2$$

**İstenen gerekli minimum miktar:**

$$x_1 \geq 6$$

$$x_2 \geq 2$$

**Hammadde kısıtlayıcısı:**

$$3x_1 + 5x_2 \leq 30$$

**Minimizasyon modeli:**

$$\text{Min } z = 160 x_1 + 240 x_2$$

$$x_1 \geq 6$$

$$x_2 \geq 2$$

$$3x_1 + 5x_2 \leq 30$$

$$x_1, x_2 > 0$$

## **7.5. Lineer Programlamada Teknik Sorunlar**

### **7.5.1. Uç Noktalar**

Tüm sınırlamalar değiştirilmeden kar oranı değiştirilmek istendiğinde yeni bir en uygun çözüm elde edilir. Hangi durumda en uygun çözüm bulunursa bulunsun bu çözüm köşe noktalarının birinde yer almaktadır.

### **7.5.2. Çözumsuzlük**

Bu durum matematiksel bir çözüm alanı oluşturulamaması durumunu ifade etmektedir. Bu durumun oluşması için tüm kısıtlamalara rağmen oluşan çözüm kümeleri için ortak kesitin boş küme olması gerekmektedir.

### **7.5.3. Sınırsızlık**

Bu durumda çözüm, kısıtlamaların tamamına uyması halinde sonsuz değer almasını ifade etmektedir. Genelde bu durumla karşılaşıncı problemi tekrar doğru ifade etmek için yeniden üzerinde çalışılır. Bu durumun bir kar problemi olduğu düşünülürse herhangi bir firmanın sonsuz büyüklükte kara ulaşması imkânsızdır.

### **7.5.4. Gereksiz Kısıtlamalar**

Çözümü etkilemeyen fakat çözüme gereksiz yük getiren bir durumdur. Örneğin bir mal üretimi en fazla A birim yapılması mümkün iken bunun problemin ilerleyen aşamalarında  $A+X$  birimle sınırlandırılmasının herhangi bir anlamı bulunmamaktadır.

### **7.5.5. Birden Fazla En Uygun Çözüm**

Hedef fonksiyonu ile eş-kar doğrularına bakılır. Eğer aynı eğimi sahip bir durum varsa bu durumda birden fazla çözümden bahsedilebilir. Bu durum firmanın üretim aşamasında istediği birleşimi ve dağılımı seçebilmesine olanak sağlar.



## 7.6. MATLAB Programı ve LP

MATLAB' ın "Simulink" araç kutusunda bu konuda daha önceden hazırlanmış fonksiyonlar yer almaktadır. "simlp" şeklinde kullanabileceğimiz bu fonksiyon Doğrusal Programlama modelinin çözümünün yerine getirilmesi için kullanılır [23]. Ayrıca "Optimization" araç kutusunda "linprog" isimli fonksiyon yine benzer şekilde çalışmaktadır.

Genel olarak MATLAB programında kullanımı:

$X = \text{SIMLP}(f, A, b)$  şeklindedir.

Bazı problemlerin çözümünde el ile uğraşmak çok fazla eşitliği tek tek yazmak her bir değişken için gerekli parametreleri ayarlayıp çözüme ulaşmak zor olabilmektedir. Böyle durumlarda MATLAB gibi bir program yardımıyla bu çözüme daha kolay ulaşılabilir.

Bir diğer fonksiyon ise "simplex2p" olup "Simplex Metodu" aracılığıyla Doğrusal Programlama probleminin çözümünde kullanılır [23].

## BÖLÜM 8

### 8. ÇOK ATLAMALI (MULTI-HOP) YÖNLENDİRME

#### 8.1. Çok Atlamalı (Multi-Hop) Kablosuz ‘Hotspot’ Ağlar

Bu ağların kullanım amacı temel olarak kapsamı alanını artırabilmektir. Bu ağlardaki durum genel olarak bazen mobil istemcilerin direkt olarak baz istasyonuna ulaşamamasından kaynaklanır [24]. Böyle zamanlarda bu istemci başka bir düğüme bu iletişimi sağlaması için güvenmek zorundadır. Bu istemcileri paketlerini baz istasyonuna iletecek olan düğüm ise baz istasyonuna en yakın olandır.

Bu yapılarda, çok kanallı MAC Protokolü kullanmanın avantajları vardır [25]. Eğer tekli kanal protokol kullanılırsa çıkış bant genişliğine göre limitlenmiştir. Bu durumda çoklu kanal kullanılırsa bu durumda çıkış artırılabilir. Ayrıca tekli kanal kullanıldığında daha fazla gecikme olur. Bunun sebebi çoklu kanal yapısında çarpışma durumunun daha fazla önüne geçilmiş olunmasıdır. Servis kalitesini sağlamak tekli kanal yapısında çoklu kanala göre daha zordur.

#### 8.2. Yapı ve Probleme Yaklaşım

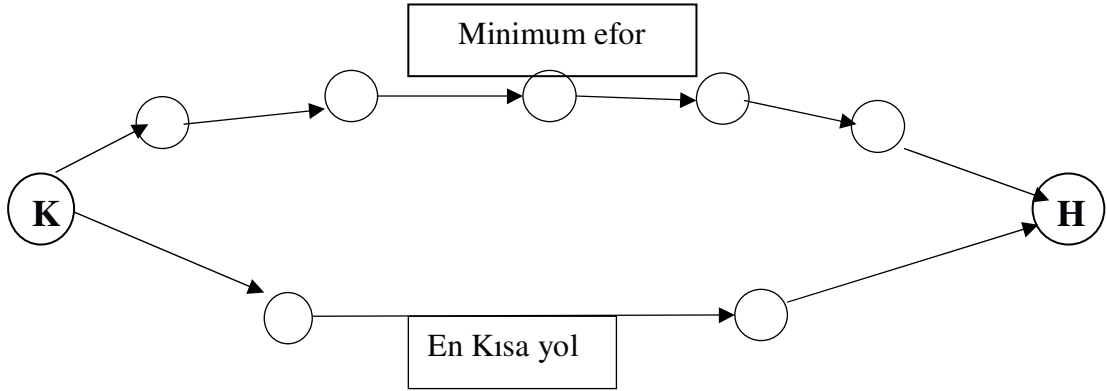
“Multi-Hop” yapılarda genellikle birkaç tane kablosuz erişim düğümü ve çok sayıda kendini yöneten, pille çalışan taşınabilir düğümler bulunur [26]. Düğümler arasındaki iletişimin esnek olması servis kalitesini artıran bir parametredir. Bunun yanında bir diğer özellik ise yaşam ömrünü artırmaktır. Bu iki parametre aynı anda optimize edilemez.

Örneğin amaç yaşam ömrünü maksimize ederekten bir en uygun durum elde etmekse genel olarak yaklaşım:

- Maksimum “Yaşam ömrü”
- Akış denge kısıtları
- Enerji Harcanım Kısıtları
- Ortam Kısıtları
- Yaşam ömrü Kısıtları

Şeklinde olacaktır. Bu kısıtlarla ilgili yapı oturtulduktan sonra problem uygun yolla çözümlenerek gerekiyorsa benzetimi yapılabilir.

Eğer paketin izleyeceği yol kısaysa genellikle daha önceden seçilmiş bir yol kullanılır. Özellikle bazı ağlarda ön gereksinim veri transferine başlamadan önce bağlantının varlığının sağlanması yönündedir. Böyle durumlarda var olan teknoloji hedefe giden yolları tarayacak bir algoritma ile çalışabilir. Bulduğu uygun yol sayısı birden fazla ise en fazla gereksinimi karşılayan yolu seçecek şekilde tasarımı yapılabilir [27].



Şekil 8.1 Kablosuz Ağlarda Yönlendirme

## BÖLÜM 9

### 9. YAPILAN İŞLER

#### 9.1. Giriş

Enerjinin büyük bir kısmının radyo frekansları tarafından harcandığına daha önceki bölümlerde değinilmiştir. MAC katmanında kullanılan TDMA yapısı bu enerji harcamasını azaltmak için yer alır. Ayrıca bu yapı sayesinde çarpışmalarında önüne geçilmeye çalışılır. Her düğüm için iletilmesi ve alınması gereken paket sayısı aynı değildir. Bu nedenle her düğüm için enerji harcaması değişiklik gösterir. Çok enerji harcayan düğümler daha erken ölürlür. Bu durumun oluşması ise ağın etkinliğini azaltır.

Yapılan incelemelerde görülmüştür ki en etkin yönlendirmeyi sağlamak için çok fazla sayıda protokol tasarlanmış ve çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Trafik dağılımı için de birçok ölçüt belirlenmiştir. Bu ölçütler arasında her paket için harcanan çabayı azaltmak, düğümler için toplam gücü minimize etmek gibi konular da yer almaktadır. Bu problemlerin çözümünde genellikle LP' ya başvurulmaktadır.

Bu tezde geliştirilen program aşamasında bir AP ve değişken sayıda algılayıcı düğüm kullanılmıştır. Kullanılan bu düğümlerin sabit hızda veri ürettiği kabul edilmiştir. İletim olmadığı zaman düğümlerin uyku moduna geçtiği ve gereksiz enerji harcamadığı kabul edilerek yaşam ömrü, ilk düğümün ölecek ağıdan ayrıldığı an olarak tanımlanmıştır.

Bir kablosuz algılayıcı ağda temel olarak paketler çok sayıda algılayıcı düğümden birkaç tane veri toplayıcısına doğru iletilirler. Enerji etkinliğinin önemli olmasının temel nedeni düğümlerin bataryalarının tekrar şarj edilmesinin pratik olmamasından kaynaklanır. Düğümler arasındaki mesafenin uzaması sonucunda iletim için gerekli

enerji artacağından bu enerjiyi minimize etmek bir ağ için önemlidir. Çünkü iletim enerjisi çoklu yönlendirmeyi etkilemektedir.

## 9.2. Sistem Modeli

İki temel parametre ile ilgilenilmiş ve bu parametreler doğrultusunda modellenen Doğrusal Programlama formülleri incelenmiştir. Bu sistemlere bakılacak olunursa [28]:

### 9.2.1. Minimum Yaşam Ömrünü Maksimize Etmek

Maksimum:  $t$

Kısıtlar dâhilindeki eşitlik ve eşitsizlikler:

$$i, j \in [1, N] \text{ için } f_{ij} \geq 0$$

$$(i, j) \notin E \text{ için } f_{ij} = 0$$

$$i \in [2, N] \text{ için } \sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} = g_i \quad \forall i$$

$$i \in [2, N] \text{ için } t(\sum_j p_{tx,ij} f_{ij} + \sum_j p_{rx} f_{ji}) \leq e_i$$

### 9.2.2. Toplam Enerji Harcanımını Maksimize Etmek

$$\text{Maksimum: } \sum_j = 2^{e_j}$$

Kısıtlar dâhilindeki eşitlik ve eşitsizlikler:

$$i, j \in [1, N] \text{ için } f_{ij} \geq 0$$

$$(i, j) \notin E \text{ için } f_{ij} = 0$$

$$i \in [2, N] \text{ için } \sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} = g_i \quad \forall i$$

$$i \in [2, N] \text{ için } t(\sum_j p_{tx,ij} f_{ij} + \sum_j p_{rx} f_{ji}) \leq e_i$$

### 9.2.3. Kısıtların Anlamları

Harcanan zaman negatif olamayacağı için  $f_{ij}$  oranı da en düşük 0 (sıfır) değeri alabilir. 0 değerini alması iki düğüm arasında iletişim olmadığını gösterir. Yani akış negatif olamaz.

İkinci kısıtta anlatılan şey düğümler arasındaki iletişimi sağlayacak bağlantı yoksa bir akıştan söz edilemeyeceğini anlatmaktadır.

Üçüncü kısıt, her düğüm için dışa çıkan akış değerinin paket üretim oranı ve iletim zamanı değerlerinin çarpımına eşit olduğunu gösterir. Bu durum sadece AP için geçerli değildir.

Dördüncü kısıtta bahsedilen ise herhangi bir düğüm tarafından harcanan toplam enerjinin ağ yaşam ömrü süresince kullanılan toplam enerjiden daha az olması zorunluluğudur.

$t'$  nin maksimum olma durumu tüm düğümler canlı iken gerçekleşmelidir.

### 9.3. Benzetim (Simülasyon) Öncesi

Enerji durumu iki yönlü incelenir.  $d$  uzaklığında bir düğüme 1-bitlik veri iletmek için, harcanan enerji ("Power Model") [28]:

$$E_{tr} = E_{elec} + \epsilon_{amp}d^4$$

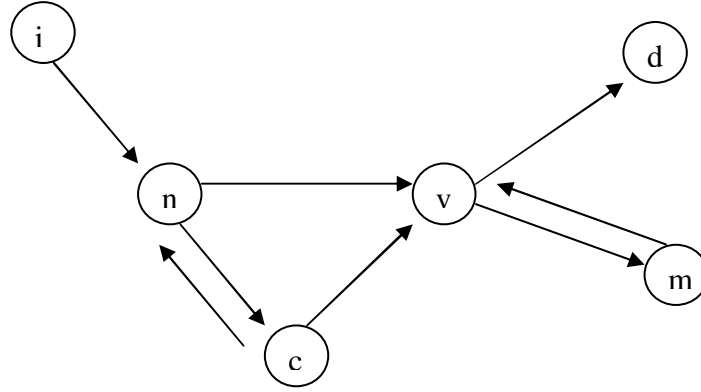
1-bit veri almak için ise:  $E_{rec} = E_{elec}$

Bir benzetim yapılmasının temel amacı en uygun iletim yaklaşımını anlamak için enerji dağılımını görmektir. Düğümler dairesel bir alana rastgele dağıtılmış şekilde incelenmiştir. Mümkün olan en fazla değişken sabitlenerekten yaşam ömrü maksimize edilmeye çalışılmıştır.

## 9.4. Çeşitli Modeller İçin Şekiller

### 9.4.1. Kablosuz Ağ Modeli (Wireless Network Model)

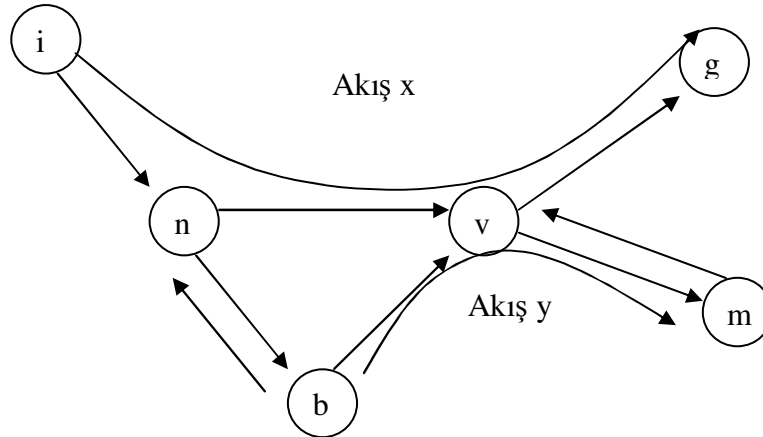
Her bir düğüm bir veya birden fazla düğüm ile iletişimde bulunabilir. Bu iletişim sadece paket gönderme veya alma olabileceği gibi çift yönlü de olabilir.



Şekil 9.1 Kablosuz Ağ Modeli.

### 9.4.2. Trafik Modeli (Traffic Model):

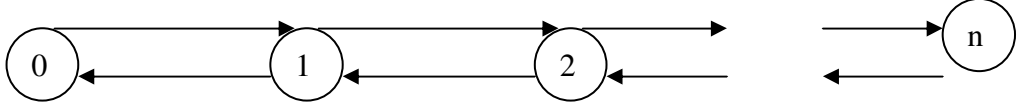
Bir düğümden diğer düğüme gidecek trafik önceden belirlenebilir. Bazı özel amaçlı ağlarda bu model tercih edilmektedir.



Şekil 9.2 Trafik Modeli.

### 9.4.3. Stokastik Modeli (Stochastic Model)

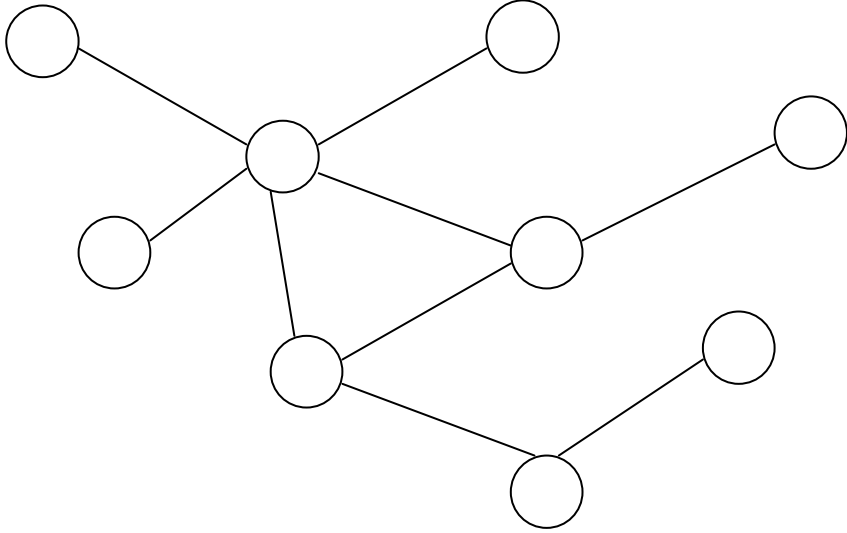
Akış modeli olarak da karşımıza çıkabilecek bu modelde her düğüm arasındaki iletişim ve etkinlik önemlidir.



Şekil 9.3 Stokastik Model.

### 9.4.4. Ağ Modeli (Network Model)

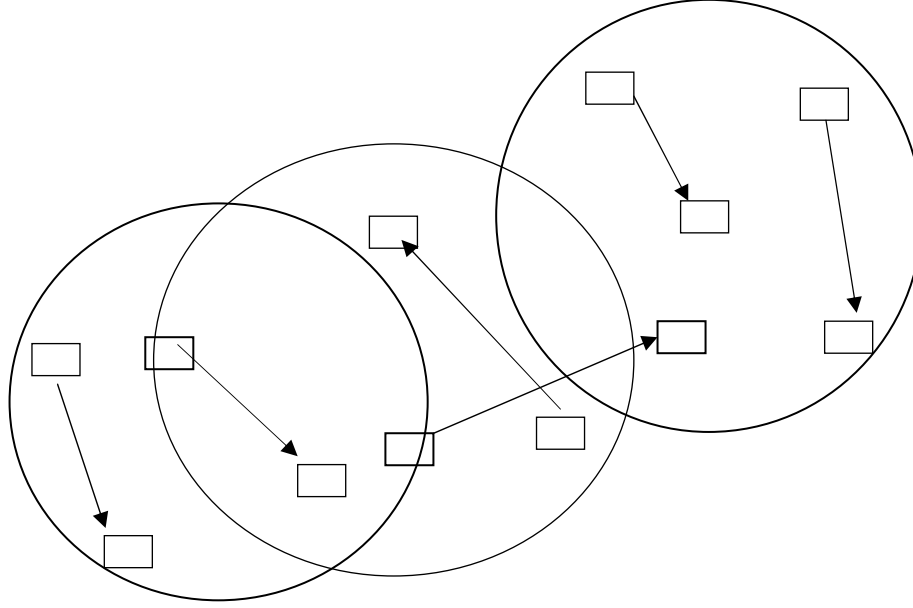
Düğümün birbirine nasıl bağlandığını gösteren modeldir. Bir düğüm ağ üzerinde herhangi bir düğüme bağlı değilse o düğüm ağa ait üyelerden değildir.



Şekil 9.4 Ağ Modeli.



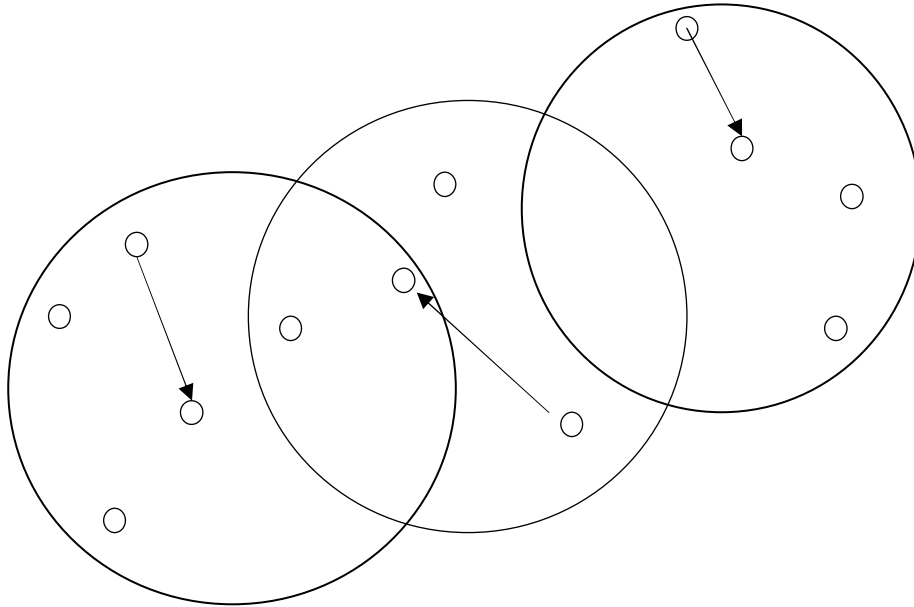
#### 9.4.5. Spektrum Paylaşım Modeli (Spectrum Sharing Model)



Şekil 9.5 Spektrum Paylaşım Modeli.

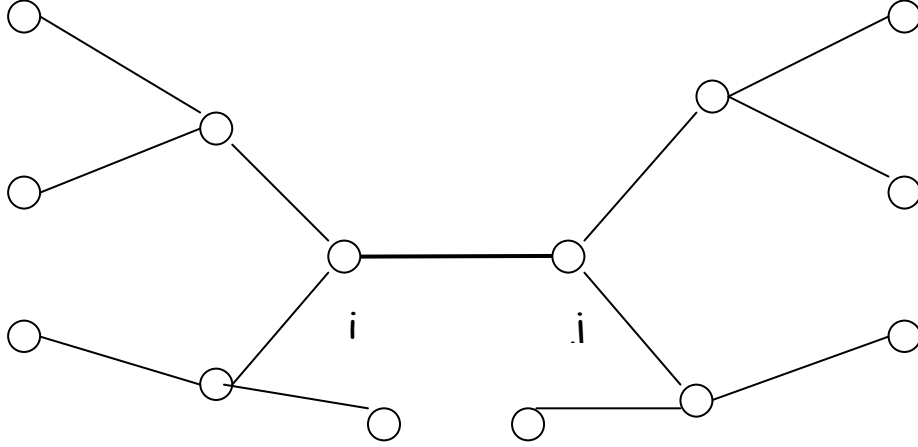
#### 9.4.6. Basit Çarpışma Modeli (Simple Collision Model)

Düğümleler arası veri paketleri aynı anda gidip gelmeye çalışırken bir çarpışmaya uğrarlar ve bu durumda bu paketler kaybolabilirler.



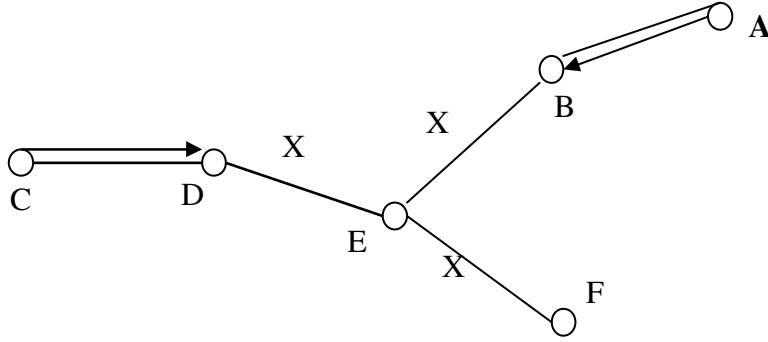
Şekil 9.6 Basit Çarpışma Modeli.

#### 9.4.7. 802.11 Modeli



Şekil 9.7 802.11 Modeli.

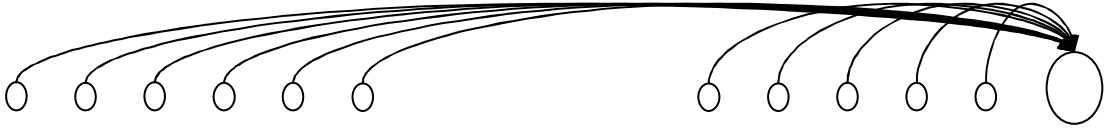
#### 9.4.8. Greedy İletim (Greedy Forwarding)



Şekil 9.8 "Greedy" İletim

#### 9.4.9. Direk İletim (Direct Transmission)

Bu yapıda düğüm direk olarak AP ile iletişim sağlar. Sayıdan bağımsız olarak tüm düğümler kendi paketlerini kendileri yönlendirir. Yakın olan düğüm için bu iş kolaydır, fakat uzak olan düğümlerde yaşam ömrü problemleri meydana gelmektedir.



Şekil 9.9 Direk iletim.

#### 9.4.10. Sonrakine Sıçrama (Next Hop)

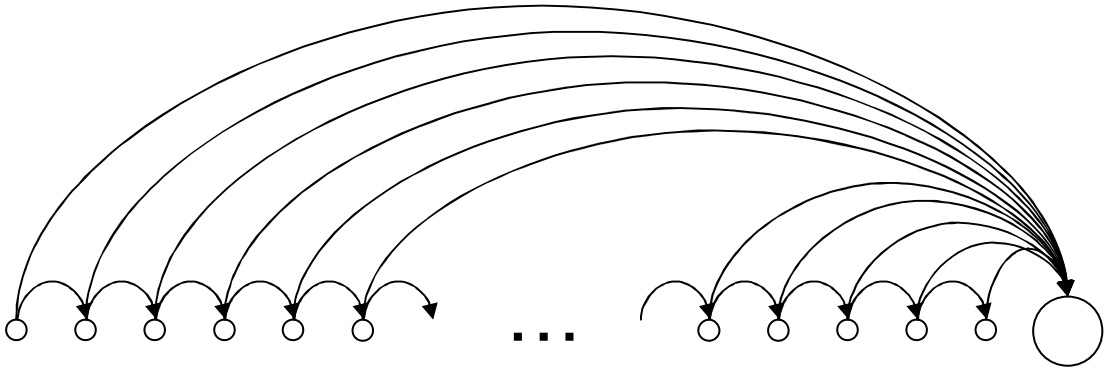
Her düğüm hem kendi verisini hem de diğer düğümlerden gelen verileri bir sonraki düğüme iletmekle yükümlüdür. Aradaki herhangi bir düğümdeki sorun ondan önceki tüm düğümlerin iletişimini etkilemektedir.



Şekil 9.10 Sonrakine Sıçrama.

#### 9.4.11. Bölünmüş İletim (Split Transmission)

En avantajlı iletim şekillerinden birisidir. Duruma göre düğüm bir sonraki düğüme ya da direk olarak AP' ye olan iletişimi seçer. Böylelikle ortada bulunan herhangi bir düğümün sorunu diğer düğümleri olumsuz etkilemez.



Şekil 9.11 Fiziksel ve mantıksal katman arasındaki ilişki.

## 9.5. Elde Edilen Sonuçlar

### 9.5.1. Düğüm Sayısının Etkisi

Mevcut program düğüm (node) sayısının değişen değerleri için grafiklendirilmiştir. Bu grafikte amaçlanan şey, aynı kapsama alanında düğüm sayısının artması yaşam ömrünü azaltacağı yönündedir. Elde edilen sonuç beklentiyi karşılamıştır. Belirli bir alana gerekenden daha fazla düğümü koymak bu alan için yaşam ömrünü azaltacaktır. Bu nedenle tasarım aşamasında ortam özellikleri iyi belirlenerek gerekli en uygun düğüm sayısına karar verilmelidir. Düğüm sayısı 2-24 arasında 2'şer birim artırılarak grafik oluşturulmuş ve kapsama alanı 50 olarak sabitlenmiştir.

Y eksenini yaşam ömrü değerini göstermektedir, birimi 'bits/Joule'dir. X eksenini ise Düğüm Sayısını göstermektedir. Lineer bir düzlemde hesaplama yapılmıştır. Tüm düğümlerin arasındaki uzaklık sabittir. Düğümlerin X boyutu değişirken Y boyutu aynı kalmıştır.

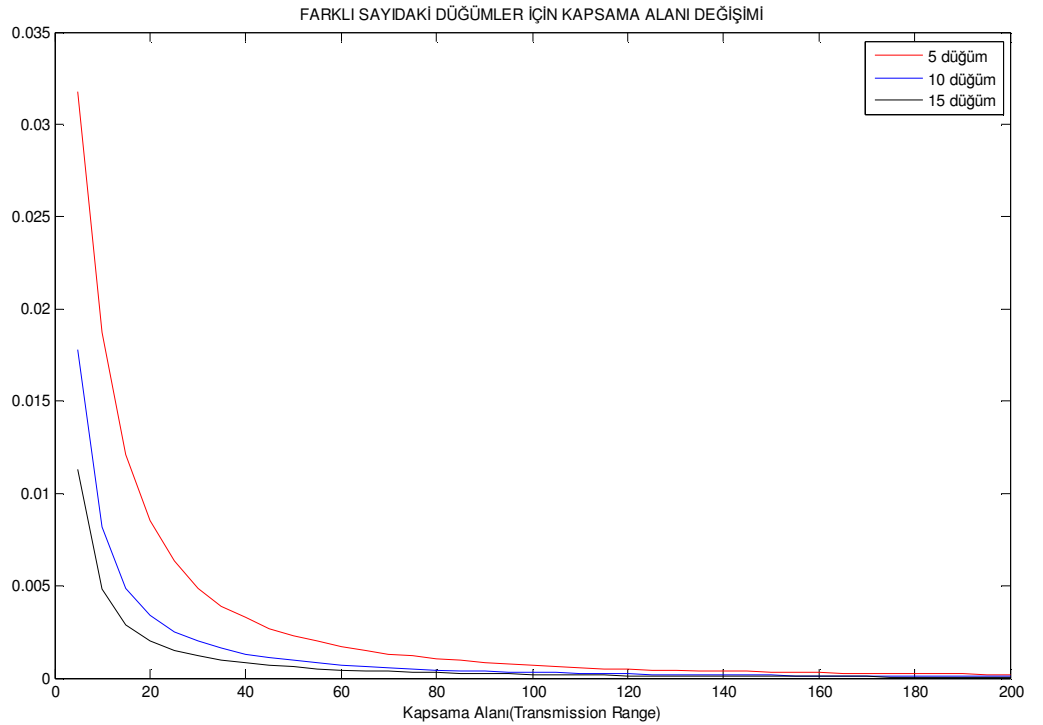


Şekil 9.12 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile Değişimi.

### 9.5.2. Kapsama Alanının Etkisi

Bu bölümde program düzenlenirken iki parametre değiştirilmiştir. Bunlardan ilki düğüm sayısı diğeri ise kapsama alanı parametreleridir. Görülmek istenen şey düğüm sayısının artması yaşam ömrünü değışen kapsama alanı parametresine göre nasıl etkilediğidir. Elde edilen sonuç gerçekte örtüşmektedir. Bu grafik oluşturulurken kapsama alanı 5-200 arası 5'er birim artırılmış ve 5,10 ve 15 Adet düğüm için bu hesaplamalar tekrarlanmıştır. Elde edilen grafik ayrıca bir önceki tartışmayı da onaylayacak niteliktedir. Belirli bir düğüm sayısından sonra kapsama alanının etkin olarak yaşam ömrünü değıştirmedeğı görülmektedir.

Düğümleer lineer düzlemde yer almaktadır. Düğümleer arasındaki uzaklık eşittir. Y eksenini yaşam ömrü (bits/J), X eksenini kapsama alanı değıerlerini ( $m^2$ ) göstermektedir.

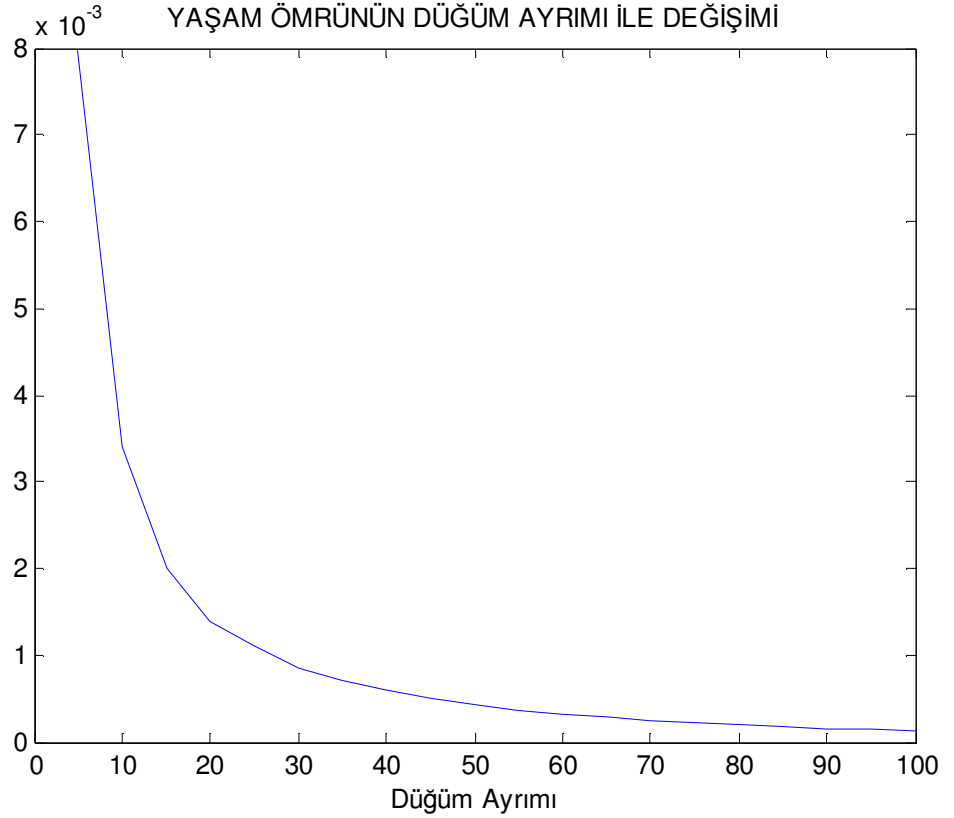


Şekil 9.13 Farklı Sayıdaki Düğümleer için Kapsama Alanı Değışimi.

### 9.5.3. Dügüm Ayrımı

Dügüm sayısının sabit 20 değeri için düğüm ayrımının yaşam ömrünü nasıl etkilediğine bakılmıştır. Görölmek istenen şey sabit düğüm sayısı için düğümler arasındaki mesafenin artması ile yaşam ömrünü azalmasıdır. Bu azalma durumu doğrusal bir yol izlemektedir. Elde edilen sonuca bakıldığında gerçekte örtüşmektedir. Bu grafik oluşturulurken mesafe parametresi 5 ile 100 arasında 5'er birim artırılarak değiştirilmiş ve bu doğrultuda hesaplamalar yapılmıştır. Belirli bir mesafeden sonra zaten düğümler veri iletmekte zorlanacağı için fazla enerji harcayacaklardır. Bu da zaten yaşam ömürlerinin tükenmesine neden olacaktır.

Y eksenini Yaşam ömrünü (bits/J), X eksenini ise Dügüm ayrımını (m) göstermektedir.

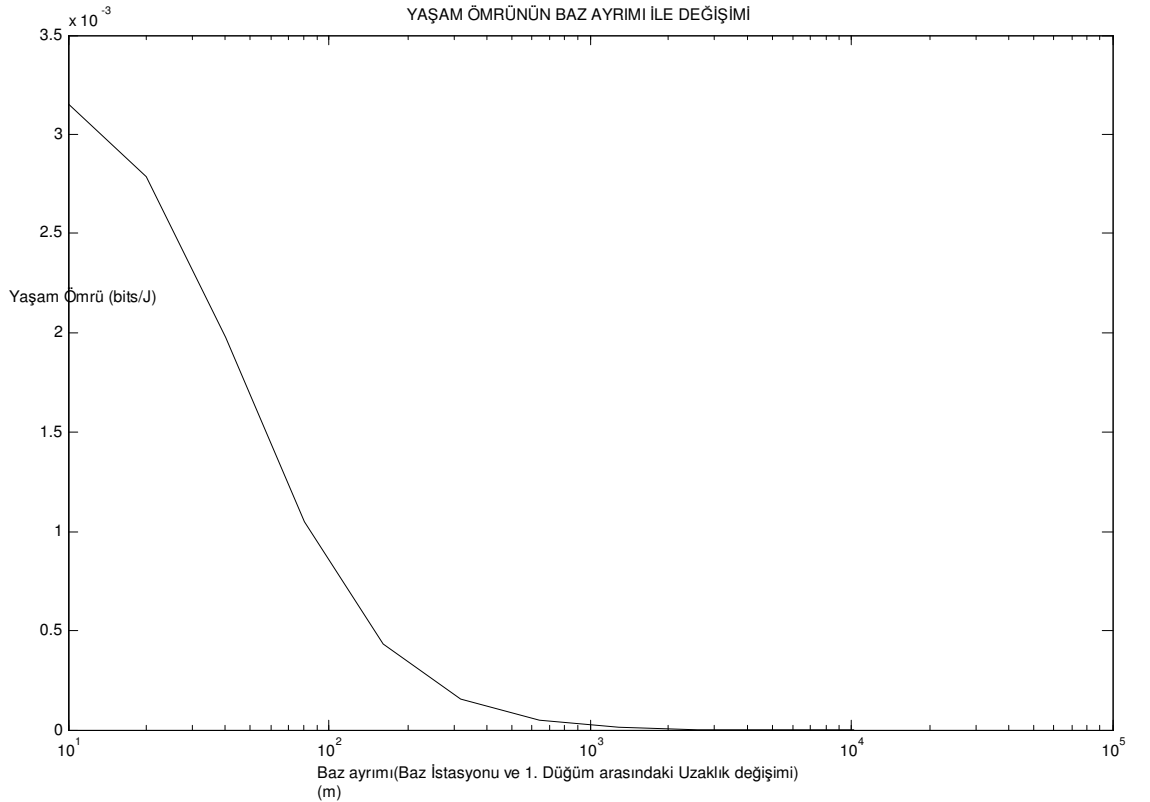


Şekil 9.14 Yaşam ömrünün Dügüm Ayrımı ile Değişimi.

#### 9.5.4. Yaşam Ömrünün Baz Ayrımı İle Değişimi

Düğüm sayısının sabit 20 değeri için baz ayrımının yaşam ömrünü nasıl etkilediğine bakılmıştır. Görülmek istenen şey baz istasyonu(1) ile 2 numaralı düğüm arasındaki uzaklığın değişiminin yaşam ömrüne etkisidir. Mesafe 10-10240 m arasında her seferinde 2 kat artırılarak yapılmış ve Yaşam ömrü değerleri (bits/J) hesaplanmıştır (Y eksenini). Baz ayrımı değerleri X eksenine logaritmik olarak konulmuş ve yarı logaritmik bir grafik elde edilerek yaşam ömrü değerlerinin değişimi gözlenmiştir.

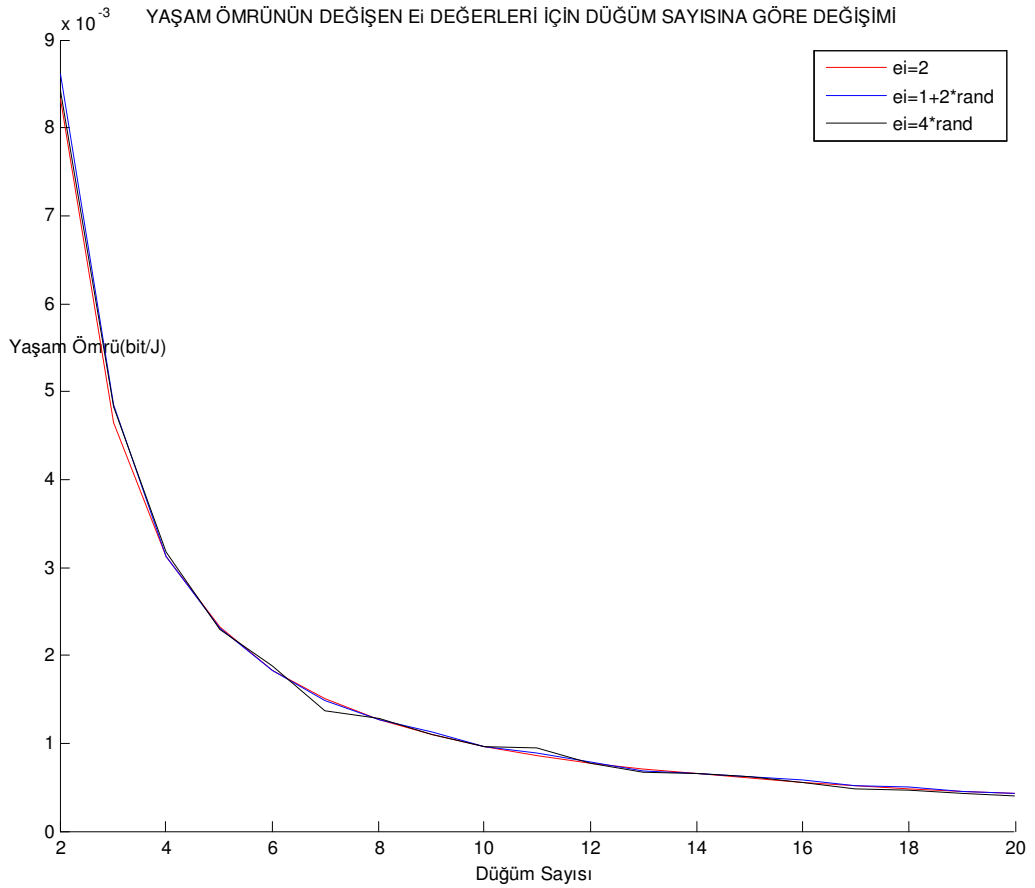
Yapılan hesaplamalar sonucunda düğüm ile baz istasyonu arasındaki mesafenin artması ile kapsama alanı değeri doğrultusunda yaşam ömrünün azaldığı görülmüştür.



Şekil 9.15 Yaşam Ömrünün Baz Ayrımı ile Değişimi

### 9.5.5. Yaşam Ömrünün Değişen Batarya Değerine Göre Düğüm Sayısı ile Değişimi

Düğüm sayısının 2-20 değerleri için yaşam ömrünün nasıl etkilendiğine bakılmıştır. Burada değiştirilen parametre ise batarya değeridir. Batarya değeri sabit olarak 2 alınmaktadır. Bu değer  $1+2*\text{random}$  ve  $4*\text{random}$  değerleri ile tekrar hesaplanmıştır. Her bir hesaplama için 100 random değer üretilip bunlardan hesaplanan yaşam ömrü değerlerinin ortalaması alınmıştır. Random komutu 0-1 arasında bir sayı üretmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar yaklaşık olarak aynıdır.

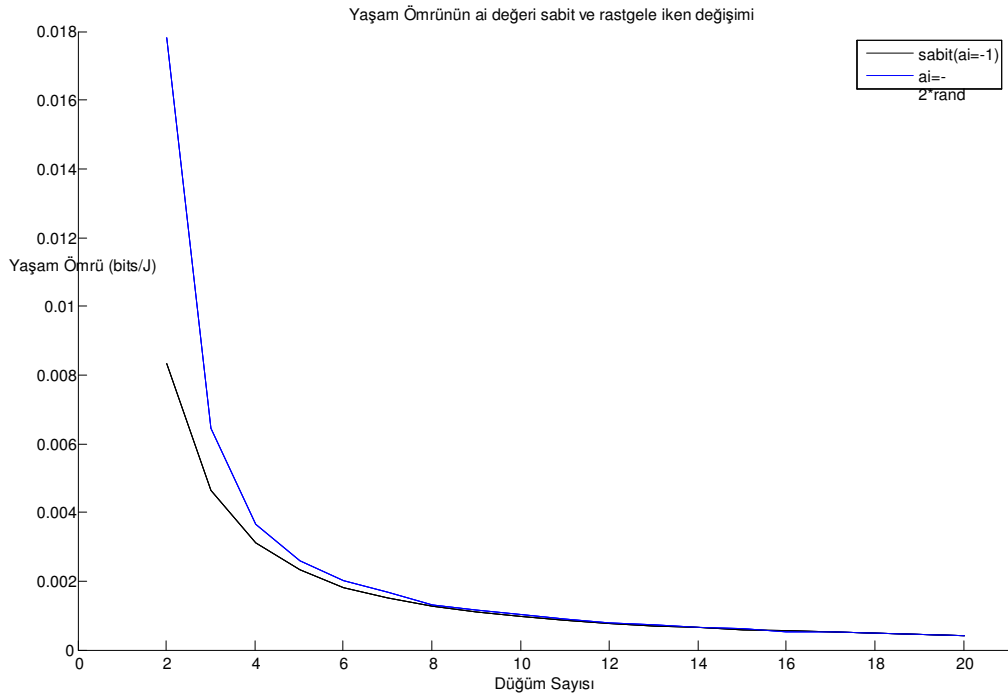


Şekil 9.16 Yaşam Ömrünün değişen Batarya değerleri ile Düğüm Sayısına göre Değişimi



### 9.5.6. Yaşam Ömrünün Değişen Üretilen Veri ( $A_2$ ) Değerine Göre Düğüm Sayısı ile Değişimi

Düğüm sayısının 2-20 değerleri için yaşam ömrünün nasıl etkilendiğine bakılmıştır. Burada değiştirilen parametre ise her periyotta 1 paket veri üretmek için paket taşınım zamanı değeridir. Batarya değeri sabit olarak -1 bit alınmaktadır. Bu değer  $-2 \cdot \text{random}$  değeri ile tekrar hesaplanmıştır. Her bir hesaplama için 100 random değer üretilip bunlardan hesaplanan yaşam ömrü değerlerinin ortalaması alınmıştır. Random komutu 0-1 arasında bir sayı üretmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar yaklaşık olarak aynıdır. Küçük düğüm sayısı değerlerinde sapma gözlenirken düğüm sayısı değeri büyüdükçe yaşam ömrü değerleri birbirine yakın çıkmıştır.

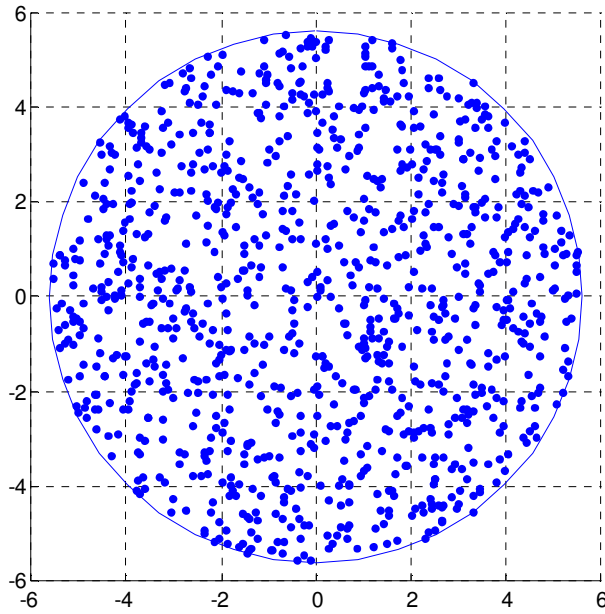


Şekil 9.17 Yaşam Ömrünün değişen Üretilen Veri değerleri ile Düğüm Sayısına göre değişimi

### 9.5.7. Daire Şeklindeki Bir Alan İçine Dügümlerin Dağılımı

Dügüm sayısının sabit 1000 değeri için 100 m<sup>2</sup>'lik bir dairesel alana düğümlerin nasıl dağılacığı araştırılmıştır. Bu dağılım rastgele yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen düğümlerin pozisyon değerleri ileriki çalışmalarda yaşam ömrü hesaplarında kullanılacaktır.

Dağılımda alanı bilinen bir çember için yarıçap değeri hesaplanmış ve bu yarıçapa sahip bir daire çizilip bu şekil içersine düğümler merkezde toplanmayacak şekilde rastgele yerleştirilmiştir.



Şekil 9.18 Daire şeklinde ve 100 m<sup>2</sup>'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı

### 9.5.8. Çokgenlerde Dügümlerin Dağılımı

Dügüm sayısının sabit 1000 değeri için 100 m<sup>2</sup>'lik bir üçgen, dörtgen, beşgen, altıgen, yedigen ve sekizgen çizilip bu alana düğümlerin nasıl dağılacığı araştırılmıştır. Bu dağılım rastgele yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen

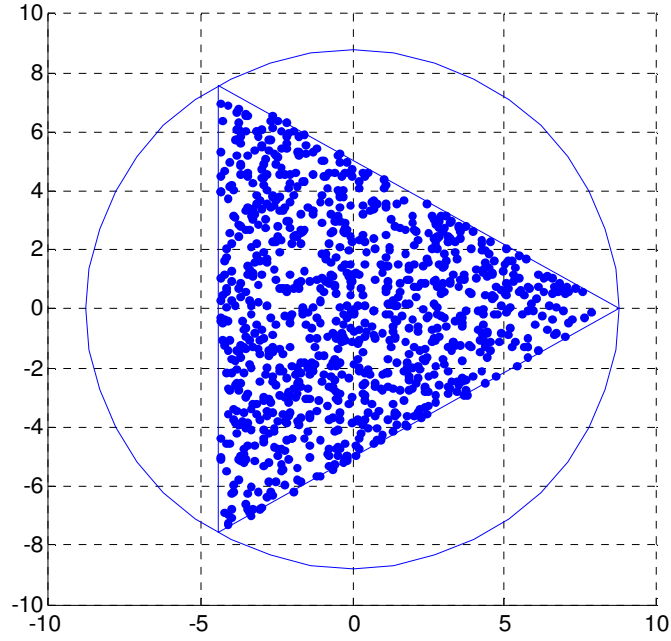
düğümün pozisyon değerleri ileriki çalışmalarda yaşam ömrü hesaplarında kullanılacaktır. Her bir geometri kendi içerisinde üçgenlere bölünerek hesaplama yapılmıştır. Bu hesaplama yapılırken ‘Barycentric Method’ kullanılmıştır [29]. Bu metotta;

$$ra = 1.0 - \sqrt{\text{rand}}$$

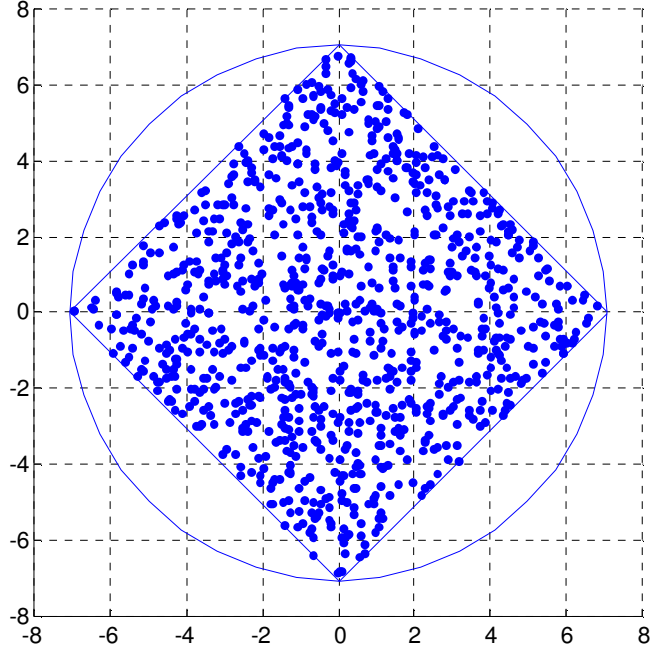
$$rb = \text{rand} * (1.0 - ra)$$

$$rc = 1.0 - (ra + rb)$$

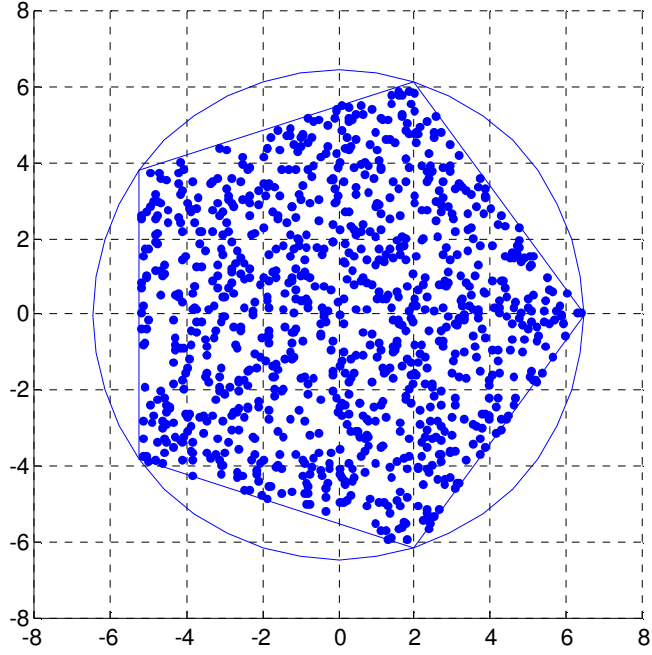
olarak üç değer hesaplanıp bu değerler bir düğümün x ve y eksenleri için kullanılmıştır.



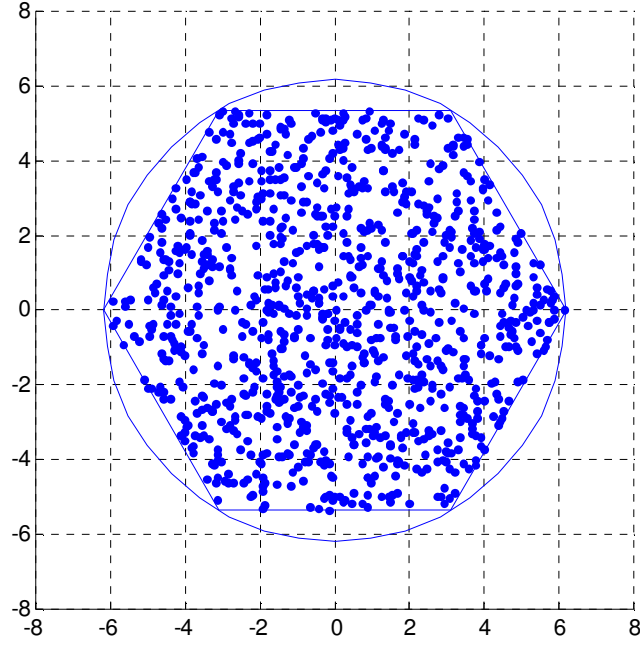
Şekil 9.19 Üçgen şeklinde ve 100 m<sup>2</sup>’lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı



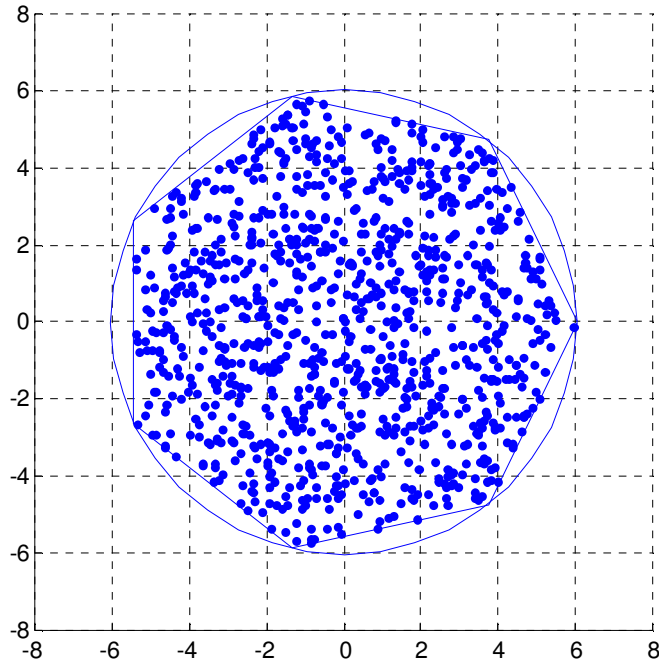
Şekil 9.20 Dörtgen şeklinde ve  $100 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı



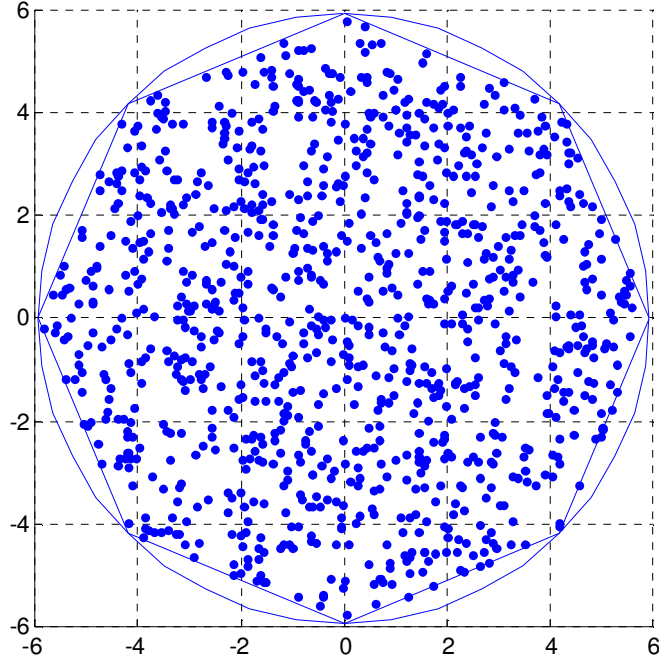
Şekil 9.21 Beşgen şeklinde ve  $100 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı



Şekil 9.22 Altıgen şeklinde ve  $100 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı



Şekil 9.23 Yedigen şeklinde ve  $100 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı

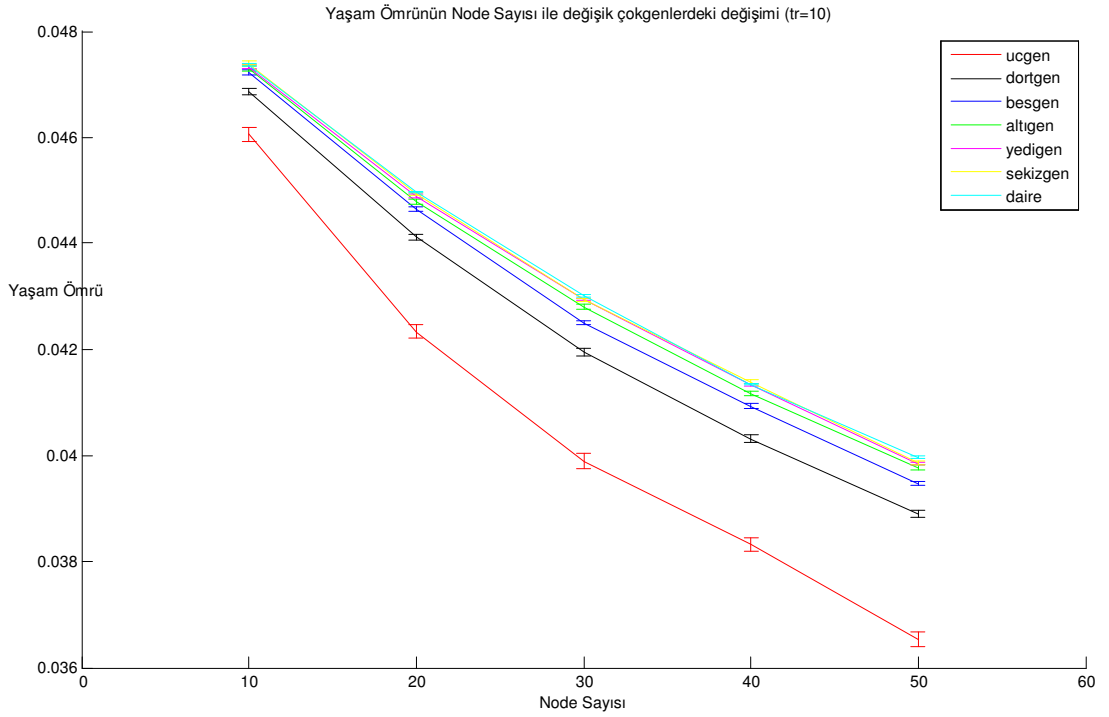


Şekil 9.24 Sekizgen şeklinde ve  $100 \text{ m}^2$ 'lik bir alana sahip geometride 1000 düğümün dağılımı

#### 9.5.9. Çeşitli Geometrik Alanlarda Düğüm Sayısının Yaşam Ömrü ile Değişimi ( $10 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$ )

Düğüm sayısının 10-50 değerleri için değişik geometrilerde yaşam ömrünü nasıl etkilediğine bakılmıştır. Her düğüm için  $10 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$  değeri sabit tutulmuştur. Tüm yaşam ömrü değerleri 100 kez çalıştırılarak ortalaması alınmış ve 'errorbar' kullanılarak grafiğe aktarılmıştır. Aynı düğüm sayısı değeri için daireye yaklaşıldıkça yaşam ömrü değerinin arttığı ve standart sapmanın küçüldüğü gözlenmiştir.

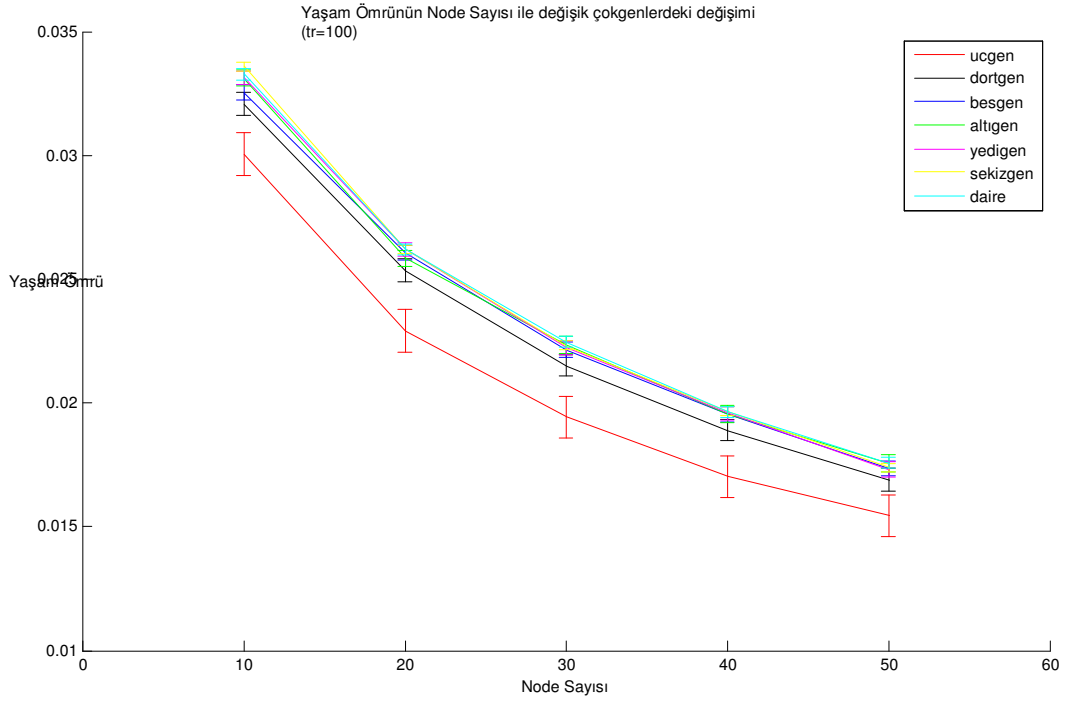
Daha anlamlı bir sonuç elde etmek için bu yöntem kullanılmış ve 100 kere 'optimizasyon' yapılmıştır.



Şekil 9.25 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile değişik geometrilerdeki değişimi  
(10 m<sup>2</sup>/ Düğüm Sayısı)

#### 9.5.10. Çeşitli Geometrik Alanlarda Düğüm Sayısının Yaşam Ömrü İle Değişimi (100 m<sup>2</sup>/Düğüm Sayısı)

Düğüm sayısının 10-50 değerleri için değişik geometrilerde yaşam ömrünü nasıl etkilediğine bakılmıştır. Her düğüm için 100 m<sup>2</sup>/Düğüm Sayısı değeri sabit tutulmuştur. Tüm yaşam ömrü değerleri 100 kez çalıştırılarak ortalaması alınmış ve 'errorbar' kullanılarak grafiğe aktarılmıştır. Aynı düğüm sayısı değeri için daireye yaklaşıldıkça yaşam ömrü değerinin arttığı ve standart sapmanın küçüldüğü gözlenmiştir. Bir önceki bölümle karşılaştırıldığında standart sapmanın daha büyük olduğu görülmüştür. Ayrıca bir önceki bölümde hesaplanan değerlere göre yaşam ömrü değerleri küçülmüştür. Bunun sebebi batarya değerinin aynı kalmasından dolayı kapsama alanının artması ile enerji harcanımının daha yüksek olmasıdır.

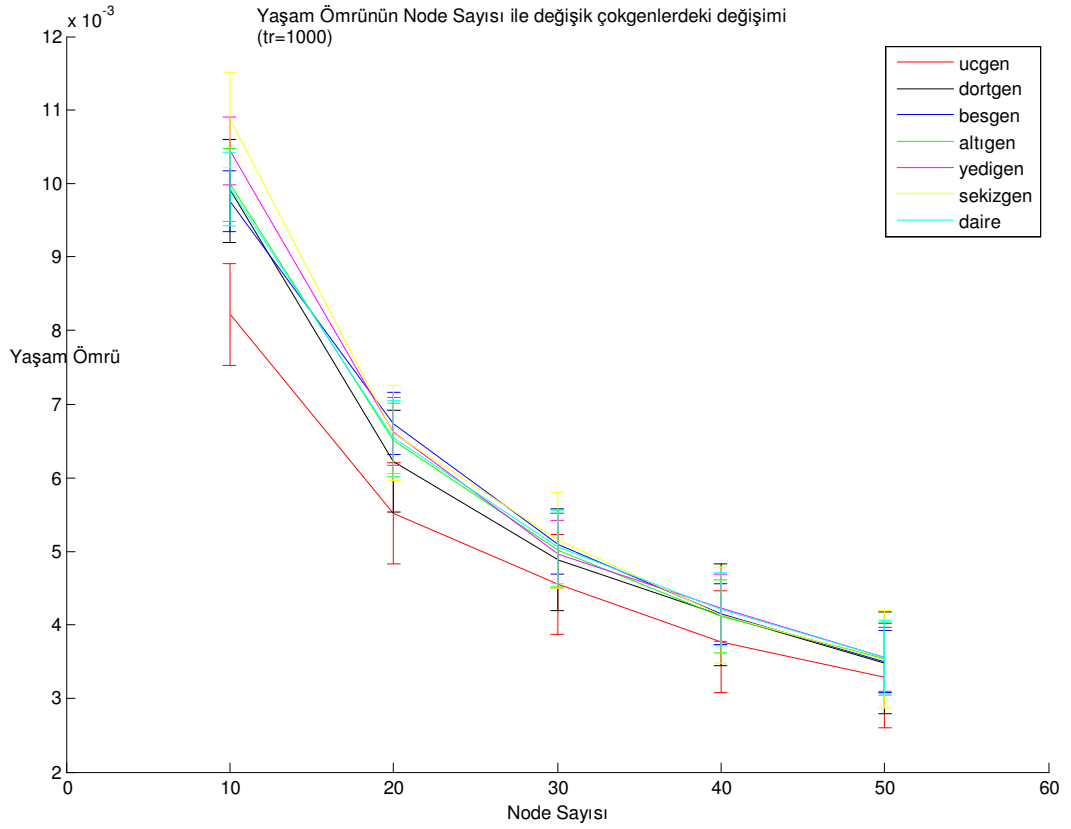


Şekil 9.26 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile değişik geometrilerdeki değişimi  
( $100 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$ )

### 9.5.11. Çeşitli Geometrik Alanlarda Düğüm Sayısının Yaşam Ömrü ile Değişimi ( $1000 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$ )

Düğüm sayısının 10-50 değerleri için değişik geometrilerde yaşam ömrünü nasıl etkilediğine bakılmıştır. Her düğüm için  $1000 \text{ m}^2/\text{Düğüm Sayısı}$  değeri sabit tutulmuştur. Tüm yaşam ömrü değerleri 100 kez çalıştırılarak ortalaması alınmış ve 'errorbar' kullanılarak grafiğe aktarılmıştır. Aynı düğüm sayısı değeri için daireye yaklaştıkça yaşam ömrü değerinin arttığı ve standart sapmanın küçüldüğü gözlenmiştir. Bir önceki bölümle karşılaştırıldığında standart sapmanın daha büyük olduğu görülmüştür. Ayrıca bir önceki bölümde hesaplanan değerlere göre yaşam ömrü değerleri küçülmüştür. Bunun sebebi batarya değerinin aynı kalmasından dolayı kapsama alanının artması ile enerji harcanımının daha yüksek olmasıdır.

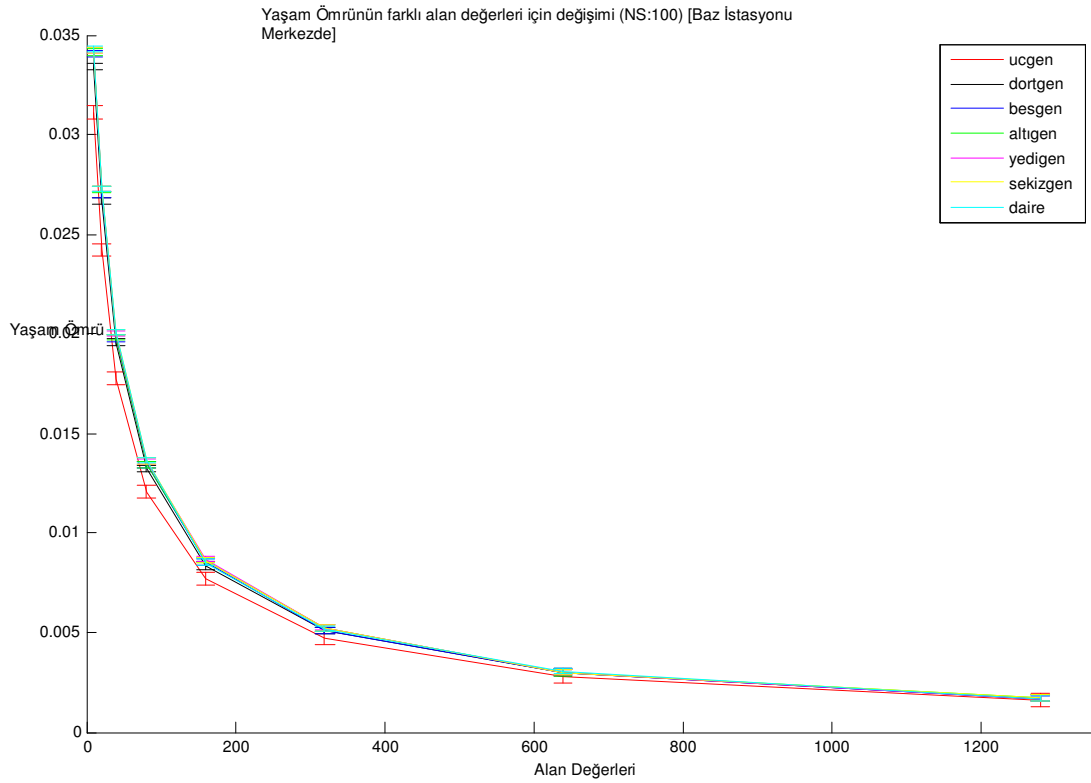




Şekil 9.27 Yaşam Ömrünün Düğüm Sayısı ile değişik geometrilerdeki değişimi  
( $1000 \text{ m}^2$ / Düğüm Sayısı)

### 9.5.12. Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü İle Değişimi (Düğüm Sayısı: 100)

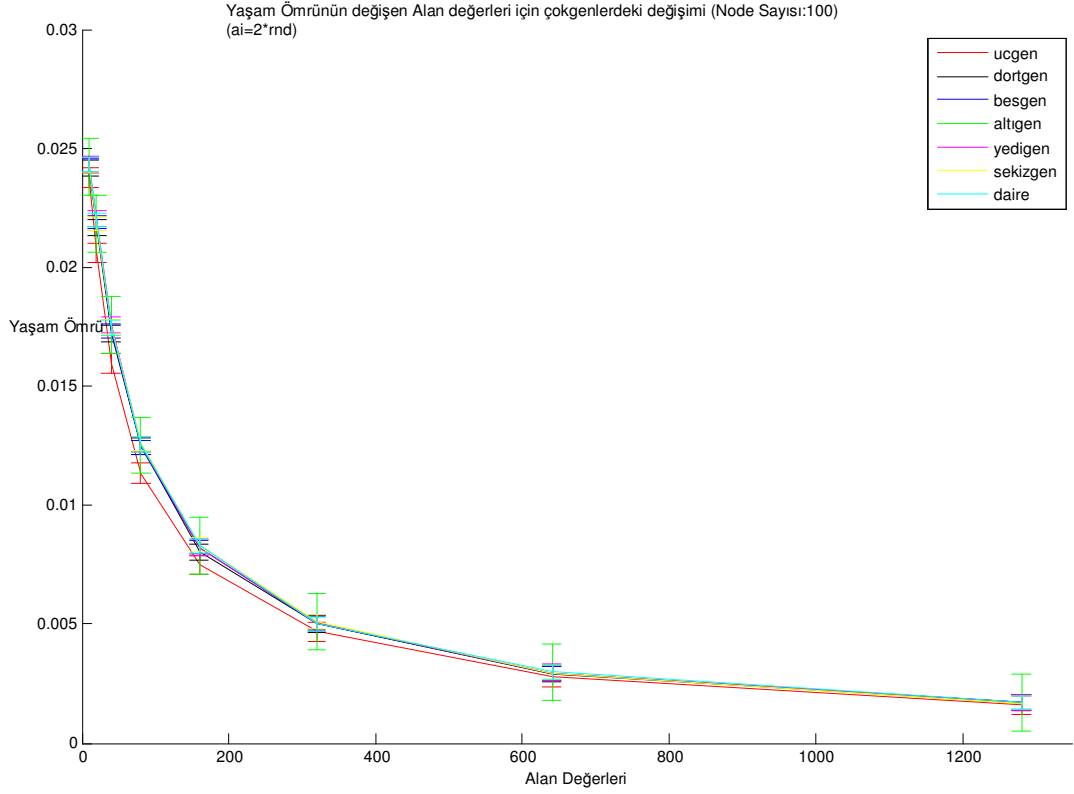
Düğüm sayısının sabit 100 değeri için farklı geometrilerdeki alan değerlerinin yaşam ömrüne etkisine bakılmıştır. Alan değerleri  $10-1280 \text{ m}^2$  arasında iki kat artırılarak kullanılmıştır. Görülmek istenen şey alan değerinin artması ile yaşam ömrünü azalmasıdır. Bu azalma durumu tüm geometrilerde gözlemlenmiştir. Bu çalışmada baz istasyonu merkezde yer almıştır.



Şekil 9.28 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100)

### 9.5.13. Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü ile Değişimi (Düğüm Sayısı: 100, $a_i = -2 * \text{rnd}$ )

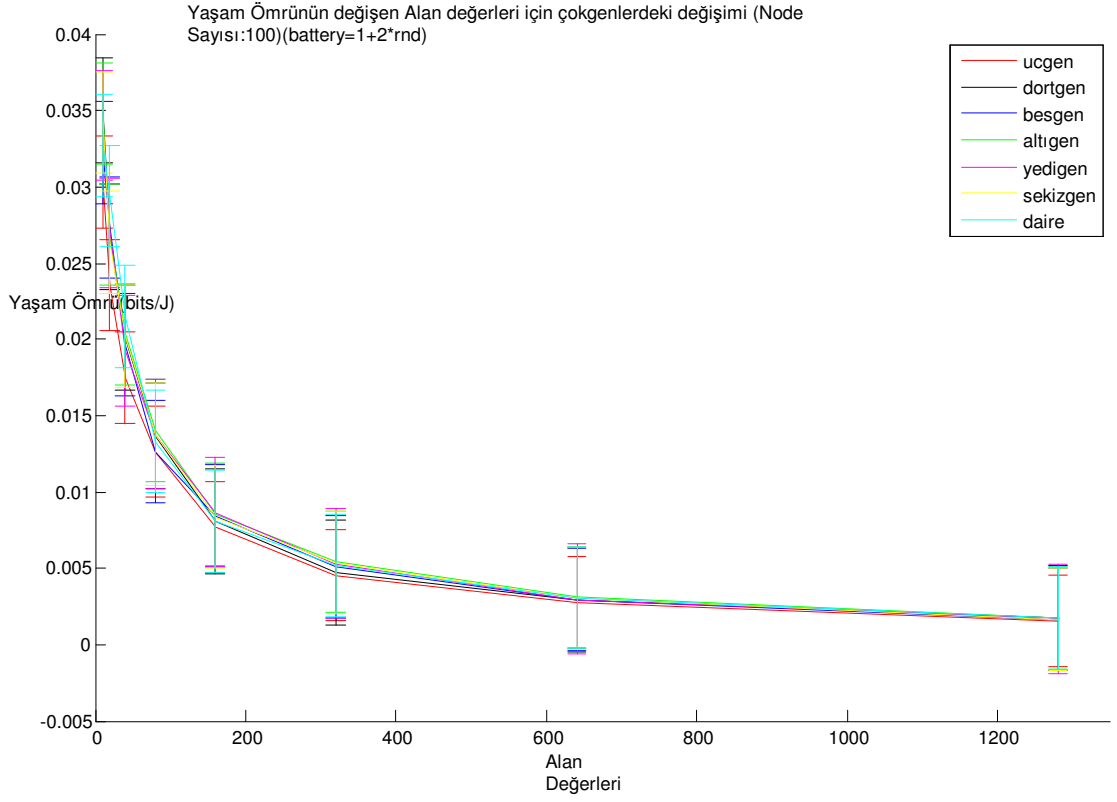
Düğüm sayısının sabit 100 değeri için farklı geometrilerdeki alan değerlerinin yaşam ömrüne etkisine bakılmıştır. Alan değerleri 10-1280 m<sup>2</sup> arasında iki kat artırılarak kullanılmıştır. Burada yine bir paket için iletim periyodu değeri değiştirilmiştir. Bu değer random olarak üretilip etkisine bakılmıştır. Görülmek istenen şey yeterince random değer üretilmesi ile elde edilen yaşam ömrü değerinin daha 'optimum' olmasıdır. Bu çalışmada baz istasyonu merkezde yer almıştır.



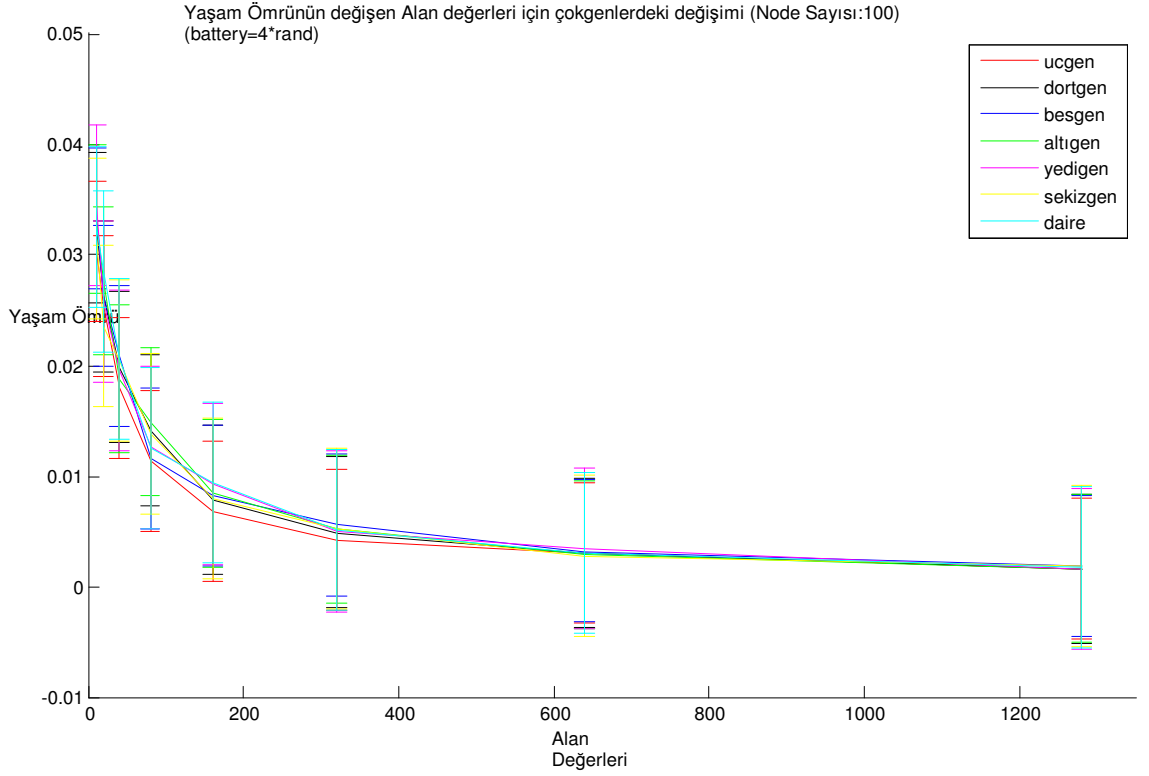
Şekil 9.29 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100, İletim periyodu=  $-2*random$  )

#### 9.5.14. Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü ile Değişimi (Düğüm Sayısı: 100, Batarya= $1+ 2*rand$ ve Batarya= $4*rand$ )

Düğüm sayısının sabit 100 değeri için farklı geometrilerdeki alan değerlerinin yaşam ömrüne etkisine bakılmıştır. Alan değerleri 10-1280 m<sup>2</sup> arasında iki kat artırılarak kullanılmıştır. Bu çalışmada batarya değerleri  $1+2*random$  ve  $4*random$  olarak değiştirilmiştir. Görülmek istenen şey yeterince random değer üretildiği ile elde edilen yaşam ömrü değerinin daha 'optimum' olmasıdır. Bu çalışmada baz istasyonu merkezde yer almıştır.



Şekil 9.30 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100, Batarya= 1+2\*random )



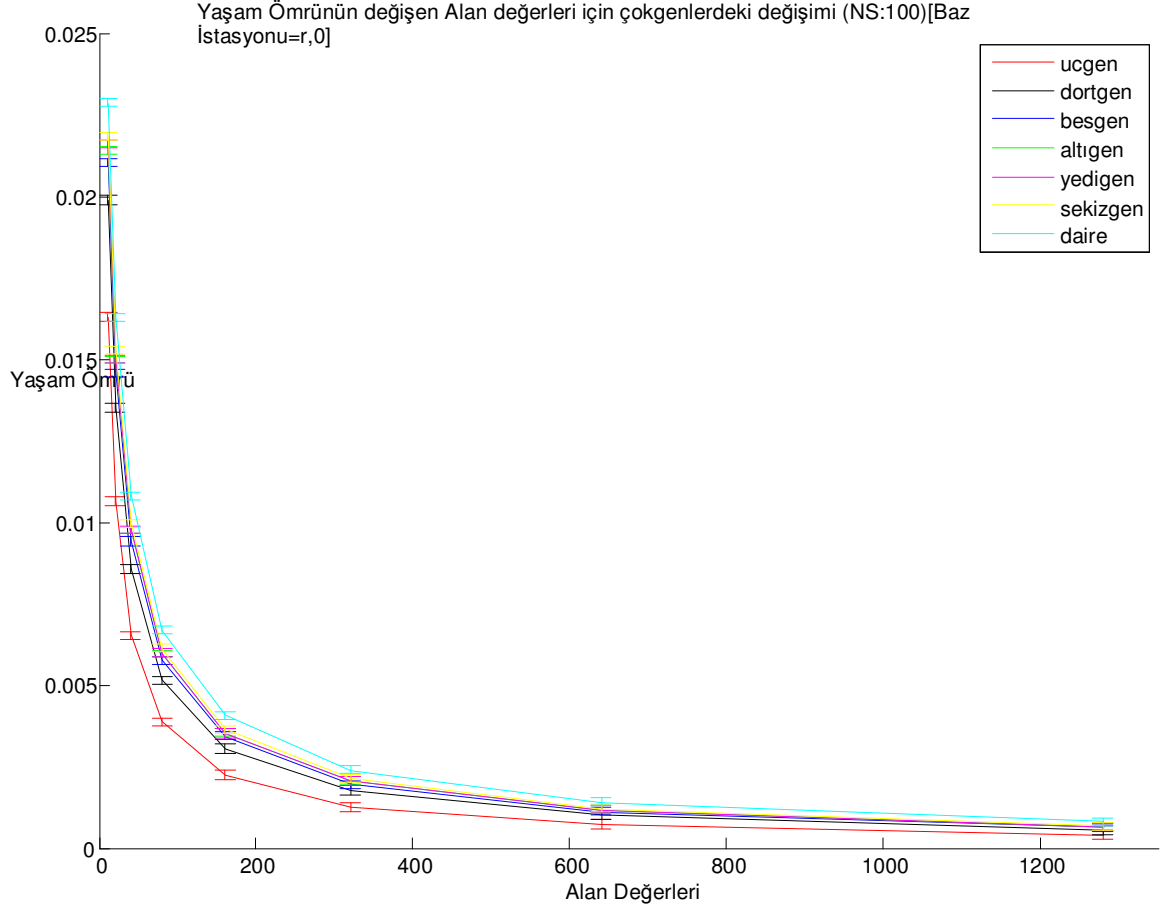
Şekil 9.31 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilerdeki değişimi (Düğüm Sayısı=100, Batarya= 4\*random )

#### 9.5.15. Çeşitli Geometrik Alanlarda Alan Değerinin Yaşam Ömrü ile Değişimi (Düğüm Sayısı: 100, Baz İstasyonu Merkezden Farlı Bir Yerde)

Düğüm sayısının sabit 100 değeri için farklı geometrilerdeki alan değerlerinin yaşam ömrüne etkisine bakılmıştır. Alan değerleri 10-1280 m<sup>2</sup> arasında iki kat artırılarak kullanılmıştır. Görülmek istenen şey alan değerinin artması ile yaşam ömrünü azalmasıdır. Bu azalma durumu tüm geometrilerde gözlemlenmiştir. Bu çalışmada baz istasyonu merkezden farklı bir yerde yer almıştır. Konumlandırıldığı yer  $x=r$  ve  $y=0$  noktası olaraktan çemberin üzerindedir. Bu noktası tüm çokgenler için başlangıç noktasıdır.

Tüm geometrilerde yaşam ömrü değeri baz istasyonunun merkezde bulunması durumuna göre azalmıştır. Bunun nedeni merkezin tüm noktalara homojen olarak eşit

uzaklıkta olmasına rağmen baz istasyonun konumunun değişmesi durumunda bu homojenliğin değişimidir.



Şekil 9.32 Yaşam Ömrünün farklı Alan değerleri için değişik geometrilereki değişimi (Düğüm Sayısı=100, Baz İstasyonu={r,0} noktasında )

## BÖLÜM 10

### 10. İLERİDE YAPILACAKLAR

Bu tezde yapılan çalışmada genel hatları ile algoritmalara değinilmiş ve daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. Gelişmekte olan kablosuz teknolojiler ışığında bu konuda gelişmeler devam etmektedir. İlerleyen zamanlarda benzetim ortamı yeniden tasarlanarak daha uygun şekilde başka programlama dilleriyle yazılarak geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Kullanılan program MATLAB dilinde yazılmıştır. Programın daha da geliştirilerek 3 boyutlu bir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

İlerde yapılacak çalışmalar çerçevesinde;

- İletim Güç Kontrol Optimizasyonu (Transmission Power Control Optimization)
- Pratik İletim Kontrol İlkeleri (Practical Transmission Control Policies)

konularının da eklenmesi planlanmaktadır.

İleride daha fazla benzetim yapılabilmesi için ve bunlarında biraz daha gerçekçi hale getirilebilmesi için daha fazla değişken üzerinde oynanması hedeflenmektedir. Ayrıca dağılımın üç boyutta sağlanması üzerine çalışma yapılması planlanmaktadır. Böylelikle en uygun yaşam süresinin elde edileceği ön görülmektedir.

## BÖLÜM 11

### 11. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması toplam 11 (on bir) bölümden oluşmaktadır. Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Sıcak Nokta Probleminin Çözümü için Yöntemlerin incelendiği bu çalışmada yaşam ömrünün nasıl değiştiğine dair gözlemler yapılmıştır.

İkinci bölümde kablosuz ağların genel yapısına değinilmiş ve temel özellikleri incelenmiştir. Bu ağların kuvvetli ve zayıf yönlerine genel olarak bakılmıştır.

Üçüncü bölümde Ad- Hoc (Özel Amaçlı) Ağlar konusu üzerine durulmuştur.

Dördüncü bölümde Algılayıcı (Sensor) Ağlar incelenerek bu ağların Tasarımız Ağlarla karşılaştırılması yapılmıştır.

Beşinci bölümde incelen konu 'Hotspot'tur. Uygulama alanı günümüzde oldukça gelişen bu yapıların temel özelliklerine değinilmiştir.

Altıncı bölüm birçok alanda karşımıza çıkan azaltma("mitigation") problemi içeriklidir. Bu problemin kablosuz ağlarda karşımıza nasıl çıktığı tartışılarak bu problem anlaşılmaya çalışılmıştır.

Yedinci bölümde tez çalışmasının modelleme yaklaşımında kullanılan Doğrusal Programlama (LP) konusu incelenmiştir. Hemen hemen her alanda önümüze çıkacak bu programlama metoduna örnek verilmiştir. Ayrıca tezde yararlanılan MATLAB (Versiyon 7.5.0.342-R2007b) programında bu metotla ilgili komutlara değinilmiştir.

Sekizinci bölüm çok atlamalı (Multi-Hop) yönlendirme konusunu içermektedir. Bu yapının özellikleri üzerinde durulmuştur.



Dokuzuncu bölümde bu çalışmada ne yapıldığına değinilerek çeşitli modeller resim edilmiştir.

Çıkan sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda eğer sistemde çok atlamalı yönlendirme kullanılırsa sistem tarafından tüketilen enerji miktarının azaldığı anlaşılmıştır. Kapsama alanının büyümesi kullanılan algılayıcı bir ağda enerji tüketimini azaltabilmektedir. Genel olarak Kablosuz Algılayıcı Ağlar Sıcak Noktalar problemiyle uğraşmak için değişik stratejilerin gerekliliği saptanmış ve ilerleyen çalışmalarda bu konuda ilerlemeye karar verilmiştir.

Sıcak noktalar problemine derinlemesine bakıldığında iletim zamanlaması konusunda yapılacak bir iyilemenin tek başına bu problemi çözmeye yetmediği görülmüştür. Bu çözüm için öncelikle var olan sıcak noktalar çevresinde daha fazla enerji ataması yapılması ve bu noktalar etrafındaki düğümlerin yeniden düzenlenmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca çoklu dağılım örüntüsünü değiştirerek de çözüme yardımcı olunabileceği görülmüş ve gruplamaya da diğer düğümlerin yönlendirildiği mobil düğüm üzerinde yapılacak ek bir çalışmanın problem çözümüne etkisi anlaşılmıştır.

Kablosuz ağ kullanımının gün geçtikçe yaygınlaşması, ortaya çıkan performans sorunları ve bu sorunların çözümlenmesi günümüzde büyük önem arz etmektedir. Yapılan bu araştırma ile yaşam ömrünün önemi ve bunun enerji etkinliği ile ilişkisi bir kez daha ortaya konulmuştur.

Tez kapsamında Kablosuz Algılayıcı Ağlar Sıcak noktalarında karşılaşılan problemlerin çözümünde MATLAB programı yardımıyla Doğrusal Programlama metodunun kullanımı görülmüş, daha önce bu konuda yapılan araştırmalar incelenmiştir. İleriki çalışmalarda yapılabilecek daha görsel bir benzetim ortamı problemin daha anlaşılır olmasını sağlayabilecektir. Sabitlenen parametrelerinde daha etkin olarak kullanılabilmesi bir programın oluşturulması ve ortam koşullarının da etkisi göz önünde bulundurularak daha iyi sonuçlar elde edilebilecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] C-K Toh, Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems, *Prentice Hall*, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- [2] Meghanathan, N., Farago, A., Maximizing Network Lifetime Under a Fixed Energy Budget in Mobile Ad Hoc Networks, *Digital Object Identifier*, 10.1109/SECON, 319 - 326, 2005.
- [3] Liang, W.F., Minimizing Energy and Maximizing Network Lifetime Multicasting in Wireless Ad Hoc Networks, *ICC 2005: IEEE International Conference on Communications*, 1(5), 3375- 3379, 2005.
- [4] Siva Ram Murthy, C., Manoj, B. S., Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols, *Prentice Hall*, Upper Saddle River, New Jersey, 2004.
- [5] Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Homomorfik Şifreleme ile Güvenli Veri Kümeleme, *Suat Özdemir, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 23(2), 365-373, 2008.
- [6] Chan, H., Perrig, A., Security and Privacy in Sensor Networks, *Computer*, 36(10), 103-105, 2003.
- [7] J.-H. Chang and L. Tassiulas, Maximum Lifetime Routing in Wireless Sensor Networks, *ATIRP Conference*, College Park, MD, Mar. 2000.
- [8] He. Y., Lee, I., Guan, L., Network Lifetime Maximization in Wireless Visual Sensor Networks Using a Distributed Algorithm, *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 2174-2177, 2-5 July 2007.
- [9] Aly, M., Chrysanthis, P., K., Pruhs, K., Decomposing Data-Centric Storage Query Hot-Spots in Sensor Networks, *Mobiquitous, 2006 3rd Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems - Workshops*, 1-9, 2006.
- [10] Tartarelli, S., Nunzi, G., QoS Management and Congestion Control in Wireless Hotspots, *Network Operations and Management Symposium*, 95-105, October 2006.
- [11] Tang, Y., Mistic, J., Zhu, H., Chlamtac, I., An On-line Hot-Spot Detection Scheme in DS-CDMA Networks - Single Traffic Type, *Global Telecommunications Conference*, 3911- 3915, Nov.-Dec. 2004.
- [12] Luo, H., A Secure Server-Paid Hotspot Wi-Fi Internet Service Method, *Emerging Technologies: Frontiers of Mobile and Wireless Communication, IEEE 6th Symposium on Circuits and Systems*, 1, I- 12-17, May-June 2004.
- [13] Rahman, M., Ernström, P., Repeaters for Hotspot Capacity in DS-CDMA Networks, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 53, 626- 633, May 2004.
- [14] Mistic, J., Bun, T., Y., Bay, C., Hot-spot behavior of DCA Wireless Networks, *Global Telecommunications Conference*, 1, 577-583, 2001.
- [15] Wu, J., Chung, J., Wen, C., Hot-Spot Traffic Relief with a Tilted Antenna in CDMA Cellular Networks, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 47(1), 1-9, 1998.

- [16] Peinado, A., J., Sanchez, V., Perez-Cordoba, J., L., Rubio, A., J., Efficient MMSE-Based Channel Error Mitigation Techniques. Application to Distributed Speech Recognition Over Wireless Channel, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 4, 14-19, Jan. 2005.
- [17] Cole, R., g., Phamdo, N., Rajab, M., A., Terzis, A., Requirements on Worm Mitigation Technologies in MANETS, 19th Workshop on Principles of Advanced and Distributed Simulation (PADS'05), 207-214, 2005.
- [18] Perillo, M., Cheng, Z., Heinzelman, W., An Analysis of Strategies for Mitigating the Sensor Network Hotspot Problem, *The Second Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, 474 – 478, 2005.
- [19] Ye, M., Chan, E., Chen, E., On Mitigating Hotspots for Clustering Mechanisms in Wireless Sensor Networks, *IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS)*, 558-561, Oct. 2006.
- [20] Rivas, H., Voigt, T., Dunkels, A., A Simple and Efficient Method to Mitigate the Hotspot Problem in Wireless Sensor Networks, *Performance Control in Wireless Sensor Networks*, Coimbra, Portugal, May 2006.
- [21] “Lineer Programlama” erişim adresi: <http://www.ercangurvit.com/linprog/linpro1.htm>, erişim tarihi: 18/05/2008
- [22] “Lineer Programlama” erişim adresi: [www.odevbul.net/odev-indir-40266-Lineer-Programlama-Nediri.html](http://www.odevbul.net/odev-indir-40266-Lineer-Programlama-Nediri.html), erişim tarihi:16/10/2007
- [23] Gilat, A., MATLAB : An Introduction with Applications, *Wiley*, Hoboken, NJ, 2004.
- [24] Chen, K., Yang, Z., Waganer, C., Nahrstedt, C., Market Models and Pricing Mechanisms in a Multihop Wireless Hotspot Network, *Mobiquitous*, 73 - 84 , 2005.
- [25] Tseng, YC., Chao, CM., Wu, SL., Sheu, JP., Dynamic Channel Allocation with Location Awareness for Multi-Hop Mobile Ad Hoc Networks, *Comput Commun*, 25(7), 676-688, May 2002.
- [26] Hamdaoui, B., Ramanathan, P., Lifetime-Throughput Tradeoff for Elastic Traffic in Multi-Hop Hotspot Networks, *Global Telecommunications Conference*, 3, 1565- 1569, Nov.- Dec. 2004.
- [27] Cidon, I., Rom, R., Shavitt, Y., Analysis of Multi-Path Routing, *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, 7(6), December 1999.
- [28] Ergen, S., C., Varaiya, P., On Multi-Hop Routing for Energy Efficiency, *Communications Letters, IEEE*, 9(10), Oct. 2005.
- [29] “Justin Christofoli CAP4730” erişim adresi: <http://garnet.acns.fsu.edu/~jfc02c/cap4730/hw.04/index.html>, erişim tarihi: 07 Ağustos 2008

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERGİNÖZ, Nurettin  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 26.01.1981 K.MARAŞ  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 327 35 12  
e-mail : [nerginoz@gmail.com](mailto:nerginoz@gmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Hacettepe Üniversitesi/Kimya Müh.	2005

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2008	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2008	Ayhan Usta Simit Sarayı	Sorumlu Mühendis
2005	Türkiye Kalite Derneği, KalDer, Ankara	Eği. ve Org. Asist.

### Yabancı Dil

İngilizce  
Japonca  
İspanyolca

### Yayınlar

Erginöz, N., Kaynak, Ü., Bir Uçağın Palye Durumunda Otomatik İniş Kontrolü İçin Modern ve Bulanık Yöntemler, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, Ankara, 2006