

**ALGILAYICI AĞLARDA GÖZLEMLENEME OLGUSUNUN  
DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ**

**MUSTAFA MİKAIL ÖZÇİLOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KASIM 2009**

**ANKARA**

Fen Bilimleri Enstitü onayı

---

Prof. Dr. Ünver KAYNAK

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığımı onaylarım.

---

Doç. Dr. Erdoğan DOĞDU

Anabilim Dalı Başkanı

Mustafa Mikail ÖZÇİLOĞLU tarafından hazırlanan ALGILAYICI AĞLARDA GÖZLEMLENEMEME OLGUSUNUN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

---

Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI

Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Tansel ÖZYER

Üye : Doç. Dr. Kemal BIÇAKCI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bülent TAVLI

## **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.

.....  
Mustafa Mikail ÖZÇİLOĞLU

**Üniversitesi** : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi  
**Enstitüsü** : Fen Bilimleri  
**Anabilim Dalı** : Bilgisayar Mühendisliği  
**Tez Danışmanı** : Yrd. Doç. Dr. Bülent Tavlı  
**Tez Türü ve Tarihi** : Yüksek Lisans – Kasım 2009

**Mustafa Mikail ÖZÇİLOĞLU**

**ALGILAYICI AĞLARDA GÖZLEMLENEMEME OLGUSUNUN  
DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ**

**ÖZET**

Geniş uygulama alanlarına sahip olan algılayıcı ağlar, çok işlevsel ve kullanışlı olmalarına rağmen gözlemlenememe (İng. unobservability) açısından yeterli bir yapıya sahip olmadıkları görülmektedir. Bu yapılarından dolayı gözlemlenememe çok hassas bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Algılayıcıların enerjilerini iyi bir şekilde kullanmaları yaşamsal öneme sahiptir. Bu tez çalışması kapsamında bir algılayıcı ağın yaşam süresinin verilen gözlemlenememe kısıtları altında doğrusal programlama ile eniylenmesi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz algılayıcı ağları, Doğrusal programlama, Gözlemlenememe, Güvenlik, Gizlilik.

**University** : TOBB University of Economics and Technology  
**Institute** : Institute of Natural and Applied Sciences  
**Science Programme** : Computer Engineering  
**Supervisor** : Asst. Prof. Bülent Tavlı  
**Degree Awarded and Date** : M. Sc. – November 2009

**Mustafa Mikail ÖZÇİLOĞLU**

**INVESTIGATION OF UNOBSERVABILITY PHENOMENON IN  
WIRELESS SENSOR NETWORKS THROUGH LINEAR PROGRAMING**

**ABSTRACT**

Wireless sensor Networks which have a broad spectrum of applications, are highly functional and usefull, yet, they do not posses the necessary mechanisms for enabling unobservability. Therefore, unobservability in wireless sensor networks emerge as a sensitive issue. The lifetime of wireless sensor networks has vital importance. In this thesis the optimization of the lifetime of wireless sensor networks are investigated given the unobservability constraints through a linear programming framework.

**Key Words:** Wireless sensor networks, Linear programing, Unobservability, Security, Privacy.

## **TEŐEKKÖR**

Yüksek lisans eğitim hayatı ve çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren kıymetli TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, desteklerini esirgemeyen asistan arkadaşlarıma ve bana verdikleri maddi, manevi her türlü desteklerinden dolayı her şeyden önemli aileme çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	ix
GRAFİKLERİN LİSTESİ .....	x
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR.....	xii
SİMGELERİN AÇIKLANMASI .....	xiii
BÖLÜM 1 .....	1
1. GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
2. ALGILAYICI AĞLAR.....	3
2.1. AA'ların Yapısı.....	3
2.2. AA Tasarım Kıstasları .....	5
2.3. AA'ların Uygulama Alanları .....	7
2.4. AA'larda Yaşam Ömrü .....	8
2.5. AA'larda Güvenlik.....	10
BÖLÜM 3 .....	11
3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA (LP).....	11
3.1. Doğrusal Programlama Modeli.....	12
3.2. Kullanılan Doğrusal Programlama Modeli .....	16
BÖLÜM 4 .....	18
4. ALGILAYICI AĞLARDA YAŞAM SÜRESİ EN İYİLEMESİ.....	18
4.1. Algılayıcı Ağlarda Aktif Nokta Problemi .....	18

4.2.	Algılayıcı Ağlarda Yönlendirme Teknikleri .....	18
4.3.	Akış Optimizasyonu.....	19
4.4.	Enerji Modeli .....	20
4.5.	Modelde Kullanılan Veriler .....	21
BÖLÜM 5 .....		22
5.	SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMELERİ .....	22
5.1.	Dörtgensel Alanda Baz İstasyonu Merkezde Olarak Yapılan İncelemeler .....	22
5.2.	Dörtgensel Alanda Baz İstasyonu Kenarda Olarak Yapılan İncelemeler .....	30
5.3.	Dairesel Alanda Baz İstasyonu Merkezde Olarak Yapılan İncelemeler .....	37
5.4.	Dairesel Alanda Baz İstasyonu Kenarda Olarak Yapılan İncelemeler .....	45
BÖLÜM 6 .....		58
6.	SONUÇLAR .....	58
KAYNAKLAR .....		61
ÖZGEÇMİŞ .....		63



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Bir algılayıcı düğümün içyapısı.....	4
Şekil 4.1 AA'larda tek atlamalı iletim akış şeması.....	19
Şekil 4.2 AA'larda çok atlamalı iletim akış şeması.....	19
Şekil 4.3 Doğrusal Topoloji.....	21
Şekil 5.1. Dörtgensel Alanda Baz İstasyonu Merkezde.....	22
Şekil 5.2. Dörtgensel Alanda Baz İstasyonu Kenarda.....	30
Şekil 5.3.Dairesel Alanda Baz İstasyonu Merkezde.....	37
Şekil 5.4. Dairesel Alanda Baz İstasyonu Kenarda.....	45
Şekil 5.5. Dairesel Alanda En Fazla Gönderim Mesafesi Gösterimi.....	52
Şekil 5.6. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar 10 m Dr Mesafesinde.....	53
Şekil 5.7. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar 20 m Dr Mesafesinde.....	53
Şekil 5.8. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar 30 m Dr Mesafesinde.....	54
Şekil 5.9. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar Sınırsız Dr Mesafesinde.....	54

## GRAFİKLERİN LİSTESİ

Grafik	Sayfa
Grafik 5.1. Dörtgensel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit.....	24
Grafik 5.2. Dörtgensel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluğun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları .....	26
Grafik 5.3. Dörtgensel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısı sabit.....	27
Grafik 5.4. Dörtgensel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları .....	29
Grafik 5.5 Dörtgensel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluk sabit.....	31
Grafik 5.6. Dörtgensel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluğun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları.....	33
Grafik 5.7. Dörtgensel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısı sabit.....	34
Grafik 5.8. Dörtgensel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları .....	36
Grafik 5.9. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit.....	39
Grafik 5.10. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluğun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları.....	40
Grafik 5.11. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısı sabit .....	42
Grafik 5.12. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları .....	43
Grafik 5.13. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluk sabit.....	46
Grafik 5.14. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluğun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları.....	48
Grafik 5.15. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısı sabit.....	49
Grafik 5.16. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları .....	50
Grafik 5.17. Baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit dairesel algılayıcı.....	55
Grafik 5.18. Baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit dairesel.....	56

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Dairesel ve Dörtgensel Alanlar İçin.....	51

## KISALTMALAR

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>AA</b>	Algılayıcı Ağlar –Sensor Networks
<b>GTA</b>	Gezgin Tasarısız Ağlar – Wireless Ad hoc Networks
<b>LP</b>	Doğrusal Programlama – Linear Programming
<b>NBC</b>	Nükleer, Biyolojik, Kimyasal – Nuclear, Biologic, Chemical
<b>MAC</b>	Ortam Erişim Kontrolü – Media Access Control
<b>CSMA</b>	Taşıyıcı Dinleyen Çoklu Erişim – Carrier Sense Multiple Access
<b>SMACS</b>	Algılayıcı Ağlar için Kendiliğinden Oluşmuş Ortam Erişim Kontrolü - Self-organizing Medium Access Control for Sensor networks
<b>EAR</b>	Dinleme ve Kayıt – Eavesdrop And Register

## SİMGELERİN AÇIKLANMASI

$P_{txi,j}$	i düğümünden j düğümünde 1 bit veri iletimi için harcanan enerji
$P_{rx}$	1 bit veri almak için harcanan enerji
$\rho$	algılayıcı düğümünün elektronik donanımında harcanan enerji
$\varepsilon$	alıcı-vericinin verimlilik faktörü
$\alpha$	yol kayıp faktörü
$d_{ij}$	i düğümü ve j düğümü arasındaki mesafe
$s_i$	birim zamanda i düğümde üretilen bit sayısı
$e_i$	i düğümünün enerjisi

## BÖLÜM 1

### 1. GİRİŞ

Algılayıcı ağlar kavramı ilk kez 1980'lerin başlarında karşımıza çıkmıştır. Mikro elektro-mekanik sistemlerdeki gelişmeler ve kablosuz haberleşme sistemlerindeki ilerlemelerle birlikte 1990'lı yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır. İlk zamanlarda askeri alanda kullanılan kablosuz algılayıcı ağları; zamanla maliyetlerinin düşmesi, gelişen algılayıcı teknolojisi ve algılayıcı kabiliyetlerinin artmasıyla çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. [1]

Çok geniş bir kullanım alanına sahip olan algılayıcı ağları sürekli veri toplamada, olay belirleme ve tanımlamada, konum belirlemede ve yerel kontrollerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sadece yaygın kullanım alanına sahip olmaları değil, özellikle de kritik uygulamalarda tercih edilmeleri sebebiyle algılayıcı ağlarda veri güvenliği ve gizliliği çok önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu cihazlar çok fonksiyonel olmalarına rağmen açık bir haberleşme yapısına sahiptirler ve bu özelliklerinden ötürü bilinen güvenlik mekanizmalarının, gizlilik, bütünlük, erişilebilirlik vb. özelliklerini algılayıcı ağlarda sağlayamadıkları saptanmıştır. [2-3]

Algılayıcı Ağlar (AA), algılayıcı düğümlerin topladıkları veriyi bir baz istasyonuna göndermeleri şeklinde çalışır. Burada iki algoritma çeşidiyle karşılaşılmaktadır. Bunlar; 1-) En az yaşam süresini en iyilemek. 2-) Toplam enerji harcanımını en aza indirmek.[4] AA'lardan farklı koşullar altında, algılayıcıların güç kaynakları yenilenmeden uzun süre çalışması beklenmektedir. Binlerce düğümden oluşabilecek AA'larda bu yüzden yaşam süresinin en iyilemesi gerekmektedir. Ağ içindeki trafiğin dengeli ve güvenli bir şekilde yönlendirilmesi algılayıcıların enerjilerini uzun

süre kullanabilmesi için önemli etkenlerdir. Bu problem bir en iyileme problemi olup en iyileme probleminin çözümünde doğrusal programlama kullanımı yaygındır. Bir AA sisteminin yaşam süresi ağda enerjisi biten ilk düğümün yaşam süresi ile tanımlıdır.

Algılayıcı ağlarda, düğümlerin enerji kullanımının büyük bir kısmı veri gönderimi ve alımı sırasında olmaktadır. Bu gönderme işlemini, direk olarak ya da başka algılayıcılar aracılığıyla da yapabilirler. Verilerini kendi etraflarında her yöne doğru gönderim yaparlar. Haberleşme için harcanan enerjinin optimize edilmesi ağ ömrünü belirgin şekilde uzatacaktır. Bu araştırmada AA'ların yaşam sürelerini uzatmanın yanı sıra bu verilerin istenmeyen alıcılar tarafından dinlenmesi istenmemektedir. Bu konuda ilk olarak, sanal bir mesafe belirlenerek bu mesafeden uzağa algılayıcıların verilerini göndermeleri engellenmektedir. Daha sonrada istenmeyen algılayıcıların durumlarına göre ağ algılayıcılarının verilerini gönderebilecekleri mesafeler kısıtlanmaktadır. Bu proje kapsamında algılayıcıların yuvarlak ve dörtgen alanlara rasgele yerleştirilmiş oldukları ve baz istasyonun da farklı yerlerde olduğu kabul edilmektedir.

Bu çalışma şu şekilde yapılandırılmıştır; 2. bölümde Algılayıcı Ağlar tanımlanmıştır. 3. bölümde doğrusal programlama anlatılmış ve gözlemlenememe kısıdıyla yaşam süresini maksimum hale getirmek için LP formulasyon yapısı verilmiştir. 4. bölümde algılayıcı ağların yaşam süreleri ve modellerden bahsedilmiştir. 5. bölümde yapılan simülasyon çalışmaları ve değerlendirmeleri anlatılmıştır. Bölüm6'da ise çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir.

## BÖLÜM 2

### 2. ALGILAYICI AĞLAR

#### 2.1. AA'ların Yapısı

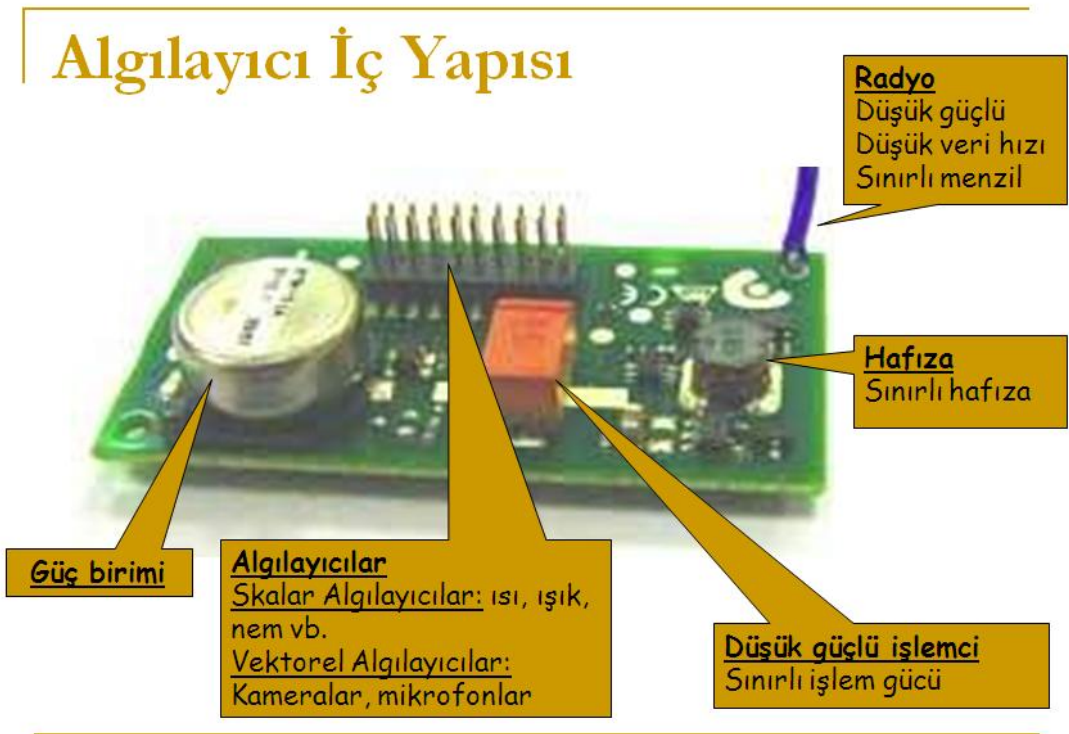
Teknolojik gelişmelerin devamlılığıyla kablosuz iletişim ve elektronikteki ilerlemeler küçük boyutlu, ucuz, az enerji harcayan ve fonksiyonel olan algılayıcı düğümlerin üretilmesini sağlamaktadır. Çok geniş bir kullanım alanına sahip olan algılayıcı ağlar sürekli veri toplamada, olay belirleme ve tanımlamada, konum belirlemede ve yerel kontrollerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bunun sayesinde fiziksel bir olayın takip edilmesini mümkün kılmaktadırlar. Algılayıcı düğümler sayesinde çok çeşitli veriler toplanabilmektedir. Farklı ortam ve alanlara dağılan, fiziksel olayları gözlemleyen ve kablosuz olarak haberleşen yüzlerce düğüm algılayıcı ağlar kavramını oluşturmaktadır [1]. AA'ların belirli bir alt yapıları, topolojileri yoktur; algılayıcı düğümler rastgele olarak yerleştirilmektedir. Bu yüzden AA'lar farklı alanlarda ve değişik koşullarda çalışabilmeli ve kendi ağlarını organize edebilmelidirler.

AA'ların avantajları;

- Kolay kurulum, bakım ve düşük maliyete sahiptirler. Yüzlerce algılayıcının yerleştirildiği geniş alanlarda bazı algılayıcıların bozulması tüm sistemi fazla etkilemeyeceği için bakım maliyetleri azdır.
- Yüksek taşınabilirlik sağlamaktadır. Çünkü kablo ve alt yapıya ihtiyaç duymamaktadır.
- Çevresel olay ve değişimleri takip etme özelliğinden dolayı yeniden kullanılabilirler.



- Geniş alanlara yoğun bir şekilde dağıtıldıkları için kapsama alanları genişleyebilmektedir. Ayrıca bu şekilde geniş alanlara yoğun şekilde dağılımları hataya karşı toleranslarını da arttırmaktadır. Çünkü birkaç yakın algılayıcının yakın verileri toplayıp ilemesiyle bu sağlanabilmektedir.
- Çevresel durumlardan çok etkilenmedikleri için her zaman, her koşulda ve yerde rahatlıkla kullanılabilirlerdir.



Şekil 2.1 Bir algılayıcı düğümün içyapısı

AA'lardaki algılayıcı düğümler algılayıcılar, radyo alıcı ve vericisi, işlem birimi, sınırlı hafıza ve güç kaynağı olmak üzere beş temel birimden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Algılayıcıların boyutları değişen ihtiyaçlara göre bir kibrit kutusu boyutunda veya daha küçük boyutlarda olabilir [5,6]. AA'ların çalışma koşulları ve ortamları göz önüne alındığında bu birimlerden en kısıtlayıcı olanının güç kaynağı olduğu görülür.

## 2.2. AA Tasarım Kısıtları

AA'ların tasarımında güç tüketimi, ağ topolojisi, hata toleransı, ölçeklenebilirlik, üretim maliyeti, donanım kısıtları, çevre kısıtları, güvenlik kısıtları gibi birçok kistas etkilidir. Bu kistasları kısaca açıklarsak;

**Güç tüketimi:** AA'lar tasarlanılırken hesaplanması gereken en önemli kistas algılayıcı düğümlerinin güç tüketimidir. Algılayıcı düğümleri sınırlı güç kaynaklarına sahiptirler ve bu güç kaynaklarının yenilenmesi çoğu zaman mümkün olmadığı için güç tüketimi efektif bir şekilde ayarlanmalıdır.

**Ağ topolojisi:** AA'lar geniş alanlarda yoğun bir şekilde yerleştirilebildiği için ağ topolojisi bakımından değişiklikler göz önünde bulundurularak kurulumlarının yapılması gerekmektedir.

**Hata toleransı:** Ağdaki algılayıcı düğümlerden bazılarının devre dışında kalmasına rağmen ağın faaliyetlerini sürdürebilmesidir.

**Ölçeklenebilirlik:** AA kullanıldığı faaliyete göre yüzlerce hatta binlerce düğümden oluşabileceği için AA ölçeklenebilir bir yapıda oluşturulmalıdır.

**Üretim maliyeti:** Ağlarda binlerce düğüm kullanılacağı için algılayıcı düğümlerinin maliyetinin düşük olması gereklidir.

**Donanım kısıtları:** Algılayıcıların donanımları düşük maliyetli, zor şartlarda çalışabilecek, farklı ortamlara adapte edilebilecek, yüksek hacimsel yoğunlukta yerleştirildikleri ortamlarda çalışacak şekilde olmalıdır.

**Çevre kısıtları:** AA'lar birbirinden farklı ve zor çevre koşullarında izlenimlerde bulunabilecekleri için izlenilecek fiziksel olaya göre bakım gerektirmeden çalışabilecek bir yapıda olmalıdırlar.

**Güvenlik kısıtları:** Çok yaygın kullanılmasına rağmen güvenlik konusunda çok yetersiz kalan AA'ların dışarıdan dinlenmeleri engellenmelidir.

Algılayıcı ağların Mobil Ad-hoc ağlarla çok benzer özellikler gösterdikleri göz önünde bulundurulmaktadır. Geleneksel kablosuz ad-hoc ağlar için birçok algoritma ve protokol önerilmiş olsa da, bu algoritma ve protokoller algılayıcı ağlarının eşsiz özellik ve uygulama gereksinimlerine uymamaktadır[7,8]. Algılayıcı ağlar hatalara eğilimli ve genel kimliğe sahip olmayabilir ancak yine de geleneksel kablosuz ad-hoc ağlara göre bazı avantajlara sahiptir:

- Binlerce algılayıcının dağıtılmasıyla çok geniş alanların kapsanmasına olanak sağlarlar.
- Ağ oluşturmuş olan algılayıcılar, bir algılayıcının hatası durumunda da doğru bir şekilde çalışmaya devam ederler. Böylece, geniş ölçüde hata toleransı sağlamış olurlar.
- Algılayıcı ağlar ayrıca sink düğümlerinin başka ağlara (İnternet, Geniş Alan Ağları, vb.) bağlantı sağlamasıyla uzaktan erişim olanağını arttırırlar.

- İnsan müdahalesini ve yönetimini azaltabilirler.
- Gözetimsiz, erişimi zor bölgelerde çalışabilirler.

### **2.3. AA'ların Uygulama Alanları**

AA'ların uygulama alanları, algılayıcı tiplerinin genişliği oranında çeşitlendirilebilmekle beraber, sağladıkları birçok avantajla günümüzdeki kablolu ağ uygulamalarına alternatif olmuş ve kablolu ağlarla yapılamayan birçok uygulamanın gerçekleştirilmesini mümkün kılmıştır. Bu uygulamalar aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir [1]:

#### **Çevresel Uygulamalar**

- Orman yangını, sel, deprem, gibi doğal afetlerin ölçümlendirilmiş olarak hızlı bir şekilde ihbar edilmesinde
- Hava kirliliği tespiti ve ayrıntılı rapor alınmasında
- Doğal yaşamın gözlenmesinde

#### **Sağlık Uygulamaları**

- İnsanların fizyolojik verilerinin uzaktan izlenmesi
- Hastanede bulunan doktorların yerinin ve hastaların durumunun (kalp atışı, kan basıncı vb.) izlenmesi
- Hastanedeki ilaç dağıtımının yönetimi

#### **Ticari Uygulamalar**

- Küçük çocukların konumlarının aileleri tarafından takip edilmesi
- Güvenlik ihtiyaçları, hırsızların tespiti
- Envanter yönetim yardımcı aracı
- Araçların izlenmesi ve tespit edilmesi

## **Askeri Uygulamalar**

- Dost kuvvetlerin teçhizat ve cephanesinin izlenmesi
- Savaş alanının gözlenmesi
- Arazi hakkında keşifte bulunma
- Hedefin konumu, sürati gibi hedef bilgilerinin tespiti
- Düşmana verdirilen hasar miktarının tespit edilmesi
- Nükleer, biyolojik ve kimyasal (NBC) saldırı ihbarının alınması ya da keşfi

## **Yapı Otomasyonu Uygulamaları**

- İzleme ve kayıt
- Güvenlik
- Işıklandırma kontrolü
- Yangın alarm sistemleri
- Akıllı evler

## **2.4. AA'larda Yaşam Ömrü**

AA'ların yaşam süresini algılayıcıların pil ömürleri belirlemektedir. Algılayıcılar ne kadar çok pillerini verimli kullanabilirse o kadar çok ağın yaşam süresi artmaktadır. Algılayıcılar pillerini veri toplama, veri işleme ve haberleşme işlemlerinde kullanmaktadırlar. AA'lardaki düğümler elde ettikleri verileri ya merkezdeki algılayıcıya ya da belirtildiği yerdeki ana algılayıcıya iletmektedir. Bu veriler iletilirken en az pil harcaması için en uygun şekil nasılsa o şekilde algılayıcılar iletmektedirler. En uygun şekilde iletilmesi içinde AA'larda yönlendirme problemini çözmeye yönelik birçok algoritmalar geliştirilmiştir. Bu yönlendirme algoritmalarında algılayıcı ağların uygulama ve mimari kısıtlamaları ve algılayıcı düğümlerinin karakteristikleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu algoritmalar genel olarak veri-merkezli, hiyerarşik, konuma ve ağ akışına göre ya da bazı kalite servis parametrelerini sağlama amaçlıdır. Veri merkezli protokoller verilerin tanımlanması ile artık verilerin iletimini azaltma amaçlı olarak çalışır. Hiyerarşik protokollerde ise

düğümde kümeleşme sağlanarak küme başlarının artık veriyi enerji kazancı sağlamak amacı ile azaltmasını hedefler. Konum tabanlı protokollerde ise yer bilgisinden yararlanılarak verinin en efektif biçimde istenilen yere gönderilmesi sağlanır.

AA'lar, gezgin tasarısız ağlardan(GTA) ve diğer haberleşme yöntemlerinden farklı karakteristik özelliklere sahip olduğu için yönlendirme işlemi daha zordur. AA'lar binlerce düğümden oluşabileceği için genel bir adresleme şeması oluşturulması mümkün değildir. Bu yüzden klasik IP-tabanlı protokoller AA'lara uygulanamaz. Bunun yanında AA'larda farklı bölgelerde bulunan düğümlerde toplanan veriler tipik haberleşme ağlarından farklı olarak bir alıcı istasyonunda toplanır. Ayrıca yan yana bulunan algılayıcı düğümlerin aynı veriyi kaydetmesinden dolayı ağda toplanan verilerin oluşturduğu trafikte fazla sayıda gereksiz veri bulunabilir. AA'lar haberleşme enerjisi, elektronik donanımın harcadığı enerji, depolama ve işlem gücü bakımından kısıtlamalara sahiptir. Bunun yanında sadece bireysel düğümlerin enerji tüketimini azaltmak bir AA'nın en verimli şekilde çalışması için yeterli değildir. AA içinde güç tüketimi dengelenmelidir, bu sayede bazı düğümlerin enerjilerinin erken tükenmesi ile ağ içinde izlenemeyen alanların oluşması engellenmiş olur.

AA'ların ömrünü uzatmak için literatürde tasarlanmış birçok yönlendirme algoritması vardır. Hua ve Yum geometrik bilgilere dayanan bir yönlendirme algoritması tasarlamıştır[9]. Sankar ve Liu [8], Madan ve Lall [10] dağıtık yönlendirme algoritmaları tasarlamış ve izlenecek en iyi yolun bulunmasını sağlamıştır. Park, Srivastava, Singh, Woo ve Raghavendra AA'larda enerji odaklı yönlendirme protokolleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu protokollerde en iyi yollar, yol üzerindeki algılayıcı düğümlerin enerjilerine göre seçilmiştir[11-12]. Daha uzun fakat daha çok enerjiye sahip düğümler kısa ve az enerjiye sahip düğümlere karşı tercih edilir. Yol seçiminde en az iletim enerjisinin seçildiği yöntemlerde vardır [13,14]. Bu algoritmalarda iletim enerjisini azaltmak için ortalarda yer alan düğümler tercih edilmektedir. Cristescu ve diğerleri [15], Goel ve

Estrin [16] AA'nın ömrünü uzatmak için veri kümelenmesi yöntemi ile ağda bulunan gereksiz veriyi kullanmayarak trafiği azaltma yolunu kullanmışlardır.

AA'larda enerjiyi verimli bir şekilde kullanarak, AA'nın ömrünü uzatmak için de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bazıları çeşitli MAC protokolleri geliştirerek [17-19], bazıları ise farklı yönlendirme algoritmaları hazırlayarak AA'nın ömrünü uzatmaya çalışmışlardır. Var olan MAC protokollerinde esas olarak servis kalitesini sağlamak ve bant genişliğini verimli bir şekilde kullanmak amaçlanmaktadır. Woo ve Culler AA'lar için tasarlanmış CSMA tabanlı bir protokol [17], Sohrabi ve diğerleri ise yine MAC protokolleri olan SMACS ve EAR'ı [18] geliştirmişlerdir. Bu protokollerde enerji kazancı için algılayıcı düğümün boş olduğunda algılayıcının geçici bir süre kapanması ve ortamı sabit aralıklarla dinleme gibi yöntemler kullanılmıştır.

## **2.5. AA'larda Güvenlik**

Güvenlik ve gizlilik birçok AA uygulamasında aşırı derecede öneme sahiptir. Tüm bu uygulamaların çok sayıda yararı vardır ve geliştirilme potansiyelleri yüksektir; ancak algılayıcı bilgisi düzgün bir şekilde korunmaz ise bilginin yanlış sonuçlara yol açacak şekilde tahrip edilmesi olasıdır.

AA uygulamaları ne kadar yaygınlaşırsa ve karmaşıklaşırsa, bu sistemlerin yetkisiz kullanıcılara karşı korunmasının önemi artacaktır. Algılayıcı ağ uygulamaları çok çeşitli fiziksel ortamlarda ve kısıtlamalar altında çalışmaktadır. Algılayıcı ağ düğümlerinin etkin bir şekilde kullanılmasında her uygulama için farklı uyarlamalar ve tasarımlar gerekecektir. Çünkü güvenlik ve gizliliğin sağlanması önemli ölçüde hesaplamaların yapılmasını gerektirmektedir.

## BÖLÜM 3

### 3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA (LP)

Matematik biliminde, özellikle yöneylem araştırması uygulamalı dalında, doğrusal programlama problemleri bir doğrusal amaç fonksiyonun doğrusal eşitlikler ve eşitsizlikler kısıtlamaları ile optimizasyon yapılmasıdır. Bir optimizasyon modeli eğer sürekli değişkenlere ve tek bir doğrusal amaç fonksiyonuna sahipse ve tüm kısıtlamaları doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerden oluşuyorsa, doğrusal (lineer) program olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, modelin tek-amaçlı fonksiyonu ve tüm kısıtlamaları, süreklilik gösteren karar değişkenlerinin ağırlıklı toplamlarından oluşmalıdır.

Doğrusal programlamadaki(LP) doğrusal (lineer) sözcüğü, modeldeki tüm matematiksel fonksiyonların doğrusal (lineer) olması gerektiğini belirtir. Programlama kelimesi ise bilgisayar programlamaya işaret etmez; daha çok planlama ile eş anlamlıdır. Dolayısıyla doğrusal programlama, birçok uygun alternatif arasından belirlenmiş bir hedefe uyan optimal çözümü bulacak aktivitelerin planlanmasını içerir.

Doğrusal Programlama; kaynakların optimal dağılımının, kaynakların seçenekli dağılımının, optimal üretim bileşiminin, minimum maliyeti veren girdi bileşiminin, en uygun karın ve en az maliyetin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Doğrusal programlama değişkenlere ve kısıtlayıcı şartlara bağlı kalarak amaca en iyi ulaşma tekniğidir.



### 3.1. Doğrusal Programlama Modeli

Modellerdeki amaç, fazla matematiksel olmayan terimler ile bir seri doğrusal eşitlik veya eşitsizlik şeklinde ifade edilmiş koşullara bağlı olarak (en küçük maliyet veya en büyük kâr gibi) en iyi sonuca varılmasıdır.

Matris notasyonu kullanılarak

$$\begin{array}{ll} \text{maks} & \mathbf{c}^T \mathbf{x} \\ \text{kısıtlar} & \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b} \\ & \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \end{array}$$

Burada

$\mathbf{c}$  amaç fonksiyonu katsayılarını (1xn) kapsayan vektördür ve T-üstü transpoz notasyonu olup

$\mathbf{x}$  değişkenleri kapsayan bir (1xn) vektördür.

$\mathbf{A}$  bir (mxn) katsayılar matrisidir.

$\mathbf{b}$  (mx1) sol-tarafta olan sabit değerler vektörüdür.

Genel olarak bir doğrusal programlama probleminde  $\mathbf{A}$  ve  $\mathbf{b}$  matrisleri sayısal değerler halinde problem başlangıcında verilir ve  $\mathbf{x}$  vektörü için sayısal değişken değerleri sonuç olarak, problem çözülmekle bulunur.

Her doğrusal program problemi bir genel standart doğrusal program problemine (yani kanonik şekile) dönüştürülebilir. Matematiksel olarak bir genel standart doğrusal program problemi basitçe bir şekilde şöyle ifade edilir:

- **Amaç fonksiyonu** - Bir maksimize edilecek doğrusal amaç fonksiyonu
  - Genel olarak n değişkenli problem için:

$$\begin{array}{l} \text{maks } \mathbf{c}^T \mathbf{x} \text{ veya} \\ \text{maks } c_1 x_1 + c_2 x_2 + \cdots + c_n x_n. \end{array}$$

- Örnek olarak 2 değişkenli problem için:

maksimum bul  $c_1x_1 + c_2x_2$

- **Kısıtlamalar** - Doğrusal eşitsizlik veya eşitlik halinde kısıtlayıcı koşullar:

- Genel olarak n değişkenli m kısıtlamalı problem için:

kısıtlar  $A\mathbf{x} \leq \mathbf{b}$

veya

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

- Örnek olarak 2 değişkenli ve 3 kısıtlamalı problem için

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \leq b_3$$

- **Negatif olmama kısıtlamaları** - Sonuç değişken değerlerinin 0 veya pozitif değerde olmaları:

- Genel olarak n değişkenli problem için:

$$\mathbf{x} \geq 0$$

veya

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

- o Örnek olarak 2 değişkenli problem için

$$x_1 \geq 0 \text{ ve } x_2 \geq 0$$

Bu problem kolaylıkla matris şekline dönüştürülebilir:

$$\text{maksimum bul: maks } \mathbf{c}^T \mathbf{x}$$

$$\text{kısıtlamalar: kısıtlar } \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \geq 0$$

Doğrusal programlama farklı eşitlik ya da eşitsizliklerle de oluşabilir. Bunlardan birkaç örnek verelim: minimizasyon problemleri; değişik şekillerde ( $\geq$  veya = halinde) verilen kısıtlamalar; negatif değişken kapsayan problem vb. Bütün bu değişik şekiller uygun dönüşümler kullanılarak standart forma dönüştürülebilirler.

Doğrusal programlama modelinden tutarlı sonuçların elde edilmesi aşağıda ele alınacak varsayımlara bağlıdır:

#### **a) Doğrusallık Varsayımı**

Bu varsayım bir fonksiyonun girdileriyle çıktıları arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu gösterir. Ayrıca amaç fonksiyonu açık bir şekilde matematik olarak ifade edilmelidir. Amaç fonksiyonunun doğrusal olabilmesi için karar değişkenleri  $X_j$  lerin birinci dereceden ve  $(C_j)$  katsayıları da sabit olmalıdır.

#### **b) Toplanabilirlik Varsayımı**

Bu varsayım değişik kısıtlara kaynak olan girdilerinin toplamının her bir işlem için ayrı ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olduğunu gösterir. Örneğin bir iş iki saatte, diğeri üç saatte yapılıyorsa, iki işi birden yapmak için beş saate gerek vardır.

### **c) Sınırlılık Varsayımı**

Probleme kullanılan kaynaklar sonludur. Bu nedenle probleme giren girdiler ile çıkan miktarlar kısıtlanır.

### **d) Negatif Olmama Varsayımı**

Doğrusal programlamada yer alan temel, aylak ve artık değişkenlerin değeri sıfır ya da sıfırdan büyük olmalıdır.

Doğrusal programlama probleminin çözümünde kullanılan tanımları şöyle sıralayabiliriz:

- i) Uygun çözüm: Doğrusal programlama probleminin tüm kısıtlarını doyuran çözüm.
- ii) Optimal çözüm: Tüm uygun çözümler arasında amaç fonksiyonunu en iyi karşılayan optimal çözümdür.
- iii) Dejenere (bozulan) çözüm: Çözümün bir veya birkaç temel değişkeninin değeri sıfırsa, bozulan çözüm adı verilir.

### **e) Bölünebilirlik Varsayımı**

Bu varsayım, her karar değişkeninin ondalıklı bir sayı olabilmesine imkân verir.

### **f) Kesinlik Varsayımı**

Bu varsayım, tüm parametrelerin ( amaç fonksiyonu katsayısı, sağ el tarafı ve teknolojik katsayı ) kesin olarak bilinmesini öngörür. Eğer bu değerler tam olarak bilinmiyorsa, sonuç güvenilir olmayacaktır.

Bu LP varsayımları göz önünde bulundurularak AA enerjisinin efektif bir şekilde kullanılma ve AA ömrünün maksimize edilme gibi birçok çalışmalarda LP yaygın olarak kullanılmıştır. Ergen ve Varaiya [4] AA ömrünü LP ve iki farklı çok atlamalı

yönlendirme şeması kullanarak araştırmışlardır. Bu şemalardan birinde toplam enerji kullanımını en aza indirilmeye, diğerinde ise ağ ömrü en uzuna çıkarılmaya çalışılmıştır. Chang ve Tassiulas [20] LP kullanarak AA'lardaki yönlendirme problemini modellemiştir. Bu modelle haberleşme enerjilerini ve düğüm enerjilerini kapsayan en kısa yol algoritması sunmuşlardır. Analizlerinde optimal ağ ömrüne doğrusal programlama ile ulaşıldığı görülmektedir. Cheng, Z., Perrilo ve M., Heinzelman [21] AA'lardaki aktif nokta problemini çözmek için LP modeli oluşturmuşlardır. Modelleri ile ağ büyüklüğünün, düğüm sayısının, baz istasyonu sayısının, kümeleşmenin yaşam süresi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Madan ve Lall [10] ise doğrusal programlama ile birlikte dağıtık bir model kullanarak AA ömrünü en iyilemeye çalışmışlardır. Modelleri düşük algoritma karmaşıklığına sahiptir ve optimal yönlendirme şemasını bularak AA ömrünü eniyilemektedir. Literatürde daha birçok LP kullanarak AA yaşam süresini optimal olmasını inceleyen araştırmalar ve çalışmalar mevcuttur [22–24].

Varsayımların hepsi beraber göz önünde bulundurulmaktadır. Bu araştırmada, AA'ların yaşam sürelerinin optimize edilmesi amaç fonksiyonu, algılayıcıların toplam enerjileri ve gönderim mesafeleri kısıtlar olarak ele alınmış. Doğrusal programlar tanımlanmış ve akış optimizasyonları ile güvenli bir şekilde maksimum yaşam süresine ulaşılmaya çalışılmıştır.

### 3.2. Kullanılan Doğrusal Programlama Modeli

Algılayıcı düğümlerin yaşam süresi olan  $t$ 'yi maksimize etmek için optimizasyon problemi, aşağıdaki kısıtlara sahiptir;

$$\begin{aligned} & \text{Maks } t \\ & f_{ij} \geq 0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$l_i \geq d_{ij} \quad i \in [2, N] \quad (3.2)$$

$$\sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} = s_i t \quad i \in [2, N] \quad (3.3)$$

$$\left\{ \left[ P_{rx} \left( \sum_j f_{ji} \right) + P_{tx,ij} \left( \sum_j f_{ij} \right) \right] \right\} \leq e_i \quad i \in [2, N] \quad (3.4)$$

Bu kısıtlardaki;  $f_{ij}$  i düğümünden j düğümüne gönderilen veriyi,  $f_{ji}$  i düğümünün j düğümünden aldığı veriyi,  $s_i$  i düğümünün birim zamanda ürettiği veriyi,  $d_{ij}$  i düğümü ile j düğümü arasındaki gönderim mesafesini,  $\ell_i$  i düğümünün veriyi en fazla gönderebileceği mesafeyi,  $P_{tx,ij}$  1 bitlik verinin gönderimi için harcanan enerjii,  $P_{rx}$  1 bitlik veriyi almak için harcanan enerjii,  $e_i$  i düğümünün enerjisini göstermektedir.

Baz istasyonu hariç diğer bütün düğümlerin bu kısıtlamalara uygun bir şekilde optimal sonuç elde etmeleri sağlanmaktadır. Burada ilk kısıt, bütün akışların negatif olmayan bir değer olduğunu göstermektedir. İkinci kısıt, toplamda bir düğümünden çıkan bilgilerden, toplamda o düğüme giren bilgiler çıkarıldığında düğümün geçen sürede ne kadar veri ürettiğini vermektedir. Üçüncü kısıt, düğümün gönderebileceği mesafenin belirtilen mesafeden daha fazla olmamasını, dördüncü kısıt ise veri alırken ve yollarken harcanan enerjilerin toplamının düğümün enerjisinden fazla olamayacağını söylemektedir. Burada ayrıca ağı dinleme ve tahmin etme enerjileri de vardır fakat bu çalışmada göz ardı edilmektedir. Veri gönderimi, alımı ve üretimi üzerinde yoğunlaşmıştır.

## BÖLÜM 4

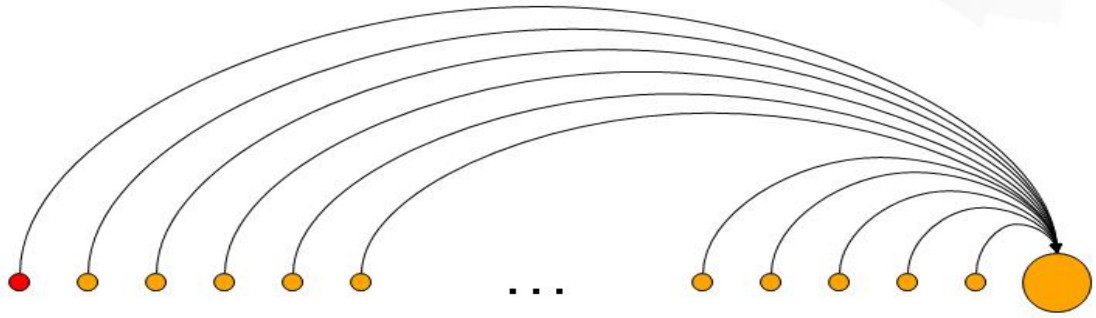
### 4. ALGILAYICI AĞLARDA YAŞAM SÜRESİ EN İYİLEMESİ

#### 4.1. Algılayıcı Ağlarda Aktif Nokta Problemi

Daha önceki yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere algılayıcı ağlarda düğümler arasındaki veri iletişimi sırasında, çok atlamalı yönlendirme direkt iletimle karşılaştırıldığında enerji tasarrufu bakımından daha iyi sonuçlar vermektedir. AA'lar genelde tek bir baz istasyonundan oluşup ağ içinde çoktan teke doğru bir trafik olduğundan ağ içinde alıcı etrafında aktif noktalar oluşma ve enerjinin ağda dengesiz bir şekilde tüketilme olasılığı meydana gelmektedir. Bu aktif noktalardaki düğümlerin üzerinden diğer düğümlere göre daha fazla trafik geçeceğinden enerjileri daha çabuk tükenecektir. Ağın ömrünü ağda devre dışı kalan ilk algılayıcı düğümünün ömrü ile eşit olarak tanımlarsak [25-27], aktif nokta problemi AA'nın ömrünün kısaltılmasına neden olacaktır.

#### 4.2. Algılayıcı Ağlarda Yönlendirme Teknikleri

AA'larda yönlendirmede tek atlamalı ve çok atlamalı iletim tekniklerinin kullanıldığı bilinmektedir. Tek atlamalı iletim kullanıldığında algılayıcı düğümler topladıkları veriyi direkt olarak baz istasyonuna iletmektedir(Şekil 4.1). Çok atlamalı yöntemde ise toplanan veri birden fazla düğümden geçerek baz istasyonuna yönlendirilmektedir(Şekil 4.2). Tek atlamalı yöntemde uzak düğümlerin daha fazla enerji kullanması gerekmektedir ve böylece enerjileri çok daha çabuk bir şekilde tüketerek AA'nın ömrünü önemli ölçüde kısaltırlar. Çok atlamalı sistemlerde ise ağ üzerindeki trafiğin büyük bir çoğunluğu baz istasyonuna yakın düğümlerden geçmekte ve buralarda oluşan aktif noktalar AA'nın ömrünü sınırlamaktadır.



Şekil 4.1 AA'larda tek atlamalı iletim akış şeması



Şekil 4.2 AA'larda çok atlamalı iletim akış şeması

Aktif nokta probleminin çözümü için literatürde iletim enerjisinin kontrolü ve en iyi iletim menziline bulma, kümeleme protokolleri gibi çözümler önerilmiştir [22-25]. Huang ve diğerleri [28] iletim menzili dağılımının optimize edilmesi problemi ele almış ve alternatif stratejiler olarak da çoklu veri alıcısı ve hareketli veri alıcıları yerleştirme ile kümeleme stratejilerini incelemiştir. Heinzelman ve diğerleri [24] kümeleme tabanlı olan ve küme başlarının yönetilmesini içeren LEACH, Huang ve diğerleri [28] ise yine kümeleme tabanlı LESCS protokolleri tasarlamıştır.

### 4.3. Akış Optimizasyonu

Yapılan tez çalışmasında literatürde de geçtiği gibi AA'nın ömrü servis dışı kalan ilk algılayıcı düğümün ömrü olarak kabul edilmiştir. Bunun arkasındaki düşünce ise algılayıcı düğümlerden herhangi birinin servis dışı kalması ile AA aracılığıyla izlenen olayın bir kısmının kapsama alanı dışında kalmasıdır. Bu da AA'larla yapılan güvenlik uygulamalarında önemli bir etkidir.



AA'larda ağın ömrünü belirleyici olarak algılayıcının kullandığı iletim enerjisinin algılayıcı düğümlerinin çalışma ve veri alma için kullandıkları enerjilerden daha etkili olduğu kabul görmektedir. Bu yüzden iletim enerjisinin en iyi şekilde kullanılması için düğümler arası trafiğin optimize edilmesi gerekmektedir. Bu optimize olayında istenmeyen algılayıcılar tarafından verilerin ele geçirilmemesi düşünülmelidir.

Yapılan çalışmada farklı ağ topolojileri ele alınmış, algılayıcılar rastgele dağıtılmış ve optimizasyon problemlerinde yaygın olarak kullanılan LP modeli ile akış optimizasyonu ve istenmeyen algılayıcılar tarafından gözlemlenme engellemesi yapılarak enerjinin ağ içinde dengeli bir şekilde kullanılması sağlanarak AA'nın güvenli bir şekilde ömrünün uzatılması amaçlanmıştır.

#### 4.4. Enerji Modeli

Bu projede, [21] de anlatılan enerji modeli kullanılmaktadır. Bu modelde verinin işlenmediği kabul edilmiştir. Bir bitlik bilginin gönderilmesi(4.1) ve alınması(4.2) için gereken enerji modelleri aşağıda gösterilmiştir[29];

$$P_{tx,ij} = \rho + \epsilon d_{ij}^{\alpha} \quad (4.1)$$

$$P_{rx} = \rho \quad (4.2)$$

$P_{tx,ij}$  : i düğümünden j düğümüne 1 bitlik veri iletimi için harcanan enerji

$P_{rx}$  : 1 bitlik veriyi almak için harcanan enerji

$\rho$  : algılayıcının elektronik devresindeki enerji harcaması

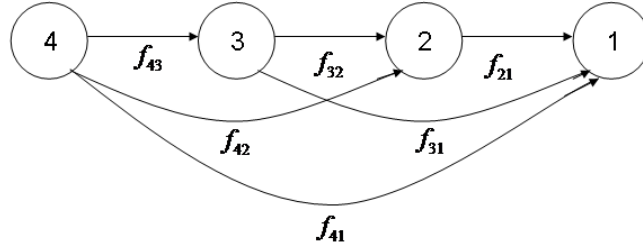
$\mathcal{E}$  : alıcı-vericinin verimliliği

$\alpha$  : yol kayıp faktörü

$d_{ij}$  : i düğümü ile j düğümü arasındaki mesafe

#### 4.5. Modelde Kullanılan Veriler

Bu araştırmada sistem parametreleri olarak birçok literatürde olanlar gibi  $\rho = 50 \mu\text{J}$ ,  $\varepsilon = 100 \text{ pJ}$ ,  $\alpha = 2$  seçilmiştir. Basit bir AA topolojisi olan Şekil4.3'te bir numaralı düğüm baz istasyonu olup i düğümünden j düğümüne veri akışları  $f_{ij}$ 'ler ile belirtilmiştir. Şekil4.3'teki doğrusal topoloji benzeri N adet algılayıcı rastgele yuvarlak ve dörtgenel ağalara yerleştirilmiştir.



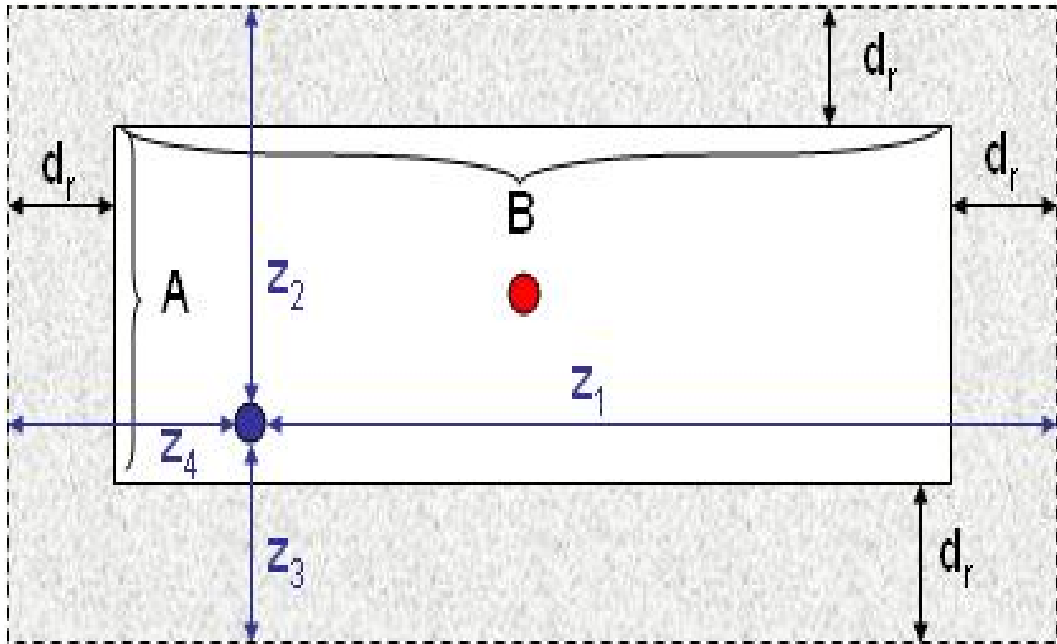
Şekil 4.3 Doğrusal Topoloji

Baz istasyonları da her ağ topolojisi için merkezde veya kenarda olmak üzere 2 farklı yerde bulunmaktadır. İncelemeler farklı algılayıcı sayıları için yapılmakta ve ayrıca algılayıcıların başlangıç enerjileri 2 Joule olarak kabul edilmektedir.

## BÖLÜM 5

### 5. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMELERİ

#### 5.1. Dörtgenel Alanda Baz İstasyonu Merkezde Olarak Yapılan İncelemeler



Şekil 5.1. Dörtgenel Alanda Baz İstasyonu Merkezde

Şekil5.1’de dikdörtgen şeklindeki algılayıcı ağ ve etrafındaki sanal ağımız görülmektedir. Ağın tüm kenarları sanal ağa eşit uzaklıktadır. Baz istasyonu merkezde bulunmaktadır ve ağ içindeki herhangi bir algılayıcının veri gönderebileceği mesafeler gösterilmektedir.

Burada iki durum incelenmektedir: ilkinde her algılayıcının gönderebileceği en fazla mesafe ( $Z_{\min}$ ) algılayıcının kendisi için geçerlidir. İkinci durumda ise ağ içerisindeki bütün algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler hesaplanmakta ve bunlar içerisinde en kısa olan tüm algılayıcıların gönderebileceği en fazla mesafe ( $Z_{\min}$ ) olarak belirlenmektedir.

Algılayıcı ağ alanları için kullanılan hesaplamalar;

$(V_A - Area) / Area$  , grafiklerdeki X eksenlerindeki sanal ağlarla algılayıcı ağ alanların farklarının ağ alanlarına oranlarının hesaplanması,

$((A + 2dr)(B + 2dr) - AB) / AB = K$  , sanal alanla algılayıcı alan arasında kalan mesafenin algılayıcı alana olan oranının hesaplanması,

$dr = \sqrt{2(A + B)^2 + 16KAB} - 2(A + B) / 8$  , sanal ağ ile algılayıcı ağ arasındaki  $dr$ 'nin elde edilmesi,

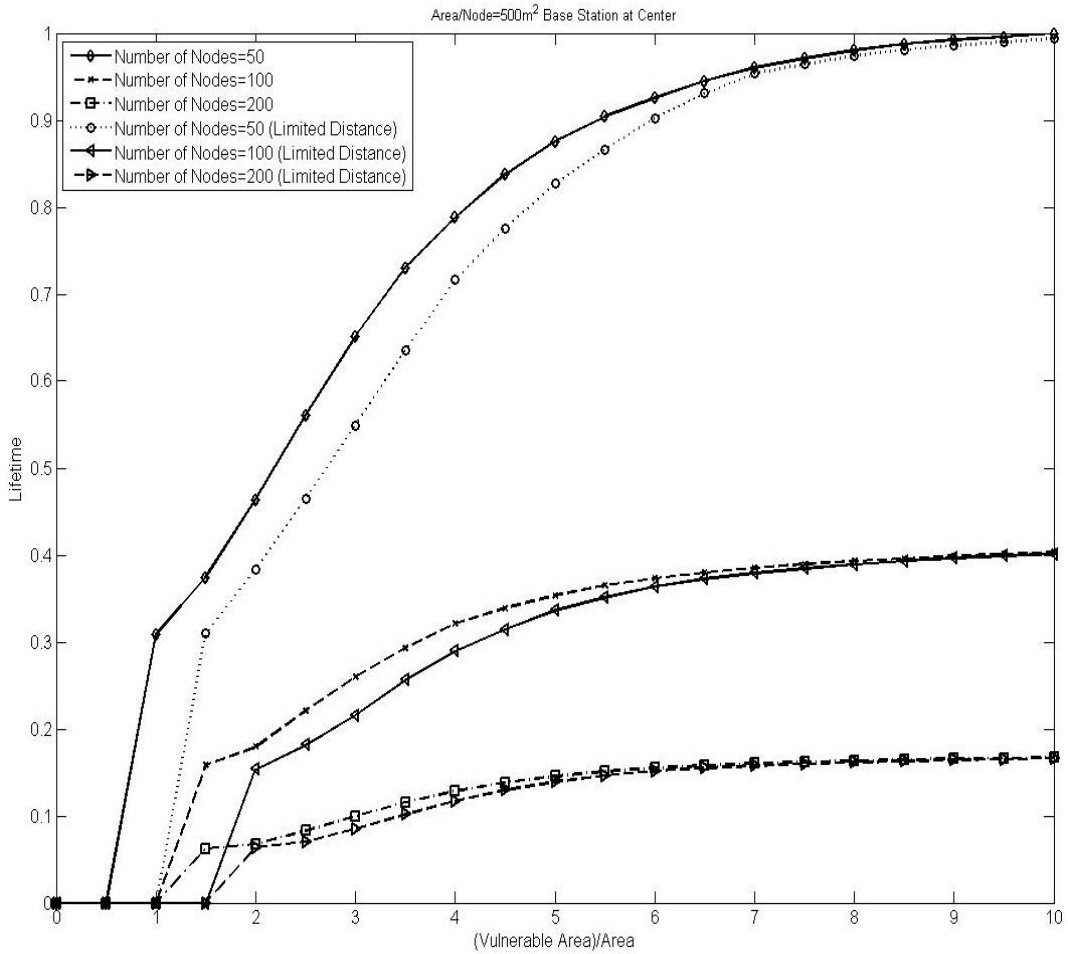
$Z_1 = |(B/2 + dr) - x|$  , algılayıcının sağ tarafındaki gönderim mesafesi hesaplaması,

$Z_2 = |(A/2 + dr) - y|$  , algılayıcının üst tarafındaki gönderim mesafesi hesaplaması,

$Z_3 = |(A/2 + dr) + y|$  , algılayıcının alt tarafındaki gönderim mesafesi hesaplaması,

$Z_4 = \left| (B/2 + dr) + x \right|$  , algılayıcının sol tarafındaki gönderim mesafesi hesaplaması,

$Z_{\min} = \min(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4)$  , algılayıcının gönderebileceği en fazla mesafe.

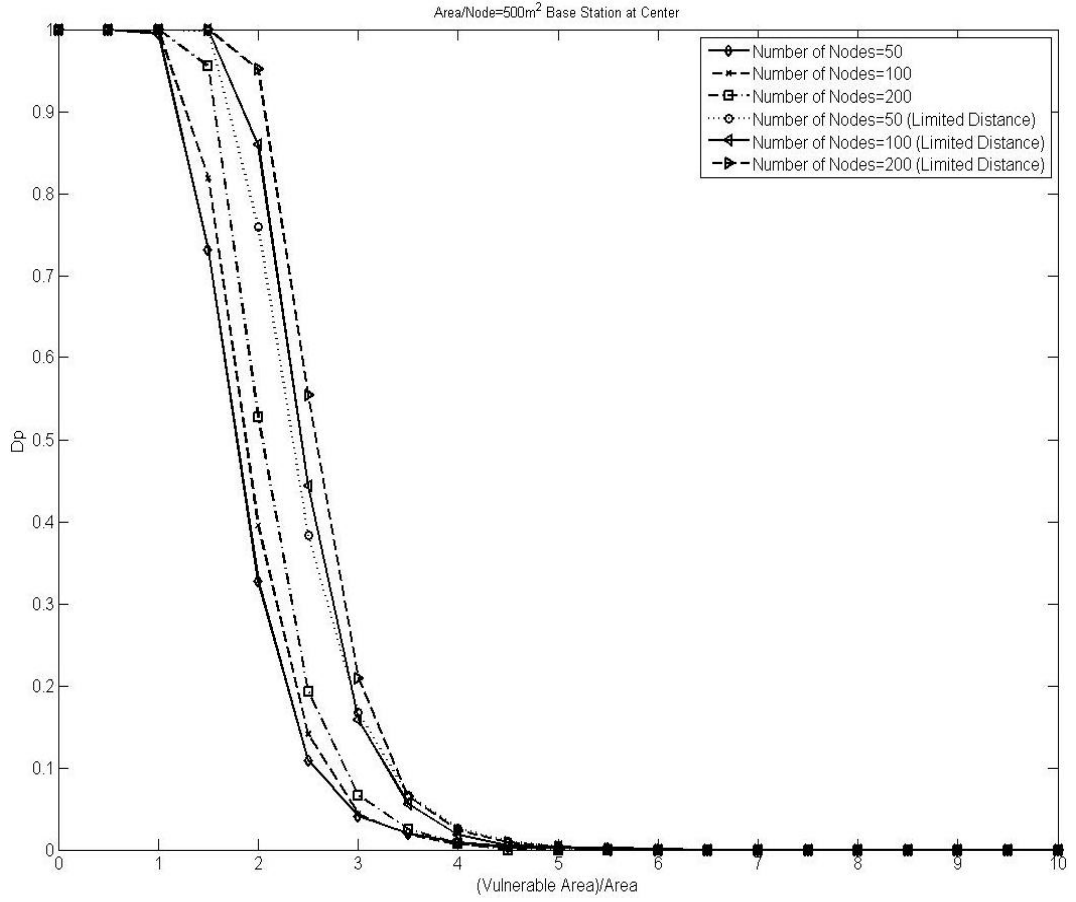


Grafik 5.1. Dörtgenel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit

Şekilde 5.1'de görüldüğü üzere dörtgen şeklindeki ağ yapımızda baz istasyonumuz merkezde ve yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı ) 500 m<sup>2</sup> olarak sabit durumdadır. Algılayıcı sayısının 50, yoğunluğu 500 ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 10 olduğu durum en iyi durumdur. Bu yüzden, dörtgenimizin A kenarı 50 m, B kenarı

500 m ve sanal ağın algılayıcı ağa oranının en fazla 10 olduğu durum en iyi durum olarak göz önünde bulundurularak bir değer elde edilmektedir. Diğer değerlerde bu değer binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler, ilk üç simge ile gösterilen veriler için ilk durum yani normal olarak göz önünde bulundurulmaktadır. Diğer üç simge ile gösterilen verilerde ise ikinci durum yani sınırlandırılmış olarak göz önünde bulundurulmakta, yani algılayıcıların gönderebilecekleri en fazla mesafe ( $z_{min}$ ) sınırlandırılmış durumdadır. Dikey ekseninde bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik 1 için normalize değeri 1518034.29' dur, yani en yüksek değer budur. Yatay ekseninde sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir.

Her iki durumda değişen algılayıcı sayısı yönünden algılayıcı ağda nasıl bir değişim olduğu Grafik 5.1'deki gibi gözlemlenmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi algılayıcı sayısı her iki durum için de arttıkça algılayıcı ağın yaşam süresi artmaktadır. Oranın sıfır ve sıfıra yakın olduğu durumlarda yaşam süresi sıfır olarak görülmektedir. Çünkü algılayıcılar alana rastgele dağıldığı için kenarlara yakın veya birbirlerine uzak olabiliyorlar ve oranda sıfır veya sıfıra yakın olunca hiçbir yaşam süresi gözlemlenmemektedir. Artan oranla yaşam süresi artmakta ve belli bir orandan sonrada sabitlenmektedir.

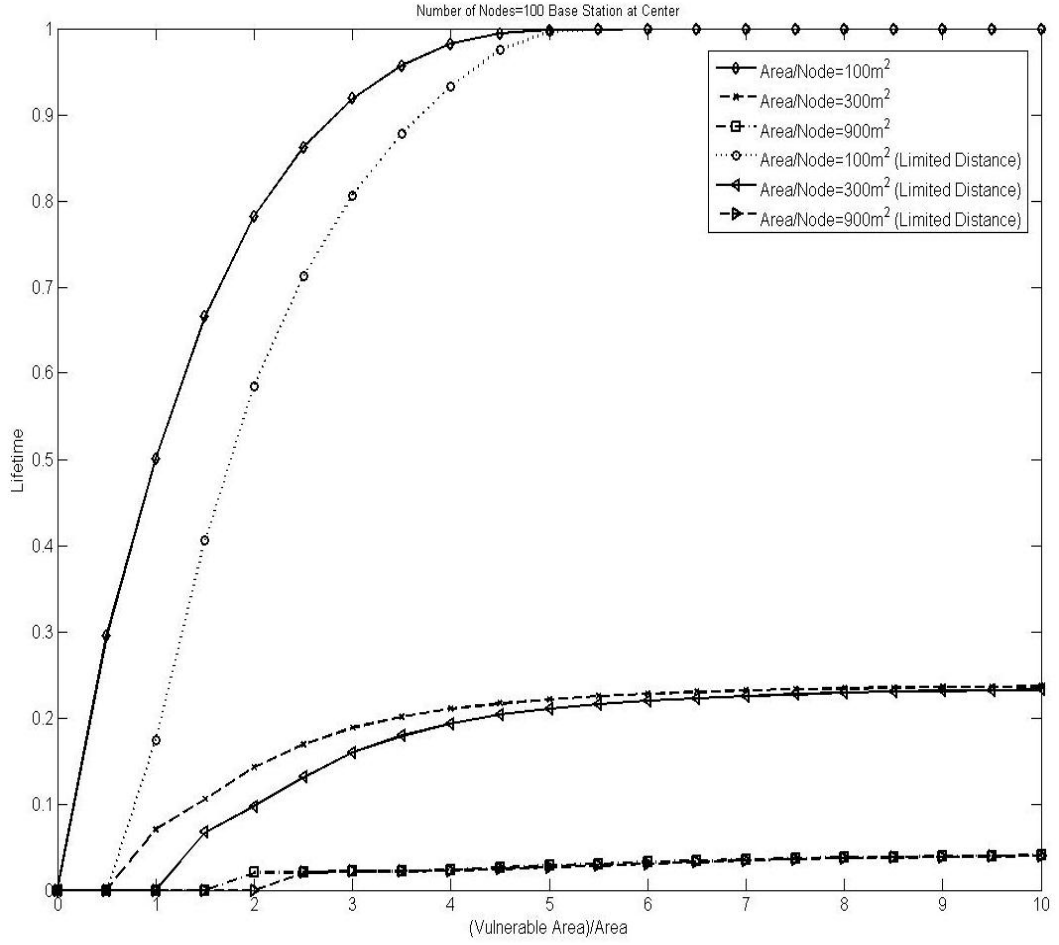


Grafik 5.2. Dörtgenel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluğunun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

Grafik 5.2’de baz istasyonu Şekil 5.1’deki gibi merkezde ve yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı ) 500 m<sup>2</sup> olarak sabit durumda, farklı algılayıcı sayılarında, farklı sanal ağın algılayıcı ağı olan oranlarda yaşam sürelerinin sıfır olma oranlarını göstermektedir.

Yatay eksen sanal ağın algılayıcı ağı olan oranını göstermektedir. Dikey eksen ise yaşam süresinin sıfır olduğu durumların sayısının tekrar sayısına olan oranını göstermektedir.

Grafikten de gözlemlendiği üzere kısıtlanmış mesafedeki durumlarda yaşam süresinin sıfır olma oranı daha fazladır ve ayrıca artan algılayıcı sayısına bağlı olarak artmaktadır. Çünkü algılayıcı sayısı arttıkça algılayıcı ağ alanımız genişlemekte ve buna bağlı olarak da algılayıcılar arasındaki bağlantı kopabilmektedir. Belirli bir orandan sonra da yaşam süresinin hiçbir şekilde sıfır olmadığı görülmektedir.



Grafik 5.3. Dörtgenel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısı sabit

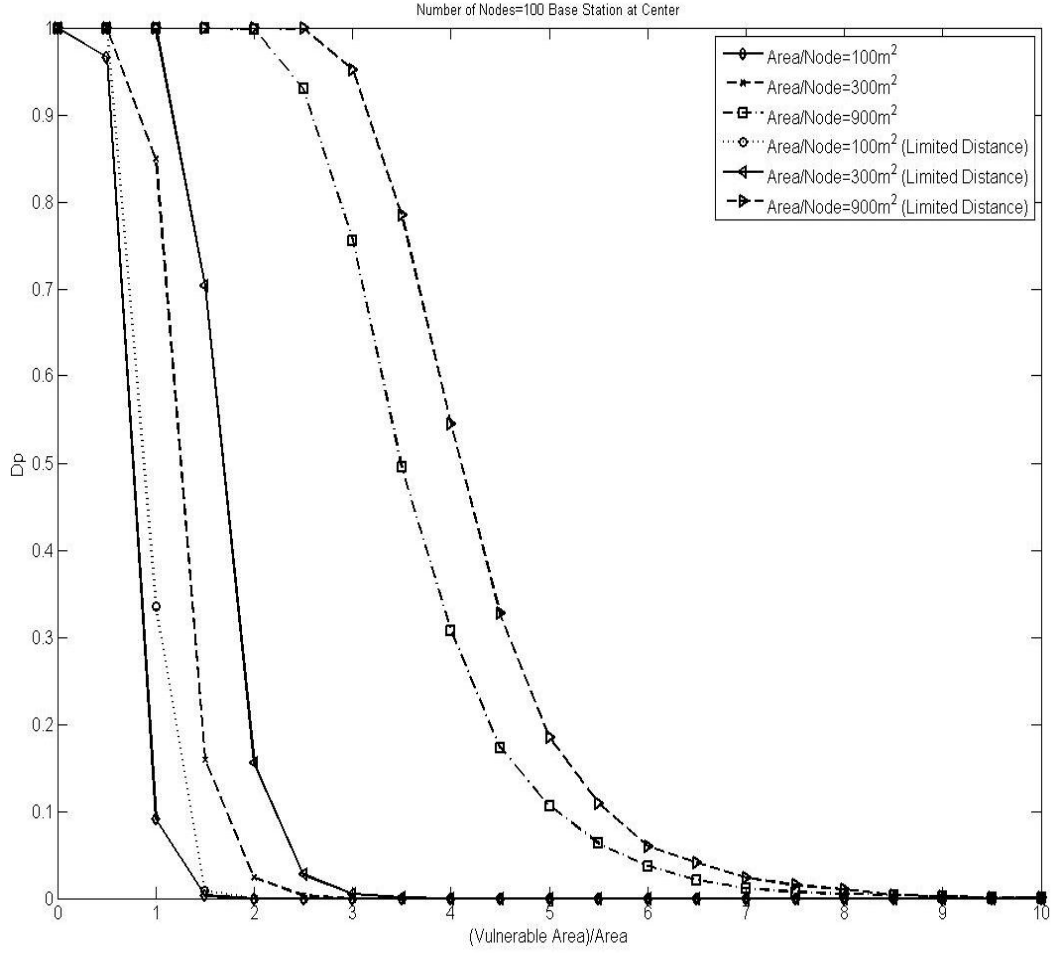
Algılayıcı sayısının (100) sabit sanal alanın algılayıcı alana olan oranının değişimine göre gözlemlenen yaşam süreleri Grafik5.3'de çok net olarak görülmektedir. Algılayıcı sayısının 100, yoğunluğun 100 m<sup>2</sup> ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 10 olduğu durum en iyi durumdur. Bu yüzden, dörtgenimizin A kenarı 50 m, B kenarı 200 m ve sanal ağın algılayıcı ağa oranının en fazla 10 olduğu durum en iyi durum olarak göz önünde bulundurulurken bir değer elde edilmektedir. Diğer



değerlerde bu değerin binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Dikey ekseninde bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik5.3 için normalize değeri 5554527.3' dür, yani en yüksek değer budur. Yatay ekseninde sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir.

İlk simge gösterimine bakarsak, sadece sıfır oranında yaşam süresi görülememektedir. Daha sonra giderek artmakta ve belirli bir orandan sonra sabit kalmaktadır. Sabit kalmasının nedeni de, artık algılayıcılar verilerini gönderebilecekleri en fazla mesafeye ulaşmışlardır.

Gönderim mesafeleri kısıtlanmış olan durumlarda kısıtlanma olmamış durumlardaki verilere artan oranla yaklaşmakta ve bir noktadan sonra eşitlenmektedirler. Çünkü artan oranla algılayıcının verilerini gönderebileceği mesafesi artmakta ve buna bağlı olarak ağın yaşam süresi artmaktadır.



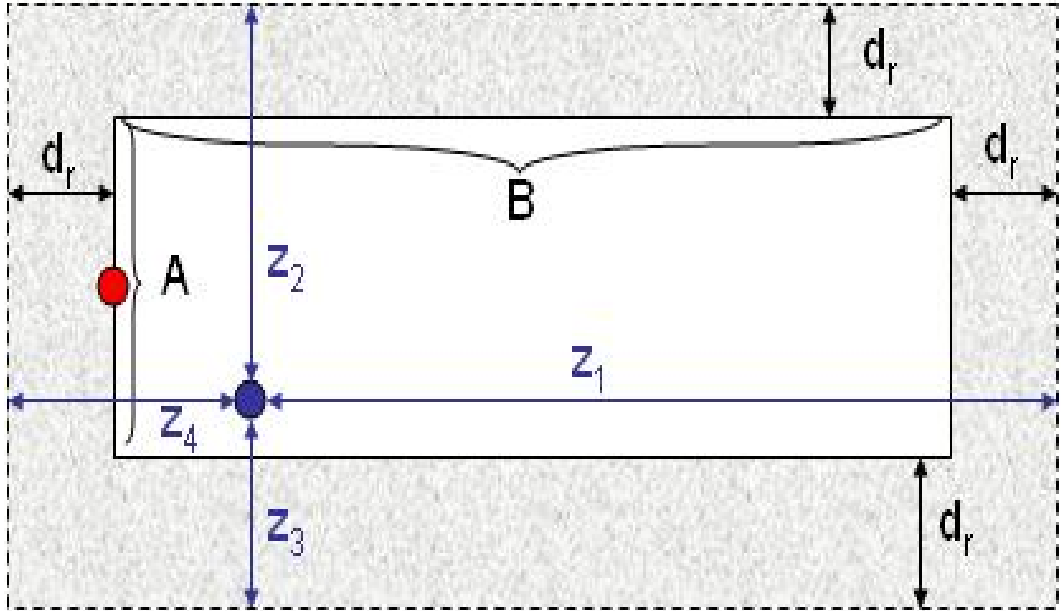
Grafik 5.4. Dörtgenel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

Grafik 5.4'te algılayıcı sayısı sabit (100) ve baz istasyonu Şekil5.1'deki gibi merkezde olduğu durumda, farklı yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı) değerlerinde, değişen sanal ağın algılayıcı ağa olan oranlarındaki yaşam sürelerinin sıfır sayılarının tekrar sayısına oranı görülmektedir.

Sıfır sayısının oranı, artan sanal ağın algılayıcı ağa oranlarında azalmaktadır ve her durum için bir noktadan sonra sıfır olmaktadır.

Görüldüğü gibi kısıtlanmış mesafedeki durumlarda normal durumlara göre sıfır olma oranı daha fazladır. Yoğunluk artışıyla da sıfır olma oranında düzenli bir artış görülmektedir. Sıfır oranı artmaktadır çünkü artan yoğunluk oranıyla algılayıcılar arasındaki mesafelerde artmaktadır ve bu yüzden de veri iletim mesafesi artmaktadır. Sanal ağımızın da dışına çıkmadığımız için belli bir mesafeye kadar gönderimden dolayı sıfır oranı artmıştır.

## 5.2. Dörtgenel Alanda Baz İstasyonu Kenarda Olarak Yapılan İncelemeler

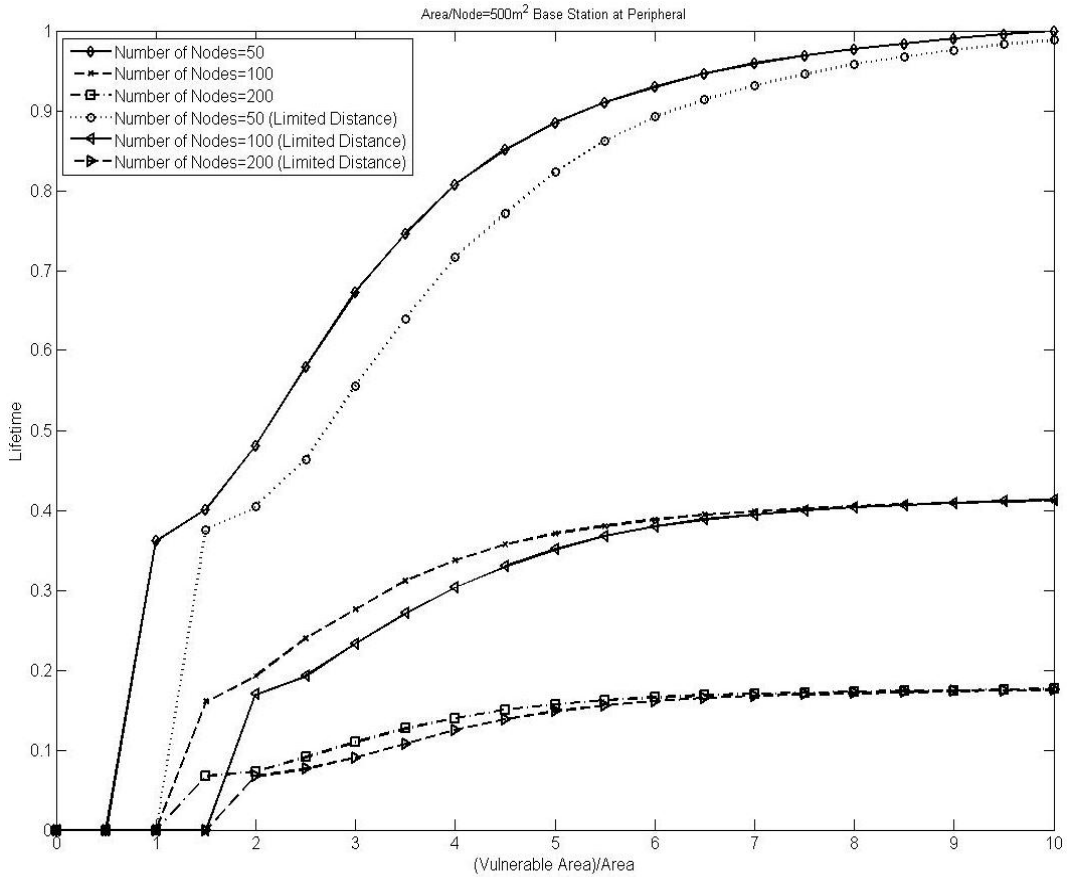


Şekil 5.2. Dörtgenel Alanda Baz İstasyonu Kenarda

Şekil5.2'de Şekil5.1'den farklı olarak baz istasyonu kenarda bulunmaktadır. Ağın tüm kenarları sanal ağa eşit uzaklıktadır. Ağ içindeki herhangi bir algılayıcının veri gönderebileceği mesafeler gösterilmektedir. Baz istasyonunun bu şekilde yerini değiştirmekle, algılayıcıların buradaki baz istasyonuna nasıl verilerini gönderdiklerini ve algılayıcı ağın yaşam süresi yönünden farklılıklarını daha rahat gözlemleme amaçlanmıştır.

Burada da yine iki durum incelenmektedir: ilkinde her algılayıcının gönderebileceği en fazla mesafe ( $z_{min}$ ) algılayıcının kendisi için geçerlidir. İkinci durumda ise ağ içerisindeki bütün algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler hesaplanmakta ve bunlar içerisinde en kısa olan tüm algılayıcıların gönderebileceği en fazla mesafe ( $z_{min}$ ) olarak belirlenmektedir.

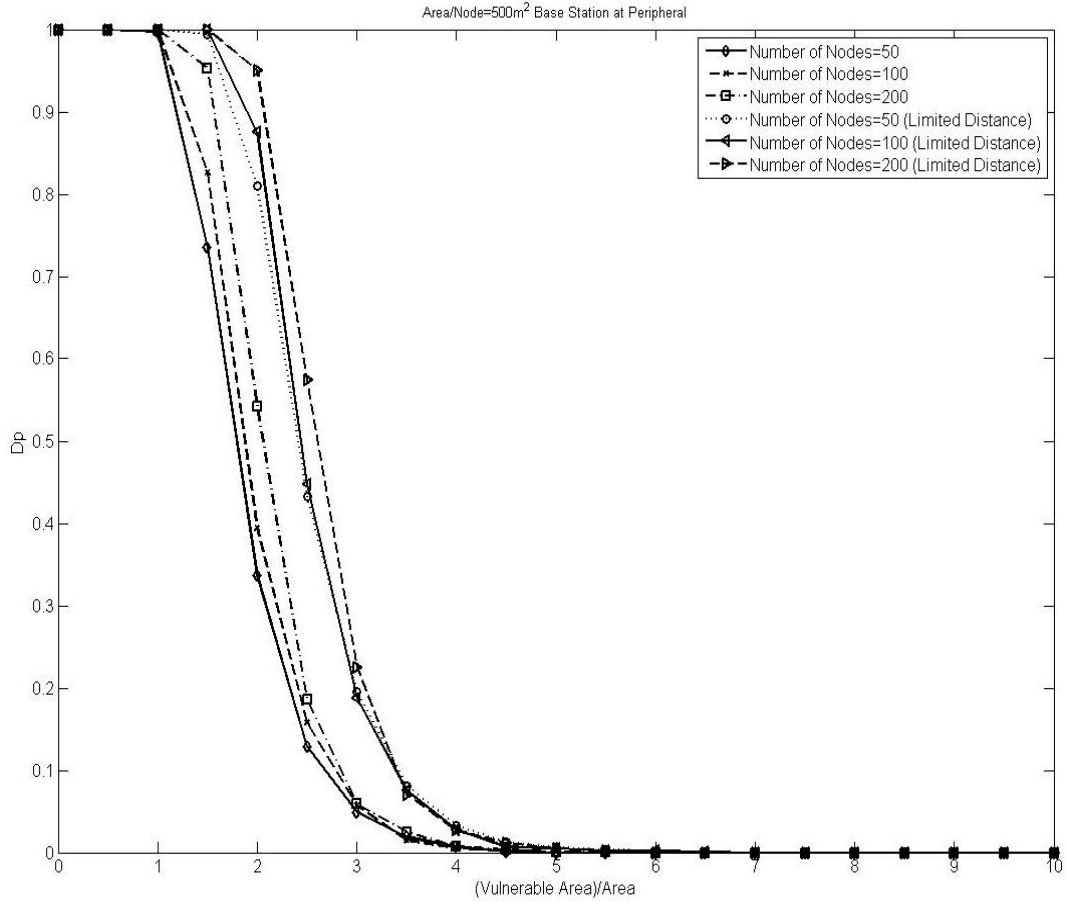
Şekil5.2 için kullanılan hesaplamalar Şekil5.1 için kullanılan hesaplamalarla aynıdır. Baz istasyonu merkezden kenara gelmesine rağmen değişmemektedir. Çünkü en fazla gönderim mesafesi sanal ağa olan uzaklığa bağlıdır.



Grafik 5.5 Dörtgenel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluk sabit

Şekilde 5.2’de görüldüğü üzere dörtgen şeklindeki ağ yapımızda baz istasyonumuz kenarda ve yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı )  $500 \text{ m}^2$  olarak sabit durumdadır. Algılayıcı sayısının 50, yoğunluğu  $500 \text{ m}^2$  ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 10 olduğu durum en iyi durumdur. Bu yüzden, dörtgenimizin A kenarı 50 m, B kenarı 500 m olarak göz önünde bulundurularak bir değer elde edilmektedir. Diğer değerlerde bu değer binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler ilk üç simge ile gösterilen veriler için ilk durum göz önünde bulundurulmaktadır. Diğer üç simge ile gösterilen verilerde ise ikinci durum göz önünde bulundurulmakta, yani algılayıcıların gönderebilecekleri en fazla mesafe ( $z_{\min}$ ) sınırlandırılmış durumdadır. Dikey eksen bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik5.5 için normalize değeri 687289.32’ dir, yani en yüksek değer budur. Yatay eksen sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir.

Grafikte görüldüğü gibi algılayıcı sayısı her iki durum için de arttıkça algılayıcı ağın yaşam süresi artmaktadır. Oranın sıfır ve sıfıra yakın olduğu durumlarda yaşam süresi sıfır olarak görülmektedir. Çünkü algılayıcılar alana rastgele dağıldığı için kenarlara yakın veya birbirlerine uzak olabiliyorlar ve oran da sıfır veya sıfıra yakın olunca hiçbir yaşam süresi gözlemlenmemektedir. Artan oranla yaşam süresi artmakta ve belli bir orandan sonra da sabitlenmektedir. Grafik5.1 ile Grafik5.5 birbirine çok yakın görülmektedir. Fakat dikkat edilmesi gereken normalize edildikleri değerlerdir. Grafik5.1’in normalize değeri buradaki değer iki katından daha fazladır.

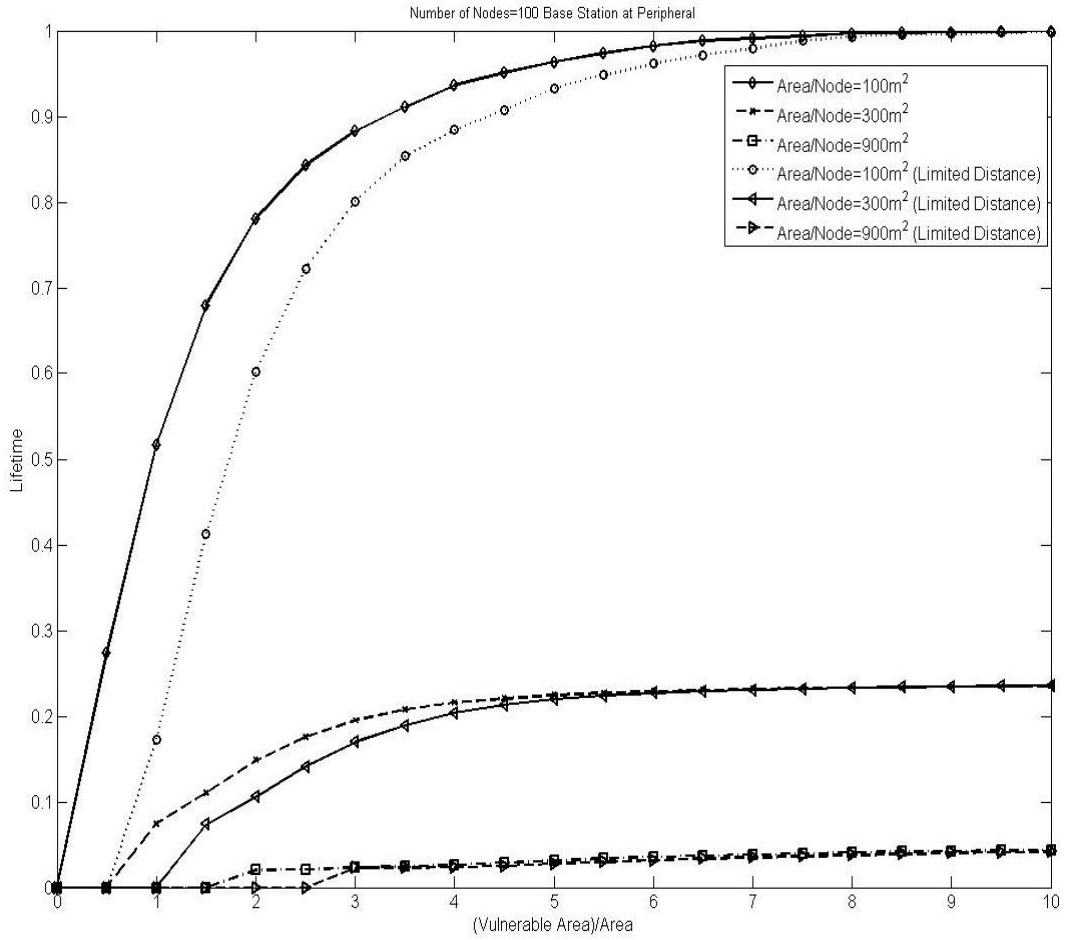


Grafik 5.6. Dörtgenel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluğun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

Grafik 5.6'de baz istasyonu Şekil5.2'deki gibi kenarda ve yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı)  $500 \text{ m}^2$  olarak sabit durumdadır. Grafik farklı algılayıcı sayılarında, farklı sanal ağın algılayıcı ağa olan oranlarındaki yaşam sürelerinin sıfır oranlarını göstermektedir.

Yatay eksen sanal ağın algılayıcı ağa olan oranını göstermektedir. Dikey eksen ise yaşam süresinin sıfır olduğu durumların sayısının tekrar sayısına olan oranını göstermektedir.

Grafikten de gözlemlendiği üzere kısaltanmış mesafedeki durumlarda yaşam süresinin sıfır olma oranı daha fazladır ve ayrıca artan algılayıcı sayısına bağlı olarak artmaktadır. Çünkü algılayıcı sayısı arttıkça algılayıcı ağ alanımız genişlemekte ve buna bağlı olarak da algılayıcılar arasındaki bağlantı kopabilmektedir. Belirli bir orandan sonrada yaşam süresinin hiçbir şekilde sıfır olmadığı görülmektedir.



Grafik 5.7. Dörtgenel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısı sabit

Grafik5.7’de algılayıcı sayısının (100) sabit, sanal alanın algılayıcı alana olan oranının değişimine göre yaşam sürelerindeki farklılıklar gözlemlenmektedir. Algılayıcı sayısının 100, yoğunluğu 100m<sup>2</sup> ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 10 olduğu durum en iyi durumdur. Bu yüzden, dörtgenimizin A kenarı 50 m, B kenarı 200 m ve sanal ağın algılayıcı ağa oranının en fazla 10 olduğu durum en

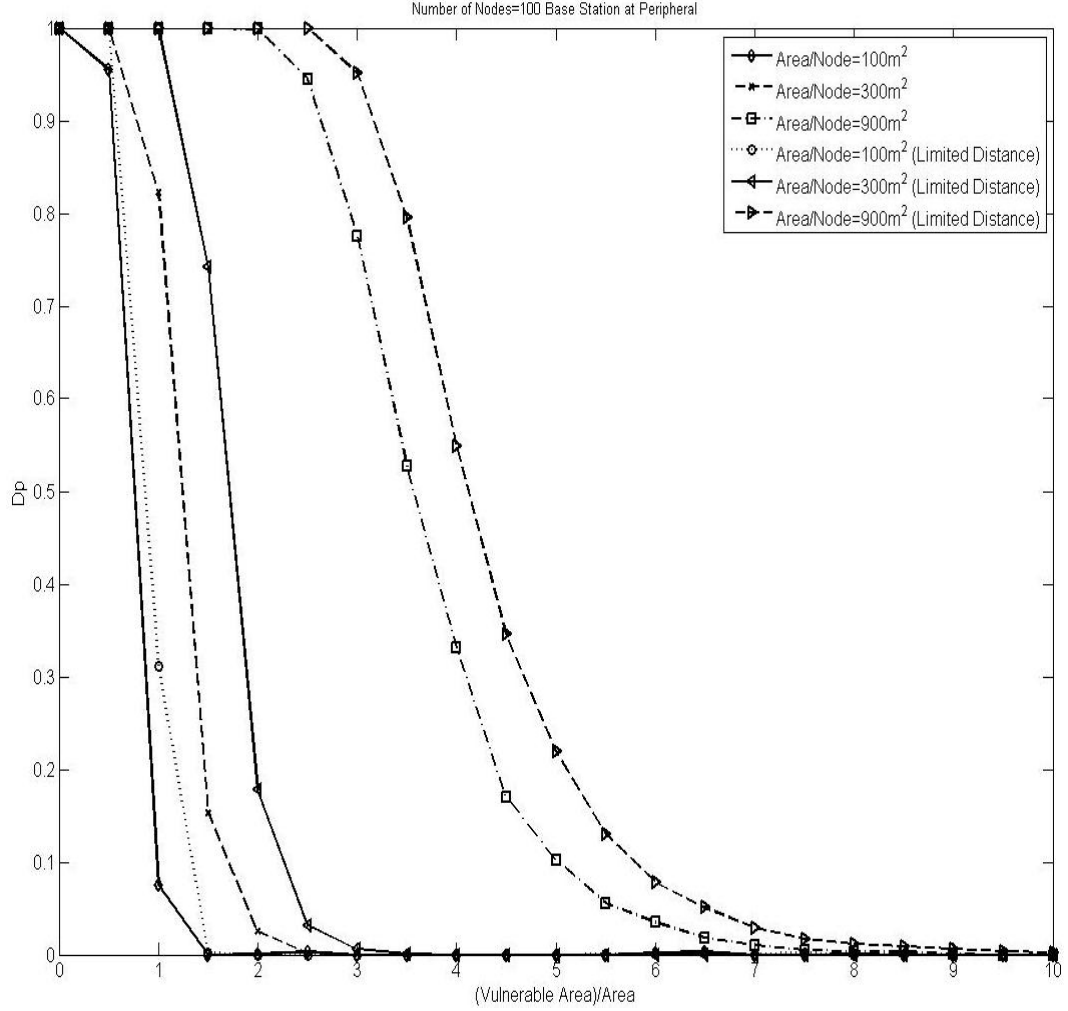
iyi durum olarak göz önünde bulundurularak bir değer elde edilmektedir. Diğer değerler bu değer binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Dikey eksen, bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik5.7 için normalize değeri 2488530.07'dir, yani en yüksek değer budur. Yatay eksense sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir.

İlk simge ile belirtilen yoğunluğu  $100 \text{ m}^2$  olan duruma bakarsak sadece sıfır oranında yaşam süresi görülememektedir. Daha sonra giderek artmakta ve belirli bir orandan sonra sabit kalmaktadır. Sabit kalmasının nedeni de artık algılayıcılar verilerini gönderebilecekleri en fazla mesafeye ulaşmışlardır.

Gönderim mesafeleri kısıtlanmış olan durumlarda, kısıtlanma olmamış durumlardaki verilere artan oranla yaklaşmakta ve bir noktadan sonra eşitlenmektedir. Çünkü artan oranla algılayıcının verilerini gönderebileceği mesafesi artmakta ve buna bağlı olarak ağın yaşam süresi artmaktadır.

Grafik5.3 ile benzerlik göstermektedir. Fakat dikkat edilmesi gereken normalize değerleridir ki Grafik5.3'ün normalize değeri buradaki değer iki katından fazladır.





Grafik 5.8. Dörtgenel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

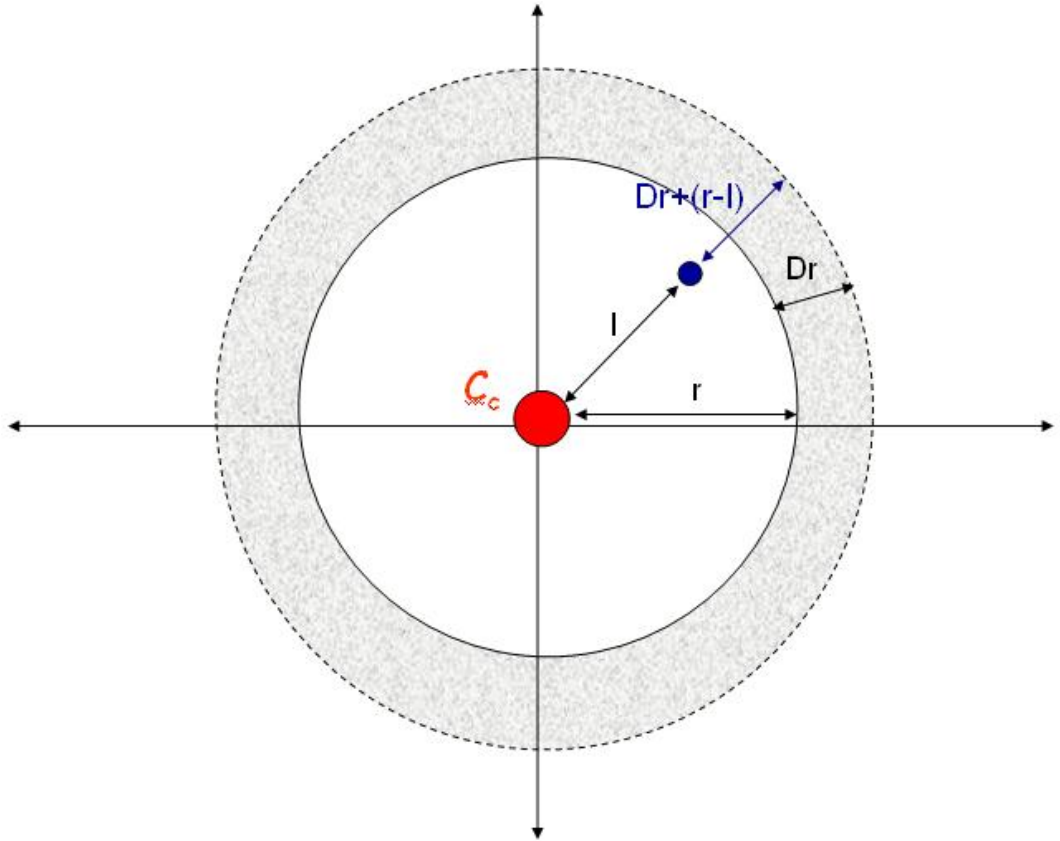
Grafik5.8’de algılayıcı sayısı sabit (100) ve baz istasyonu Şekil5.2’deki gibi kenarda olduğu durumda, farklı yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı ) değerlerinde, değişen sanal ağın algılayıcı ağa olan oranlarındaki yaşam sürelerinin sıfır sayılarının tekrar sayısına oranı görülmektedir.

Sıfır sayısının oranı, artan sanal ağın algılayıcı ağa oranlarında azalmaktadır ve her durum için bir noktadan sonra sıfır olmaktadır. Kısıtlanmış mesafe ve normal mesafe

ile elde edilmiş değerler birbirini düzenli olarak takip etmektedir. Üç yoğunluk durumu için de kısıtlanmış mesafede yaşam süresinin sıfır olma oranı daha fazladır.

Görüldüğü gibi kısıtlanmış mesafedeki durumlarda normal durumlara göre sıfır olma oranı daha fazladır. Yoğunluk artışıyla da sıfır olma oranında düzenli bir artış görülmektedir. Sıfır oranı artmaktadır, çünkü artan yoğunluk oranıyla algılayıcılar arasındaki mesafelerde artmaktadır ve bu yüzden de veri iletim mesafesi artmaktadır. Sanal ağımızın da dışına çıkmadığımız için belli bir mesafeye kadar gönderimden dolayı sıfır oranı artmıştır.

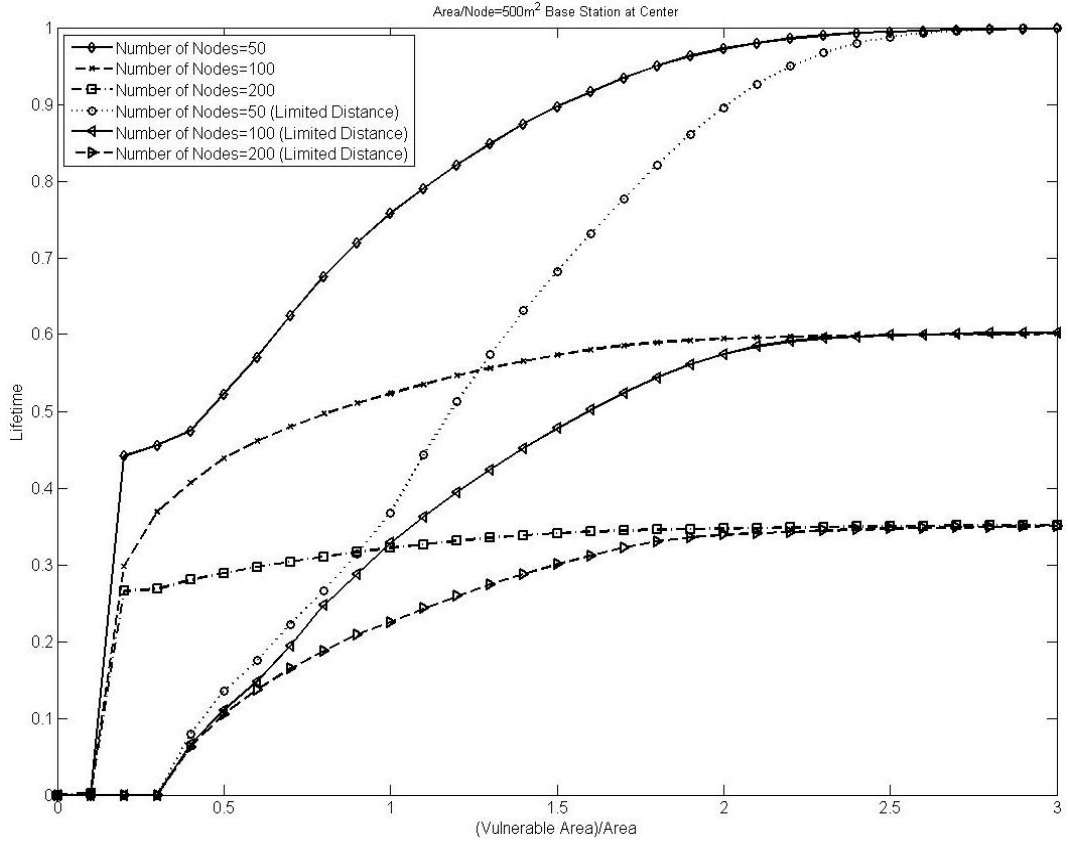
### 5.3. Dairesel Alanda Baz İstasyonu Merkezde Olarak Yapılan İncelemeler



Şekil 5.3.Dairesel Alanda Baz İstasyonu Merkezde

Şekil5.3'te yuvarlak şekildeki algılayıcı ağ ve etrafındaki sanal ağımsız görölmektedir. Baz istasyonu merkezde bulunmaktadır ve ağ içindeki herhangi bir algılayıcının veri gönderebileceği mesafe hesaplaması gösterilmektedir.

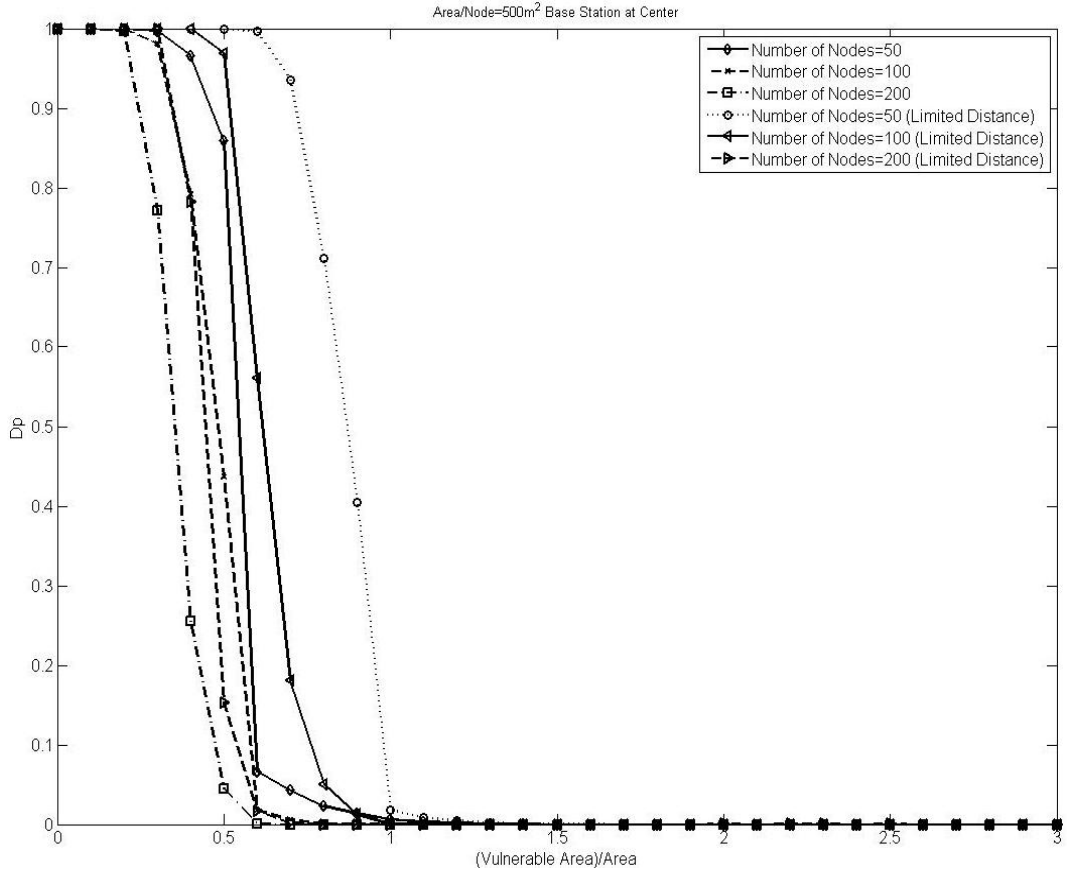
Burada iki durum incelenmektedir: ilkinde her algılayıcının gönderebileceği en fazla mesafe şekilde de göröldüğü gibi  $D_r + (r-1)$  ile hesaplanmakta ve bu algılayıcının kendisi için geçerli olmaktadır. İkinci durumda ise ağ içerisindeki bütün algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler yine  $D_r + (r-1)$  ile hesaplanmakta ve bunlar içerisinde en kısa olan tüm algılayıcıların gönderebileceği en fazla mesafe olarak belirlenmektedir.



Grafik 5.9. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit

Grafik5.9 için baz istasyonumuz Şekilde 5.3'te görüldüğü gibi merkezde bulunmakta ve yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı )  $500 \text{ m}^2$  olarak sabit durumdadır. Algılayıcı sayısının 50, yoğunluğu  $500 \text{ m}^2$  ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 3 olduğu durum en iyi durumdur. Bu durumda en iyi yaşam süresi elde edilmekte ve diğer değerler de bu değer binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler ilk üç simge ile gösterilen veriler için ilk durum göz önünde bulundurulmaktadır. Diğer üç simge ile gösterilen verilerde ise ikinci durum göz önünde bulundurulmakta, yani algılayıcıların gönderebilecekleri en fazla mesafe sınırlandırılmış durumdadır. Dikey eksen bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik5.9 için normalize değeri 4888908.81' dür, yani en yüksek değer budur. Yatay eksense sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir.

Her iki durum için grafikten de anlaşılacağı gibi algılayıcı sayısı arttıkça algılayıcı ağı yaşam süresi artmaktadır. Oranın sıfır ve sıfıra yakın olduğu durumlarda yaşam süresi sıfır olarak görülmektedir. Çünkü algılayıcılar alana rasgele dağıldığı için kenarlara yakın veya birbirlerine uzak olabiliyorlar ve oranda sıfır veya sıfıra yakın olunca hiçbir yaşam süresi gözlemlenmemektedir. Artan oranla yaşam süresi artmakta ve belli bir orandan sonrada sabitlenmektedir.

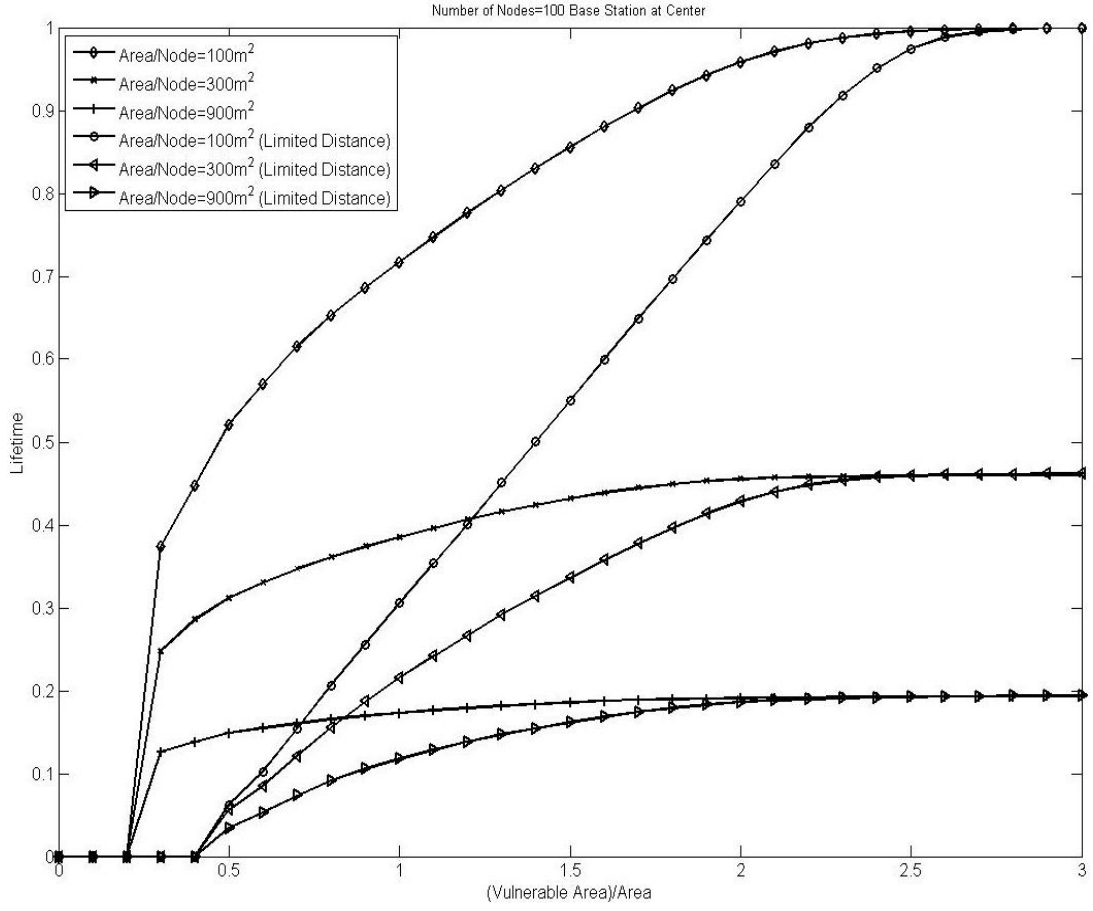


Grafik 5.10. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve yoğunluğun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

Grafik 5.10'da baz istasyonu Şekil5.3'teki gibi merkezde ve yoğunluk (algılayıcı ağ alanı / algılayıcı sayısı )  $500 \text{ m}^2$  olarak sabit durumda, farklı algılayıcı sayılarında, farklı sanal ağın algılayıcı ağa olan oranlarda yaşam süreleri gözlemlenmektedir.

Bu grafikte yaşam süresinin sıfır olduğu durumların sayısının tekrar sayısına olan oranını gözlemlemek istenmektedir.

Grafikte de görüldüğü üzere kısaltılmış mesafedeki durumlarda yaşam süresinin sıfır olma oranı diğer duruma nazaran daha fazladır. Fakat artan algılayıcı sayısına bağlı olarak yaşam süresinin sıfır olma oranı azalmaktadır. Çünkü iki algılayıcı arasındaki mesafe artan algılayıcı sayısıyla azalmaktadır. Mesafe azaldıkça sıfır olma oranının azalması görülmektedir.

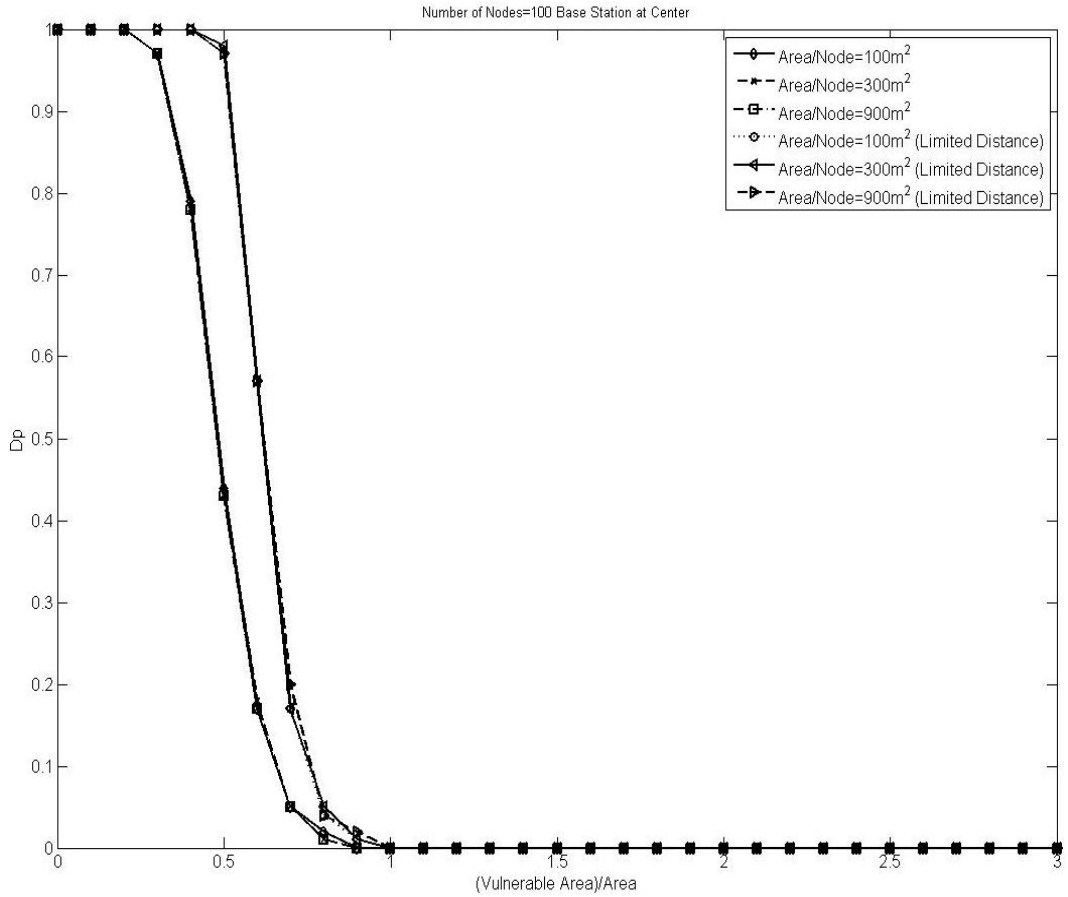


Grafik 5.11. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısı sabit

Grafik5.11’de algılayıcı sayısı (100) sabit ve sanal alanın algılayıcı alana olan oranının değişimine göre farklı yoğunluklardaki (algılayıcı ağ alanı / algılayıcı sayısı) yaşam süreleri görülmektedir. Algılayıcı sayısının 100, yoğunluğu 100m<sup>2</sup> ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 3 olduğu durum en iyi durumdur. Bu durumda bir değer elde edilmekte ve diğer değerler de bu değer binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Dikey eksen bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik5.11 için normalize değeri 9470538.53’ dür, yani en yüksek değer budur. Yatay eksense sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir.

Giderek artan ve belirli bir orandan sonra sabit kalan bir grafik oluşmuştur. Sabit kalmasının nedeni de artık algılayıcılar verilerini gönderebilecekleri en fazla mesafeye ulaşmış olmalarıdır.

Gönderim mesafeleri kısıtlanmış olan durumlarda kısıtlanma olmamış durumlardaki verilere artan oranla yaklaşmakta ve bir noktadan sonra eşitlenmektedirler. Çünkü artan oranla algılayıcının verilerini gönderebileceği mesafesi artmakta ve buna bağlı olarak ağın yaşam süresi artmaktadır.



Grafik 5.12. Dairesel alanda baz istasyonu merkezde ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

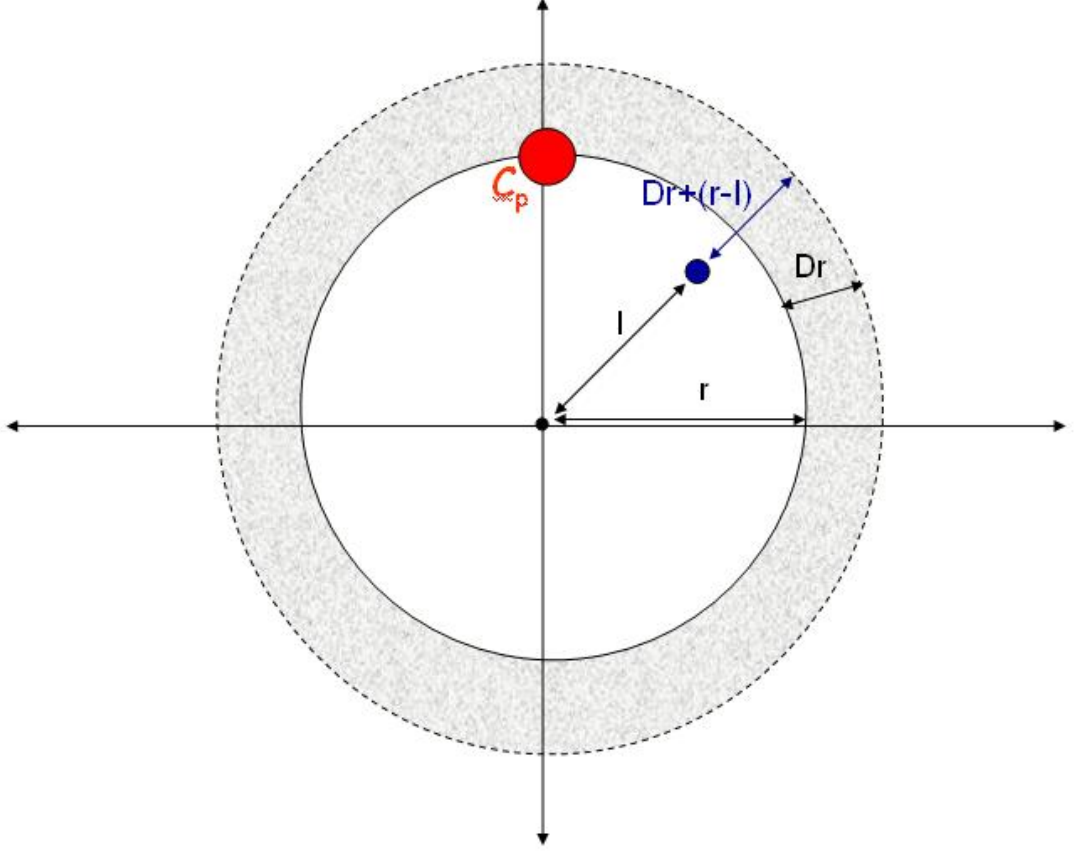


Grafik 5.12’de algılayıcı sayısı sabit (100) ve baz istasyonu şekil5.3’deki gibi merkezde olduğu durumda, farklı yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı ) değerlerinde, değişen sanal ağın algılayıcı ağa olan oranlarındaki yaşam sürelerinin sıfır sayılarının tekrar sayısına oranı görülmektedir.

Sıfır sayısının oranı, artan sanal ağın algılayıcı ağa oranlarında azalmaktadır. Çünkü bu oran arttıkça Dr artmaktadır, yani algılayıcıların verilerini gönderebilecekleri mesafeler artmaktadır. Bir noktadan sonra da sıfır olmalarının nedeniyse, gönderebilecekleri en fazla mesafeye ulaşmalarıdır ve artık daha fazla Dr olmasının bir etkisi olmamaktadır.

Görüldüğü gibi kısıtlanmış mesafedeki durumlarda normal durumlara göre sıfır olma oranı daha fazladır.

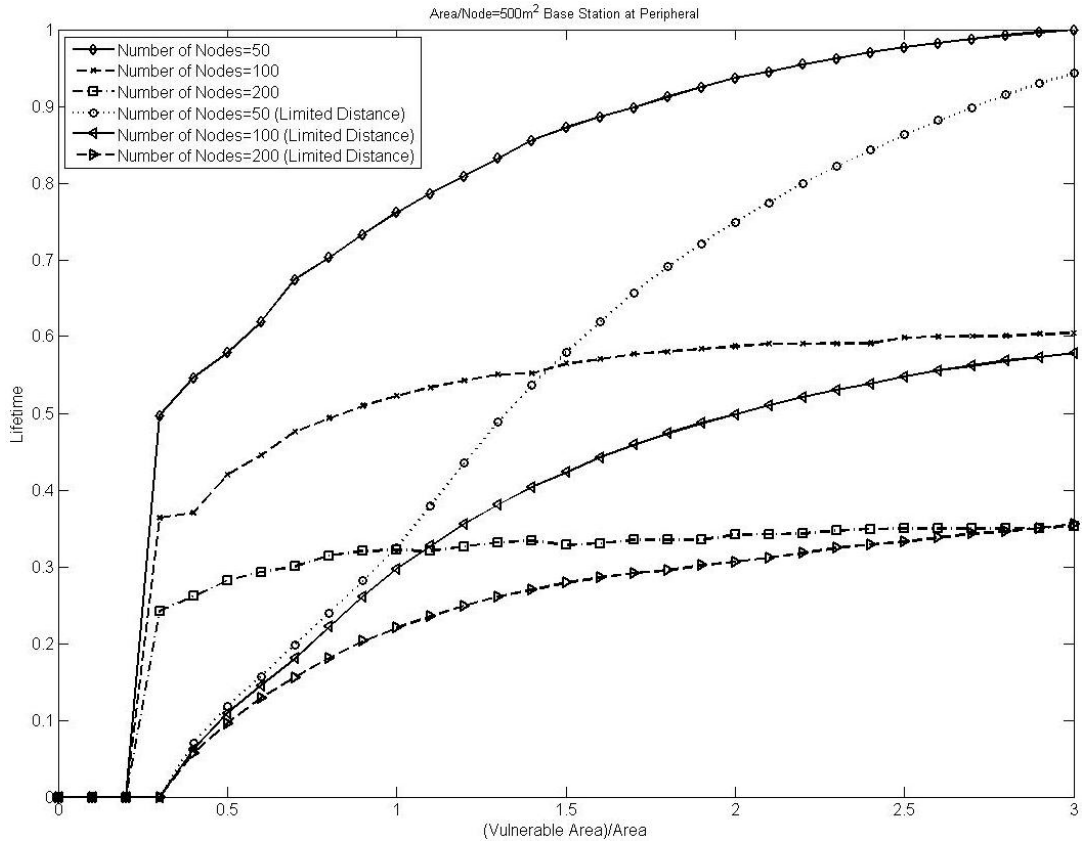
#### 5.4. Dairesel Alanda Baz İstasyonu Kenarda Olarak Yapılan İncelemeler



Şekil 5.4. Dairesel Alanda Baz İstasyonu Kenarda

Şekil5.4'te yuvarlak şekildeki algılayıcı ağ ve etrafındaki sanal ağımız görülmektedir. Baz istasyonu kenarda bulunmaktadır ve ağ içindeki herhangi bir algılayıcının veri gönderebileceği mesafe hesaplaması gösterilmektedir. Dikkat edilmesi gereken Şekil5.3'te baz istasyonu merkezdeydi ve tüm algılayıcılar gönderebilecekleri en fazla mesafeyi hesaplarken baz istasyonuna olan mesafesine göre hesaplama yapılmaktaydı. Fakat burada baz istasyonu kenara gelmesine rağmen hesaplamalar yine algılayıcı ağın merkezine göre yapılmaktadır. Çünkü diğer türlü baz istasyonuna göre hesaplama yapılırsa sonuçlar çok farklı ve yanlış oluyor. Bu yaklaşımdan da anlaşılacağı üzere yuvarlak yapıli ağlarda algılayıcıların verilerini gönderirkenki en fazla mesafe hesaplaması baz istasyonunun yerine bağıli değılidir. Ağın merkezine olan uzaklığına bağıli olduğu anlaşılmaktadır.

Burada iki durum incelenmektedir: ilkinde her algılayıcının gönderebileceği en fazla mesafe şekilde de görüldüğü gibi  $Dr+(r-l)$  ile hesaplanmakta ve bu algılayıcının kendisi için geçerli olmaktadır. İkinci durumda ise ağ içerisindeki bütün algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler yine  $Dr+(r-l)$  ile hesaplanmakta ve bunlar içerisinde en kısa olan tüm algılayıcıların gönderebileceği en fazla mesafe olarak belirlenmektedir.

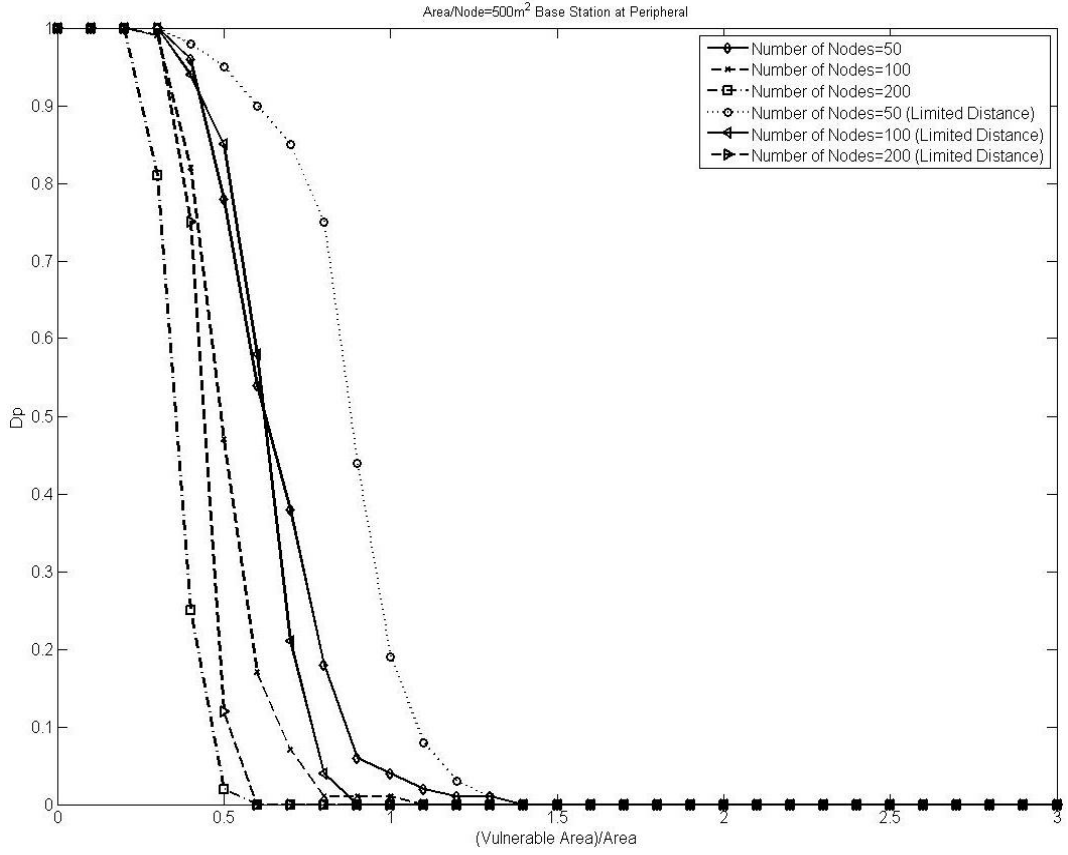


Grafik 5.13. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluk sabit

Grafik 5.13 için baz istasyonumuz Şekilde 5.4'te görüldüğü gibi kenarda bulunmakta ve yoğunluk (ağ alanı / algılayıcı sayısı)  $500 \text{ m}^2$  olarak sabit durumdadır. Algılayıcı sayısının 50, yoğunluğu  $500 \text{ m}^2$  ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 3 olduğu durum en iyi durumdur. Bu durumda en iyi yaşam süresi elde edilmekte ve

diğer değerlerde bu değerin binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Algılayıcıların gönderebilecekleri mesafeler ilk üç simge ile gösterilen veriler için ilk durum göz önünde bulundurulmaktadır. Diğer üç simge ile gösterilen verilerde ise ikinci durum göz önünde bulundurulmakta, yani algılayıcıların gönderebilecekleri en fazla mesafe sınırlandırılmış durumdadır. Dikey ekseninde bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik5.13 için normalize değeri 2221401.12' dir, yani en yüksek değer budur. Yatay eksense sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir. Grafik5.9 ile benzerlikler göstermektedir. Fakat Grafik5.9'un normalize değerini Grafik5.13'ün normalize değerinin iki katından daha fazla olduğu görülmektedir.

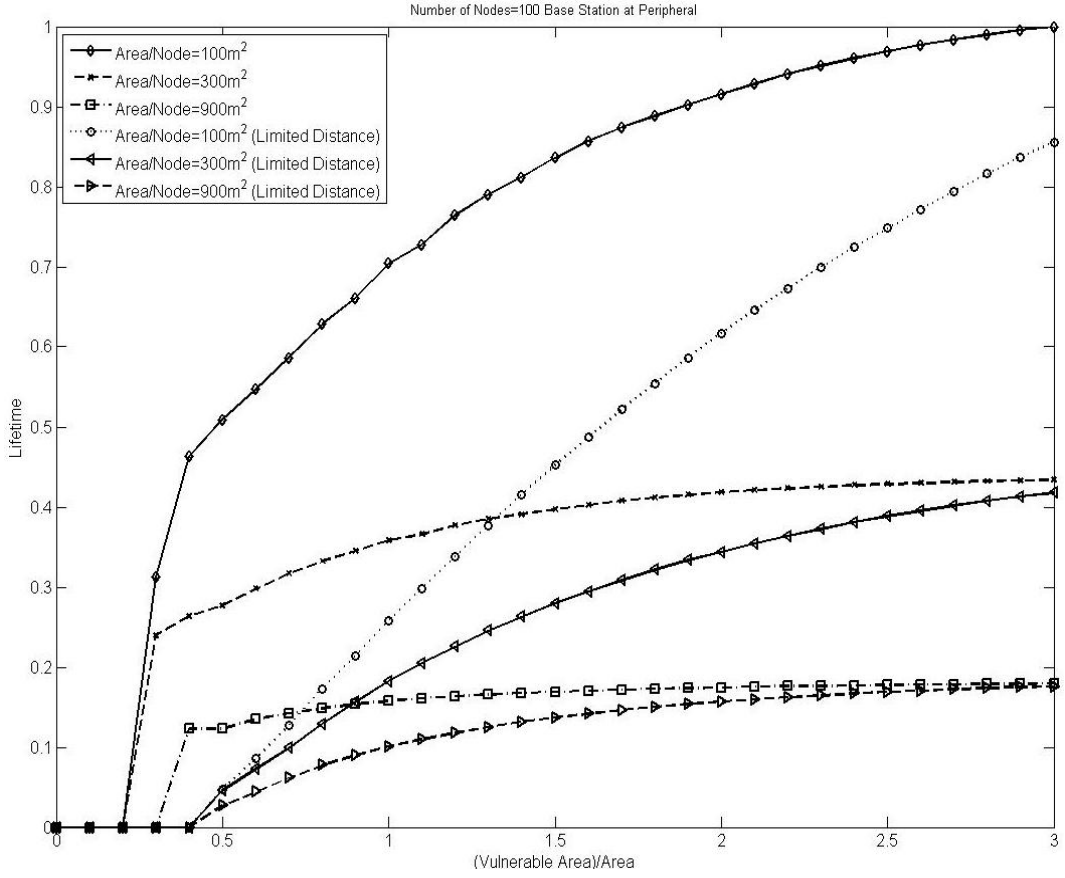
Her iki durum için grafikten de anlaşılacağı gibi algılayıcı sayısı arttıkça algılayıcı ağın yaşam süresi artmaktadır. Oranın sıfır ve sıfıra yakın olduğu durumlarda yaşam süresi sıfır olarak görülmektedir. Artan oranla her iki durum için de yaşam süresi artmaktadır.



Grafik 5.14. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve yoğunluğunun sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

Grafik5.14'te baz istasyonu şekil5.4'teki gibi kenarda ve yoğunluk (sanal alanı / algılayıcı sayısı )  $500 \text{ m}^2$  olarak sabit durumda, farklı algılayıcı sayılarında, farklı sanal ağın algılayıcı ağa olan oranlarda yaşam sürelerinin sıfır olma sayılarının tekrar sayısına oranını göstermektedir.

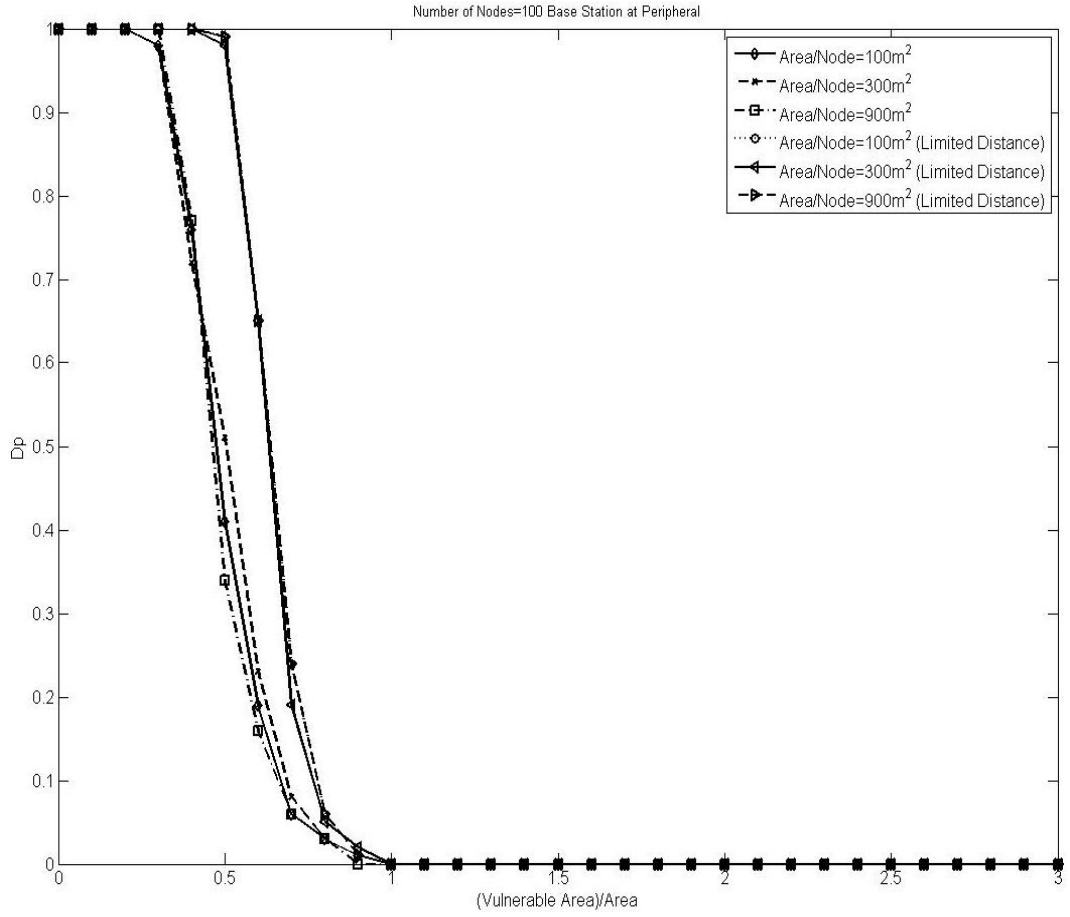
Grafikte de görüldüğü üzere kısıtlanmış mesafedeki durumlarda yaşam süresinin sıfır olma oranı diğer duruma nazaran daha fazladır. Fakat artan algılayıcı sayına bağlı olarak yaşam süresinin sıfır olma oranı azalmaktadır. Çünkü iki algılayıcı arasındaki mesafe artan algılayıcı sayısıyla azalmaktadır.



Grafik 5.15. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısı sabit

Grafik5.15'te baz istasyonumuz Şekil5.4'teki gibi kenarda bulunmaktadır. Grafikte algılayıcı sayısı (100) sabit ve sanal alanın algılayıcı alana olan oranının değişimine göre farklı yoğunluklardaki (algılayıcı ağ alanı / algılayıcı sayısı ) yaşam süreleri görülmektedir. Algılayıcı sayısının 100, yoğunluğu 100 m<sup>2</sup> ve sanal alanın algılayıcı ağ alanına oranının 3 olduğu durum en iyi durumdur. Bu durumda bir değer elde edilmekte ve diğer değerlerde bu değer binde birinden az olduğunda sıfır olarak kabul edilmektedir. Dikey eksen bu altı durum içerisindeki algılayıcı ağların yaşam sürelerinin en büyüğüne göre normalize edilmiştir ve bize yaşam süresini göstermektedir. Grafik5.15 için normalize değeri 4555454,91'dir, yani en yüksek değer budur. Yatay eksen sanal alanla algılayıcı ağ alanı arasında kalan bölgenin, algılayıcı ağ alanına olan oranını göstermektedir.

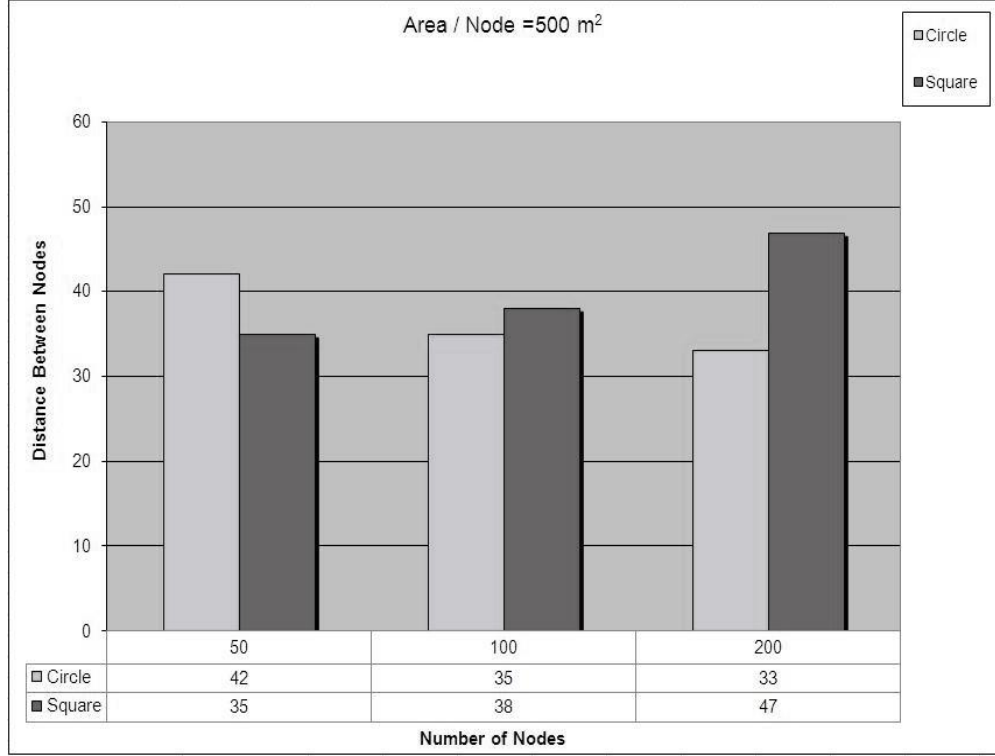
Gönderim mesafeleri kısıtlanmış olan durumlarda kısıtlanma olmamış durumlardaki verilere göre daha az değerlerde kalmaktadır. Ama her iki durum için de değerler giderek artmaktadır. Çünkü artan oranla algılayıcının verilerini gönderebileceği mesafesi artmakta ve buna bağlı olarak ağın yaşam süresi artmaktadır.



Grafik 5.16. Dairesel alanda baz istasyonu kenarda ve algılayıcı sayısının sabit olduğu durumlarda yaşam süresinin sıfır gözlenme oranları

Grafik5.16'da algılayıcı sayısı sabit (100) ve baz istasyonu şekil5.4'teki gibi kenarda olduğu durumda, farklı yoğunluk (algılayıcı ağ alanı / algılayıcı sayısı ) değerlerinde, değişen sanal ağın algılayıcı ağa olan oranlarındaki yaşam sürelerinin sıfır sayılarının tekrar sayısına oranı görülmektedir.

Sıfır sayısının oranı, artan sanal ağın algılayıcı ağı oranlarında azalmaktadır ve her durum için bir noktadan sonra sıfır olmaktadır. Kısıtlanmış mesafe ve normal mesafe arasındaki oran farkı rahat bir şekilde görülmektedir.

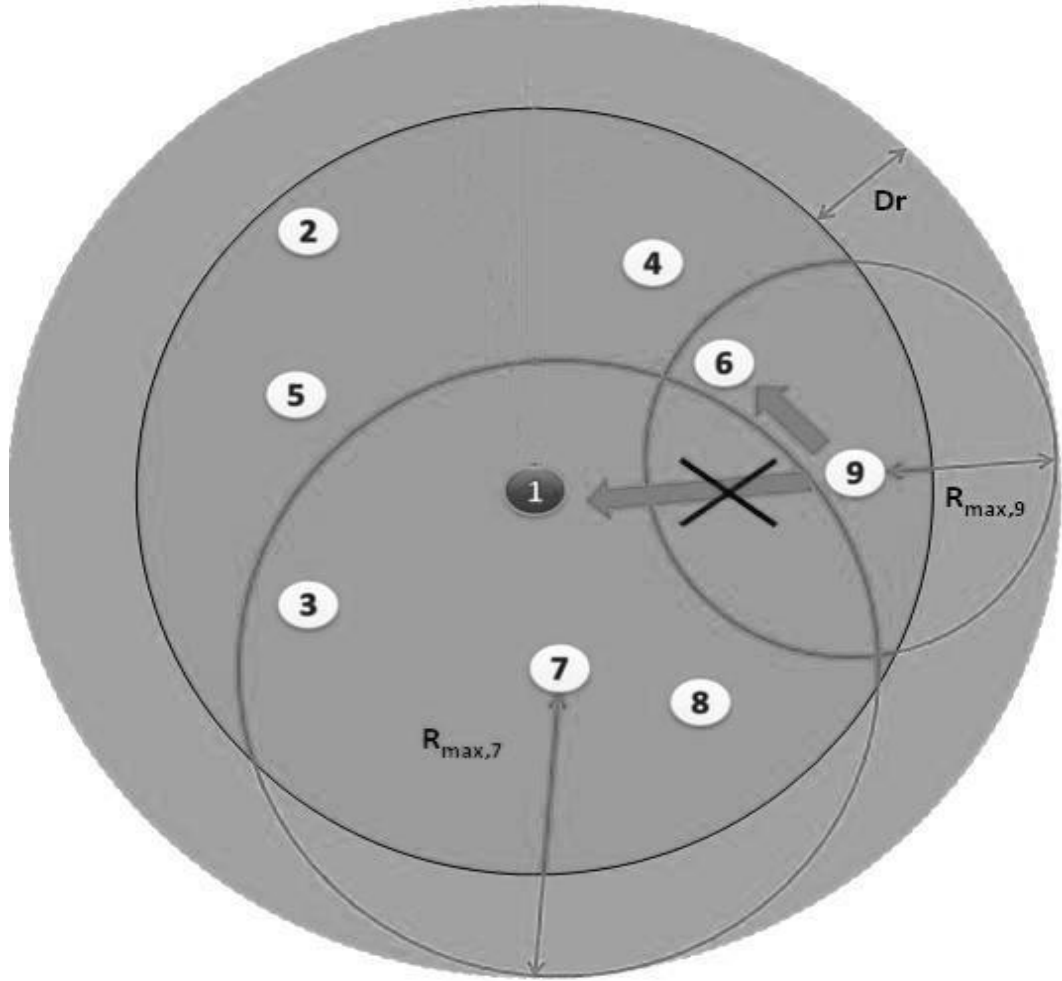


Çizelge 5.1. Dairesel ve Dörtgenel Alanlar İçin  
İletişim Olmayan İki Algılayıcı Arasındaki En Kısa Mesafe

Çizelge5.1’de dairesel ve dörtgenel olarak oluşturulan sabit algılayıcı yoğunluklu alanlarda iletişim olmayan iki algılayıcı arasındaki en kısa mesafelerinin artan algılayıcı sayısındaki değişimleri gösterilmektedir. Dairesel için bu mesafe artan algılayıcı sayısı ile azalırken, dörtgen için arttığı görülmektedir. Artan algılayıcı sayısı ile ağ alanımızda genişlemektedir fakat sanal gönderim mesafeleri yuvarlak için daha çok artarken dörtgen alan için az artmaktadır. Grafik5.2 ve Grafik5.6’da yaşam sürelerinin sıfır olma oranları 200 algılayıcılı ağ için daha fazlayken, 50 algılayıcılı ağda daha az görülmektedir. Fakat Grafik5.10 ve Grafik5.14’de tam tersi

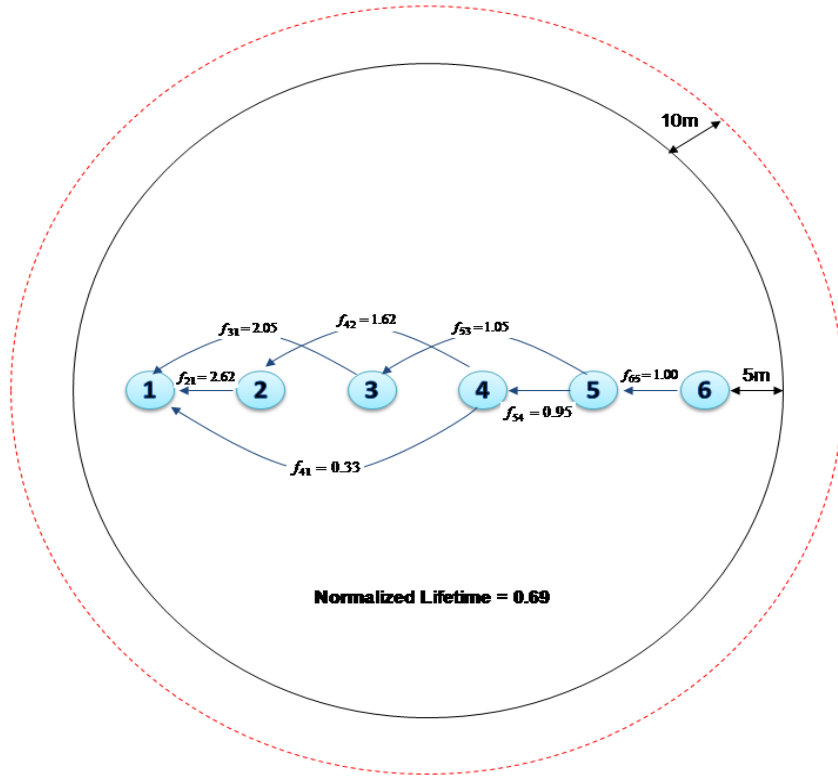


görülmektedir 50 algılayıcı ağıda yaşam süresi sıfır olma oranı daha fazla görülmektedir. Bu tutarsızlığın nedeni Çizelge 5.1’de gösterilen artış ve azalışlardan kaynaklanmaktadır. Çünkü iki algılayıcı arasındaki mesafe arttıkça yaşam süresi sıfır olma oranında artması mantıklı olmaktadır.

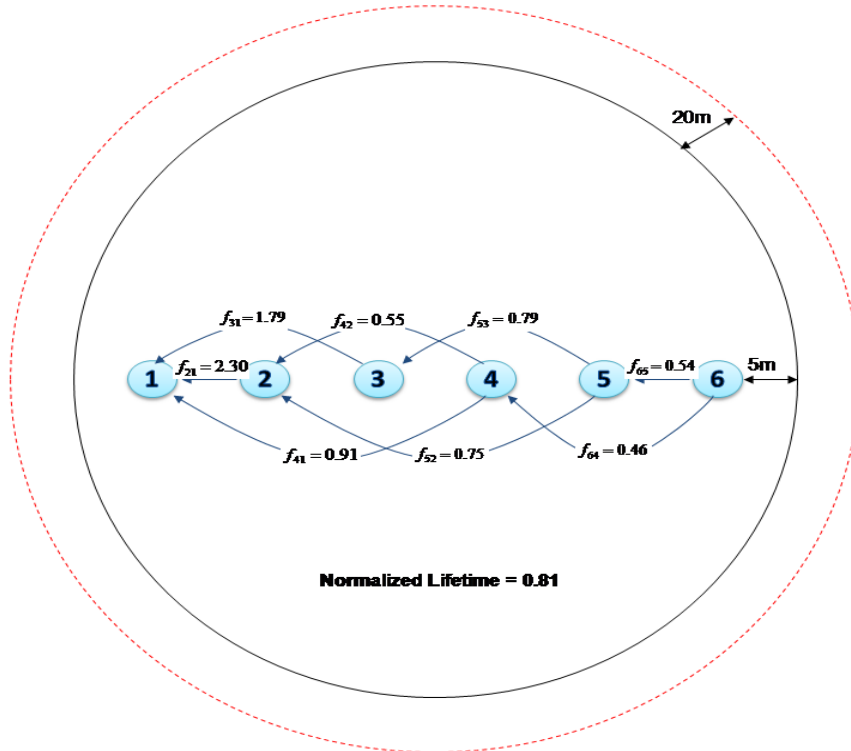


Şekil 5.5. Dairesel Alanda En Fazla Gönderim Mesafesi Gösterimi

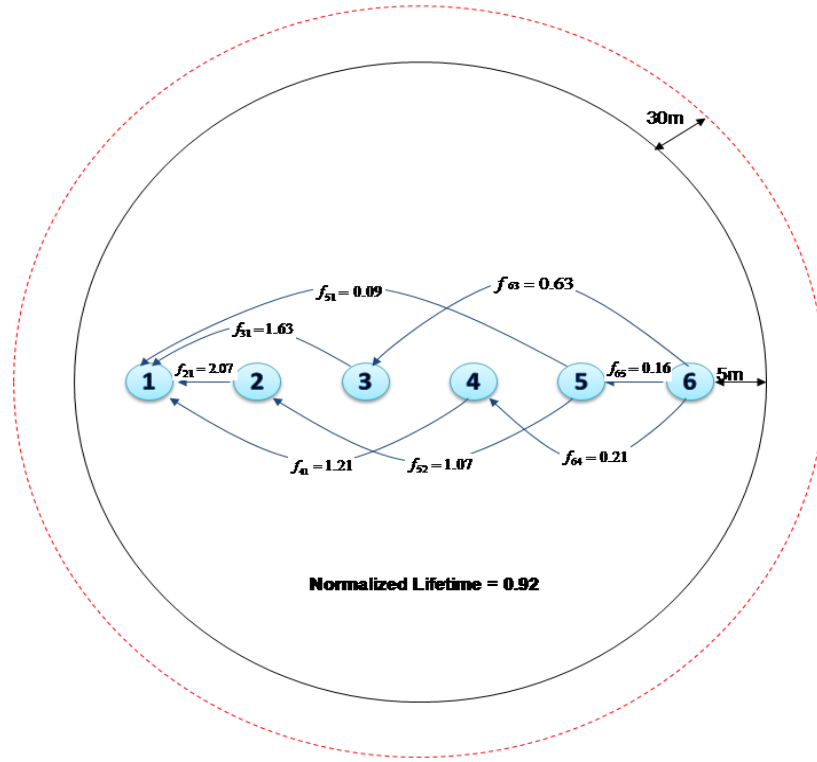
Şekil 5.5’te görüldüğü gibi her algılayıcının farklı gönderim mesafeleri vardır. Gönderebilecekleri en fazla mesafeden daha uzağa gönderememektedirler. Burada algılayıcılar rastgele dağıtılmışlardır.



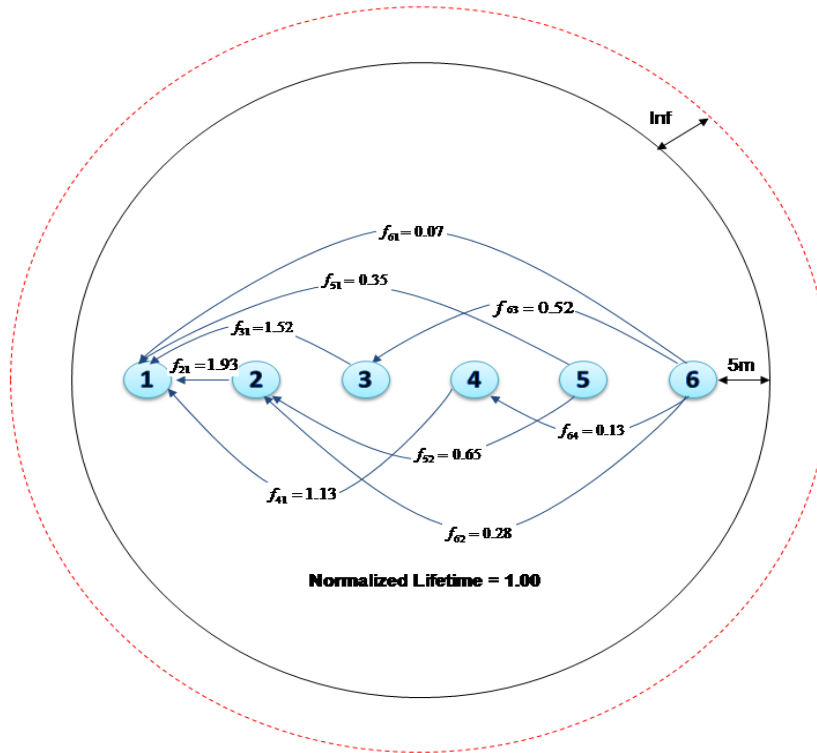
Şekil 5.6. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar 10 m Dr Mesafesinde



Şekil 5.7. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar 20 m Dr Mesafesinde

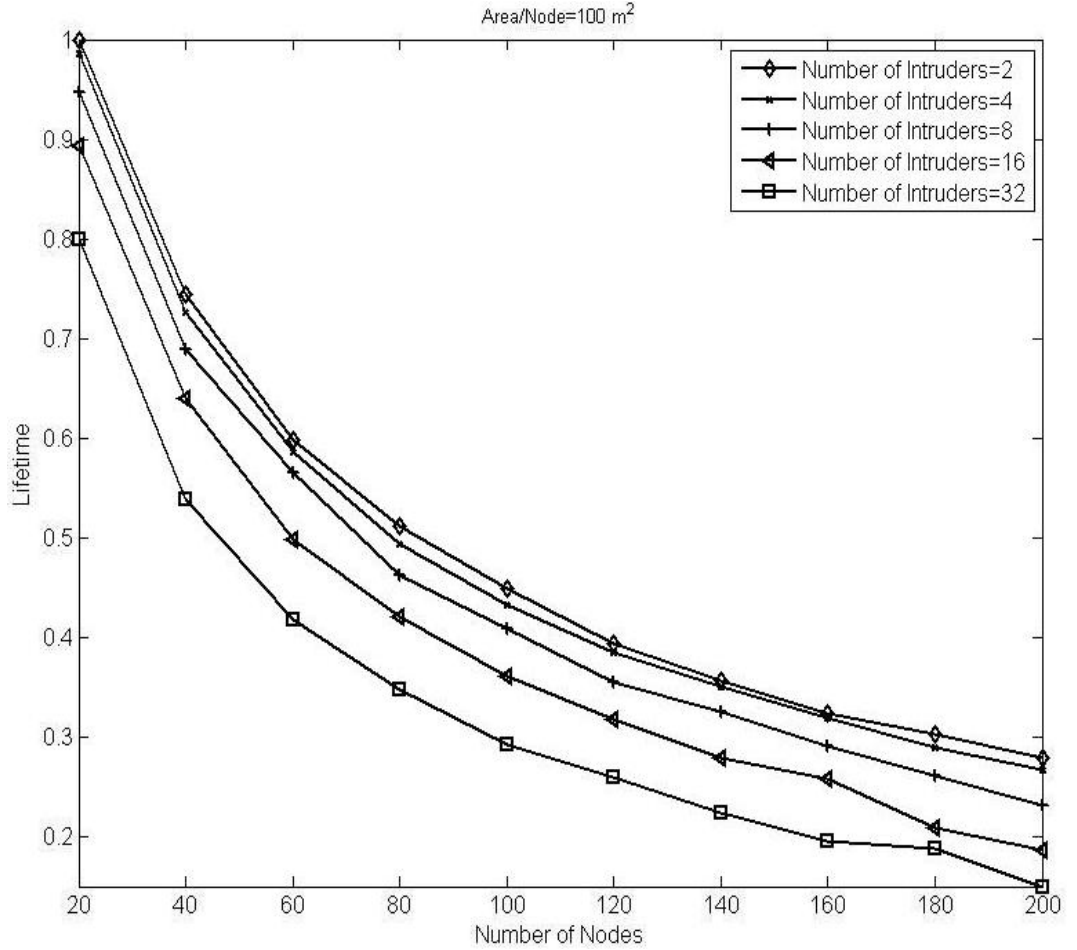


Şekil 5.8. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar 30 m Dr Mesafesinde



Şekil 5.9. Doğrusal Olarak Yerleştirilmiş Algılayıcılar Sınırsız Dr Mesafesinde

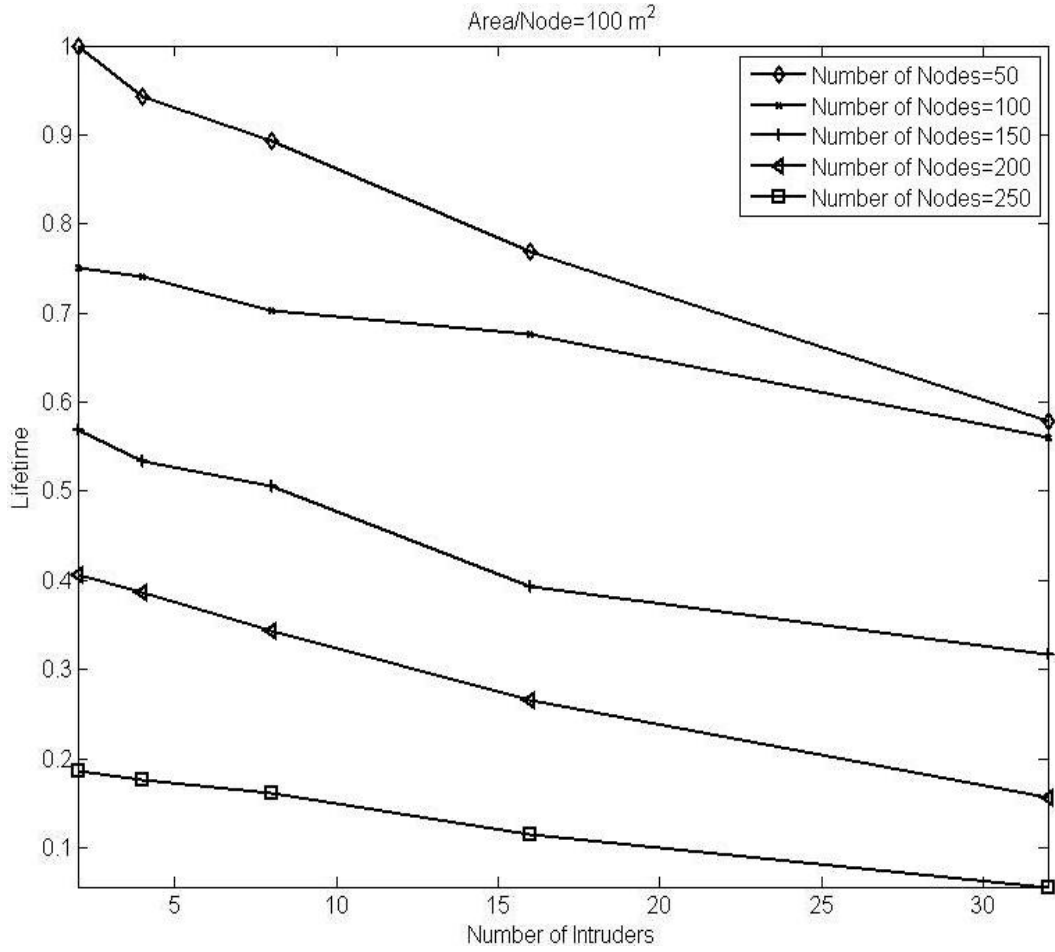
Şekil5.6, 5.7, 5.8, 5.9 'da 6 tane algılayıcı yuvarlak bir ağ içerisinde düzgün olarak yerleştirilmiştir. Birinci algılayıcıyı merkez olarak kabul etmekteyiz ve diğer algılayıcılar elde ettikleri verileri merkeze iletmeye çalışmaktadırlar. Algılayıcılar arasındaki mesafeler 10m ve ağın yarıçapı 30 m dir. Ağın en dışına en yakın algılayıcı mesafesi ise hepsi içinde 5 m'dir. Sanal ağ ile algılayıcı ağ arasındaki mesafenin 4 farklı durumu için algılayıcıların birbirlerine gönderdikleri veri miktarları izlenmiştir. Dr mesafesi arttıkça verilerini gönderebilecekleri mesafeleri de artmaktadır. Algılayıcılar verilerini parçalayarak enerjilerini en iyi şekilde kullandığı şekil5.9'da net olarak görülmektedir. Fakat sınırsız olan Dr mesafesinden dolayı gözlemlenememe olgusu hiçe sayılmış olmaktadır.



Grafik 5.17. Baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit dairesel algılayıcı alanda istenmeyen algılayıcı sayısına göre değişim

Burada algılayıcı ağ Şekil5.5'teki gibi şekillenmiştir. İstenmeyen algılayıcıların konumları da tahmin edilmekte ve dolayısıyla her algılayıcının istemeyene olan mesafesi bilinmektedir. Buradan en kısa mesafe hesaplanmakta ve her algılayıcı için sınırlanmış gönderim mesafesi bulunmaktadır. Bu sayede de ağın istenmeyen algılayıcılar tarafından gözlemlenmesi engellenmektedir.

Grafik5.17'den açıkça görüldüğü gibi istenmeyen algılayıcı sayısı arttıkça yaşam süresi azalmaktadır. Ayrıca bir ağdaki algılayıcı sayısı da arttıkça yaşam süresinin azaldığı görülmektedir.



Grafik 5.18. Baz istasyonu merkezde ve yoğunluk sabit dairesel alanda algılayıcı sayısına göre değişim

Grafik5.18’de Şekil5.5’teki ağ yapısı kullanılarak elde edilmiştir. Burada Grafik5.17’den farklı olarak X eksenini istenmeyen algılayıcı sayısını göstermektedir ve farklı algılayıcı sayılarından oluşan ağ yapıları için yaşam süreleri gözlemlenmektedir.

Yapılan analizlerde N adet algılayıcı ve bir adet baz istasyon düğümü içeren dörtgensel ve dairesel ağ topolojileri incelenmiştir. Modellerimizde her i düğümü birim zamanda  $s_i$  birim ham veri üretmektedir. Ürettikleri bu verileri belirtilen gönderim kısıtlarıyla optimum bir şekilde baz istasyonuna iletmesi sağlanmıştır.

## BÖLÜM 6

### 6. SONUÇLAR

Güvenlik ve Gizlilik birçok AA uygulamasında aşırı derecede öneme sahiptir. Günlük hayatımızda artık birçok yerde karşımıza çıkabilen algılayıcı ağlar çalışmaları en hızlı biçimde askeri uygulamalarda kendini göstermektedir ve bu alandaki güvenliğin önemi herkesçe bilinmektedir. Savaş alanı hakkında bilgiyi, kimsenin hayatını riske atmadan toplayabilmesine karşın, tatmin edici bir şekilde korunmayan AA'lar düşmanın eline geçtiğinde güçlü bir silah olarak kullanılabilir. Bu tip uygulamalar için sağlam güvenlik önlemleri alınmalıdır. AA'ların ticari uygulamalarında ise "Gizliliğin Korunumu" meselesi, ağın güvenli ve stabil halde çalışır olması kadar önemle ele alınmalıdır. Kişiler hakkındaki fizyolojik ya da psikolojik bilginin güvenliği her kullanıcı tarafından korunması gereken bilgiler içerisindedir. Güvenliği sağlamak için gerekli mekanizmalar, hedef uygulamanın mimari yapısına ve içinde bulunduğu fiziksel çevreye uygun hale getirilmelidir. Güvenlik sağlanırken enerji kullanımı da ağın yaşam süresini optimize etmek için gerekmektedir. Doğrusal programlama sayesinde ağın hem güvenliği hem de yaşam süresini iyi kullanma sağlanabilir. Bu tez çalışmasında da doğrusal programlamayla algılayıcı düğümlerin enerjilerini verimli biçimde kullanmasını ve istenmeyen dinleyiciler tarafından ağın dinlenmesini engelleme sağlanarak, algılayıcı ağ içinde veri akışını dengeli bir biçimde düzenlenmesiyle ağın yaşam süresini uzatacak yöntemler araştırılmıştır.

Bu çalışmada farklı ağ topolojilerinde farklı durumlar için incelemeler ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Dairesel ve dörtgensel alanlar için baz istasyonun yeri değiştirilerek farklı durumlar oluşturulmuştur. Oluşturulan ağ yapıları şekillerde gösterilmiştir ve algılayıcılar rastgele dağıtılmıştır.

Dörtgensel alanda algılayıcıların yoğunluklarının sabit, baz istasyonun merkezde ve kenarda olduğu durumlarda elde edilen Grafik5.1 ve Grafik5.5 şekilsel olarak birbirlerine çok yakın görülmektedir. Fakat Grafik5.1'in normalizasyon değeri Grafik5.5'in normalizasyon değerinin iki katından daha fazladır. Grafiklerde sanal ağ alanın algılayıcı ağ alanına olan oranının 2 olduğu durumda yaşam süreleri normalize değerlerinin yani en uzun yaşam sürelerinin yarısı olarak görülmektedir. Algılayıcı sayılarının sabit olduğu durumlarda Grafik5.3 için elde edilen normalizasyon değeri, Grafik5.7 için elde edilen değerin yine iki katından daha fazladır.

Dairesel alanda baz istasyonun yine iki farklı konumu için yoğunluğun sabit olduğu durumlarda elde edilen Grafik5.9 ve Grafik5.13 görsel olarak birbirlerine yakın olmalarına rağmen normalizasyon değeri yine baz istasyonun merkezde olduğu durumda iki katı olarak elde edilmiştir. Algılayıcı sayılarının sabit olduğu Grafik5.11 ve Grafik5.15 için elde edilen normalizasyon değerleri yine merkez konumu için daha yüksek olduğu görülmektedir.

Dörtgensel alan grafiklerinde yatay eksenimiz 10 oranına kadar gözlemlenirken, dairesele alan grafiklerimiz 3 oranına kadar gözlemlenmektedir. Grafikler dairesele alanların dörtgensel alanlara göre daha uzun yaşam sürelerini göstermektedir.

Dairesel alanlarda baz istasyonun merkezde olduğu durum en uzun yaşam süresine sahip olan topoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu topolojide istenmeyen algılayıcılar tarafından gözlemlenme engellenmiş durumdadır.

Ayrıca sanal mesafenin akış trafiğine olan etkisi Şekil5.6-5.9'da anlaşılmaktadır. Burada, dairesele bir alana doğrusal ve belirli aralıklarla yerleştirilmiş algılayıcıların, birim zamanda elde ettikleri verileri nasıl bir yol izleyerek birbirlerine ilettikleri de



gözlemlenmiştir. Artan ağ alanı ile sanal ağ aralığında, veri gönderim mesafesi artmaktadır.

Grafik5.17 ve Grafik5.18 istenmeyen algılayıcı sayısı ne kadar fazla olursa algılayıcı ağın yaşam süresi o kadar az olmaktadır. İstenmeyen algılayıcılar ağ algılayıcılarının gönderim mesafelerinin kısıtlanmasına neden olmaktadır. Bu nedenden kısa mesafede fazla veri göndermek zorunda kalan algılayıcıların pil güçleri tükenmekte ve ağın iletişimi kopmaktadır.

Yaşam süresini gösteren tüm dairesel grafiklerde, sanal alanın algılayıcı alana olan oranının 2 olduğu durumlardaki yaşam süreleri en fazla olan durumdakinin yarısından fazlayken, dörtgensel alan için bu orandaki değerler en fazla yaşam süresinin yarısı ya da daha azı olarak görülmektedir.

Yapılan tüm bu gözlemlerle, istenmeyen algılayıcılardan korunmuş olarak oluşturulabilecek en iyi ağ topolojisi, baz istasyonun merkezde olduğu dairesel topoloji olabileceği ve algılayıcıların gönderim mesafelerine getirilen kısıtlar, ağın yaşam süresini dikkate değer bir oranda düşürebileceği tahminleri edilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "Wireless sensor network: a survey," *Computer Networks*, vol. 51, no. 4, pp. 393-422, 2002.
- [2] L. Zhou and Z. Haas, "Securing ad hoc networks" *IEEE Network*, vol. 13, no. 6, pp. 24-30, 1999.
- [3] A. Perrig, R. Szewczyk, D. Tygar, V. Wen, and D. Culler, "SPINS: security protocols for sensor networks" *Wireless Networks*, vol. 8, no. 5, pp. 521- 534, 2002.
- [4] S.C. Ergen and P. Varaiya, "On Multi-hop Routing for Energy Efficiency", *IEEE Communication Letters*, vol. 9, no. 10, pp.880-881, 2005.
- [5] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks", in *Proc. MOBICOM*, pp.56-67, 2000.
- [6] S.Vardhan, M.Wilczynski, G.J.Portie, W.J. Kaiser, "Wireless integrated network sensors (WINS): distributed in situ sensing for mission and flight systems", *Aerospace Conference Proceedings*,vol. 7, pp. 459 -463,2000.
- [7] B.Tavli and W.B.Heinzelman, "Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communication", Springer, 2006.
- [8] A.Sankar and Z. Liu, "Maximum Lifetime Routing In Wireless Ad-Hoc Networks", *IEEE Conference on Computer Communications*, 2004.
- [9] C. Hua and T.S.P.Yum, "Optimal Routing for Maximizing Lifetime of Wireless Sensor Networks", *Proc. of IEEE INFOCOM*, 2005.
- [10] R. Madan and S.Lall, "Distributed Algorithms for Maximum Lifetime Routing in Wireless Sensor Networks", *Global Telecommunications Conference GLOBECOM*, IEEE, Dallas, Texas, U.S.A, 2004.
- [11] S.Park and M.Srivastava, "Power aware routing in sensor networks using dynamic source routing", *ACM MONET Special Issue on Energy Conserving Protocols in Wireless Networks*, 1999.
- [12] S. Singh, M.Woo and C.Raghavendra, "Power-aware routing in mobile ad hoc Networks", in *Proc. 4th Annual ACM/IEEE Int. Conf. Mobile Computing Networking*, 1998.
- [13] M.Ettus, "System capacity, latency, and power consumption in multihop-routed SS-CDMA wireless Networks", in *Proc. Radio and Wireless Conf. (RAWCON)*, Colorado Springs, U.S.A, pp. 55-58,1998.
- [14] T.Shepard, "A channel access scheme for large dense packet radio Networks", in *Proc. ACM SIGCOMM*, Stanford, CA,U.S.A, pp. 219-230,1996.
- [15] R.Cristescu, B.Beferrull-Lozano and M. Vetterli, "On Network Correlated Data Gathering", *IEEE Infocom*, Hong Kong, Mart 2004.
- [16] A.Goel and D.Estrin, "Simultaneous Optimization for Concave Costs: Single Sink Aggregation or Single Source Buy-and-Bulk", *ACMSIAM Symposium on Discrete Algorithms*, Baltimore, U.S.A, 2003.
- [17] A.Woo and D.Culler, "A transmission control scheme for media access in sensor Networks". *Mobicom*, Rome, Italy, 2001.
- [18] K.Sohrabi," Protocols for self-organization of a wireless sensor network", *IEEE Personal Communications*, vol. 7,no. 5, pp.16-27, 2000.

- [19] L.Clare, G.Pottie and J.Agre, “Self-organizing distributed sensor Networks”, in Proc. SPIE Conf. Unattended Ground Sensor Technologies and Applications, pp. 229–237 Orlando, U.S.A,1999.
- [20] J.H. Chang and L.Tassiulas, “Maximum lifetime routing in wireless sensor Networks”, IEEE/ACM Transactions on Networking ,pp. 609 – 619, 2004.
- [21] Z.Cheng, M.Perrilo and W. B.Heinzelman, “General network lifetime and cost models for evaluating sensor network deployment”, IEEE Transactions on Mobile Computing, pp. 484-497, 2008.
- [22] M. Perillo, Z.Cheng and W.Heinzelman, “An analysis of strategies for mitigating the sensor network hotspot problem”. MobiQuitous, pp. 474-478, 2005.
- [23] R. S.Gandham, M.Dawande, R.Prakash and S.Venkatesan, “Energy efficient schemes for wireless sensor networks with multiple mobile stations”.Proceedings of IEEE Globecom ,2003.
- [24] W.Heinzelman, A.Chandrakasan and S.Balakrishnan, “Energy-efficient communication protocols for wireless microsensor networks “, Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on Systems Science, pp. 3005-3014, 2000.
- [25] K.Sha and W.Shi , “Modeling the Lifetime of Wireless Sensor Networks.” Technical Report MIST-TR-2004-011, Wayne State University,2004.
- [26] M.Bhardwaj and A.Chandrakasan, “Bounding The Lifetime of Sensor Networks via Optimal Role Assignments”, Proc. of IEEE (INFOCOM 2002), pp. 1587-1596, New York,USA, Haziran 2002.
- [27] M.Bhardwaj, T.Garnett and A.P.Chandrakasan, “Upper Bounds on the Lifetime of Sensor Networks, Communications”, IEEE International Conference, pp. 785-790, 2001.
- [28] B.Huang , F.Hao, H.Zhu and Y.Tanabe, T.Baba, “Low-energy static clustering scheme for wireless sensor network”, Proceedings of International Conference on Wireless Communications, pp. 1-4,2006.
- [29] W.Heinzelman , A.Chandrakasan and H.Balakrishnan, “An applicationspecific protocol architecture for wireless microsensor networks,” IEEE Transactions on Wireless Communications, pp. 660–670, 2002.
- [30] R. Shah and J. Rabaey, “Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks”, in the Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Orlando, Florida, U.S.A, 2002.
- [31] M.Youssef, M.Younis and K.Arisha, “A Constrained Shortest-Path Energy-aware Routing for Wireless Sensor Networks”, Wireless Communication and Networking Conference (WCNC), Orlando, Florida,U.S.A, 2002.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÖZÇİLOĞLU, Mustafa Mikail  
Uyruğu : T.C.  
Doğum Tarihi ve Yeri : 01.01.1985  
Medeni Hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 292 4295  
Faks : 0 (312) 292 40 91  
e-Posta : [mozciloglu@etu.edu.tr](mailto:mozciloglu@etu.edu.tr)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	TOBB ETÜ Bilgisayar Mühendisliği	2009
Lisans	Mersin Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği	2006

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007 – 2009	TOBB ETÜ	Araştırma Görevlisi

### Yabancı Dil

İngilizce