

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA GÖZLEMLENEME
OLGUSU VE VERİ SIKIŞTIRMANIN DOĞRUSAL
PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ**

TUNA HAN ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2013

Fen Bilimleri Enstitü onayı

Prof. Dr. Ünver KAYNAK

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

Doç. Dr. Hamza KURT

Anabilim Dalı Başkanı

Tuna Han ÖZDEMİR tarafından hazırlanan KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA GÖZLEMLENEMEME OLGUSU VE VERİ SIKIŞTIRMANIN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Bülent TAVLI

Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Tolga Girici

Üye : Doç. Dr. Bülent TAVLI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Esra Kadioğlu Ürtiş

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.

.....

Tuna Han ÖZDEMİR

Üniversitesi : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Enstitüsü : Fen Bilimleri
Anabilim Dalı : Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Bülent TAVLI
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Haziran 2013

Tuna Han ÖZDEMİR

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA GÖZLEMLENEMEME OLGUSU VE
VERİ SIKIŞTIRMANIN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA İLE
İNCELENMESİ**

ÖZET

Teknolojik gelişmeler kablosuz algılayıcı ağların kullanım alanlarının artmasına neden olmaktadır. Güvenlik problemi ile enerji kapasitelerinin sınırlı olması kablosuz algılayıcı ağların en önemli dezavantajları olarak gösterilmektedir. Gözlemlenememe (İng. unobservability) olgusu ile ilgili önlemler düğümlerin veri iletim mesafesini kısıtlayarak yaşam süresi üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu tez çalışmasında bir algılayıcı ağın yaşam süresi, verilen gözlemlenememe kısıtları ve kullanılan veri işleme yöntemleri yardımıyla doğrusal programlama ile eniyilenmeye çalışılmıştır. Yapılan testler sonucunda veri sıkıştırma yöntemleri kullanılarak veri güvenliğinin yaşam süresi üzerindeki negatif etkilerinin azaltılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz algılayıcı ağlar, Doğrusal programlama, Gözlemlenememe, Güvenlik, Veri sıkıştırma.

University : TOBB University of Economics and Technology
Institute : Institute of Natural and Applied Sciences
Science Programme : Electrical and Electronics Engineering
Supervisor : Associate Professor Dr. Bülent TAVLI
Degree Awarded and Date : M.Sc.– June 2013

Tuna Han ÖZDEMİR

**INVESTIGATION OF UNOBSERVABILITY AND DATA COMPRESSION
IN WIRELESS SENSOR NETWORKS THROUGH LINEAR
PROGRAMMING**

ABSTRACT

Advances in technology lead to an increased use of wireless sensor networks. Security problem and limited energy capacity of wireless sensor networks is shown as the most important disadvantages. Unobservability precautions have negative effect on life expectancy by restricting nodes' data transmission distance. In this thesis the optimization of the lifetime of sensor network are investigated given the unobservability constraints and using the data processing methods through a linear programming framework. Our simulation results show that using data compression methods on the data security, negative effects on lifetime can be reduced.

Key Words: Wireless Sensor Networks, Linear Programming, Unobservability, Security, Data Compression

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardımlarıyla beni destekleyen çok kıymetli hocam Bülent TAVLI'ya, maddi desteklerini esirgemeyen TÜBİTAK'a, manevi olarak yanımda olan aileme, arkadaşlarıma ve eşim TUBA'ya tüm kalbimle teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR.....	xii
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM 1.....	1
1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	3
2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR.....	3
2.1. KAA'ların Yapısı.....	3
2.2. KAA Tasarım Kısıtları.....	6
2.3. KAA'ların Kullanım Alanları.....	8
2.4. KAA'larda Yaşam Ömrü.....	9
2.5. KAA'larda Güvenlik.....	10
BÖLÜM 3.....	11
3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA (LP).....	11
3.1. Doğrusal Programlama Modeli.....	11
3.2. Kullanılan Doğrusal Programlama Modeli.....	18
BÖLÜM 4.....	21

4. KAA’LARDA YAŞAM SÜRESİ ENİYİLEMESİ.....	21
4.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Aktif Nokta Problemi.....	21
4.2. Akış Eniyilemesi.....	22
4.3. Enerji Modeli.....	23
4.4. Modelde Kullanılan Veriler.....	24
BÖLÜM 5.....	25
5. YAPILAN ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER.....	25
5.1. Veri Güvenliğinin Sağlanması.....	25
5.2. Veri Sıkıştırma Yöntemlerinin Hayat Süresi Üzerindeki Etkileri.....	28
5.3. OC Veri Sıkıştırma Yönteminde Harcanan Enerji Dağılımı.....	40
BÖLÜM 6.....	43
6. SONUÇLAR.....	43
KAYNAKLAR.....	45

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1 Veri Sıkıştırma ve Ayırıştırma Enerjileri.....	24

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Örnek bir KAA'nın çalışma prensibi.....	4
Şekil 2.2. Bir algılayıcı düğümün yapısı.....	5
Şekil 3.1. Doğrusal programlama probleminin grafiksel çözümü.....	17
Şekil 4.1 Tek atlamalı veri iletimi sonucu gerçekleşen Aktif Nokta (AN) Problemi.....	22
Şekil 4.2 Çok atlamalı veri iletimi sonucu gerçekleşen Aktif Nokta (AN) Problemi.....	22
Şekil 4.3 Üç düğümden oluşan doğrusal KAA topolojisi.....	24
Şekil 5.1 Dairesel Alanda Baz İstasyonu Merkezde İken Veri Güvenliği Modeli.....	25
Şekil 5.2 Dairesel alanda algılayıcı sayısı 100 iken hayat süresi değişimi.....	27
Şekil 5.3 Birinci senaryoya göre dairesele alanda yoğunluk 100 iken hayat süresi değişimi.....	28
Şekil 5.4 İkinci senaryoya göre dairesele alanda yoğunluk 100 iken hayat süresi değişimi.....	29
Şekil 5.5 Birinci senaryoya göre dairesele alanda yoğunluk 300 iken hayat süresi değişimi.....	30
Şekil 5.6 İkinci senaryoya göre dairesele alanda yoğunluk 300 iken hayat süresi değişimi.....	31
Şekil 5.7 Birinci senaryoya göre dairesele alanda yoğunluk 900 iken hayat süresi değişimi.....	32

Şekil 5.8 İkinci senaryoya göre dairesel alanda yoğunluk 900 iken hayat süresi değişimi.....	33
Şekil 5.9 OC'nin hayat süresi üzerindeki etkisi.....	34
Şekil 5.10 AC1'in hayat süresi üzerindeki etkisi.....	35
Şekil 5.11 AC2'nin hayat süresi üzerindeki etkisi.....	36
Şekil 5.12 AC3'ün hayat süresi üzerindeki etkisi.....	37
Şekil 5.13 AC4'ün hayat süresi üzerindeki etkisi.....	38
Şekil 5.14 AC5'in hayat süresi üzerindeki etkisi.....	39
Şekil 5.15 Harcanan Enerji Dağılımları (Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı) = 0.8.....	40
Şekil 5.16 Harcanan Enerji Dağılımları (Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı) = 1.6.....	41
Şekil 5.17 Harcanan Enerji Dağılımları (Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı) = 2.4.....	41

KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklamalar
KAA	Kablosuz Algılayıcı Ağlar – Wireless Sensor Networks
GTA	Gezgin Tasarısız Ağlar – Wireless Ad hoc Networks
LP	Doğrusal Programlama – Linear Programming
NC	Sıkıştırmasız Durum- No Compression
OC	Optimal Sıkıştırılmalı Durum – Optimal Compression
AC	Devamlı Sıkıştırılmalı Durum – Always Compression
MAC	Ortam Erişim Kontrolü – Media Access Control
CSMA	Taşıyıcı Dinleyen Çoklu Erişim – Carrier Sense Multiple Access
SMACS	Algılayıcı Ağlar İçin Kendiliğinden Oluşmuş Ortam Erişim Kontrolü – Self-organizing Medium Access Control for Sensor Networks
EAR	Dinleme ve Kayıt – Eavesdrop and Register

SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamalarıyla birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
f_{ij}	i düğümünden j düğümüne ham veri akışı
g_{ij}	i düğümünden j düğümüne sıkıştırılmış veri akışı
$P_{tx,ij}$	i düğümünden j düğümüne 1 bit veri iletimi için harcanan enerji
P_{rx}	1 bit veri alımı için harcanan enerji
ρ	düğümün donanımında harcanan enerji
ϵ	verimlilik faktörü
d_{ij}	i düğümü ile j düğümü arası uzaklık
α	yol kayıp faktörü
e_i	i düğümünün enerjisi
P_{cp}	1 bit veriyi sıkıştırma enerjisi
P_{dc}	1 bit veriyi açma enerjisi
γ_k	k seviyeli sıkıştırma katsayısı

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

İlk olarak 80'lerde ortaya atılan kablosuz algılayıcı ağlar kavramı 90'lı yıllarda elektronikte yaşanan gelişmeler paralelinde yoğun araştırmaların yapıldığı bir alan haline gelmiştir. Algılayıcıların boyutlarının küçülmesi, taşıma ve gizlemenin kolaylaşması sonucunda ilk zamanlarda sadece askeri uygulamalarda kullanılırken uygulama alanları çeşitlenmiş ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır [1].

Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) geniş alanlara yayılmış çok sayıda algılayıcıdan meydana gelmektedir. Kısıtlı kaynağa sahip olan algılayıcılar veri toplama, işleme ve iletme görevlerini yerine getirmektedirler. Herhangi bir altyapı gereksinimleri bulunmayan KAA'lar insanların ulaşamayacağı alanlarda görev yaptıklarından bakım ve onarım zorluğu vardır. Bu nedenle buldukları ortam şartlarına uygun yapıda üretilmeleri ve kısıtlı enerjilerini verimli bir şekilde kullanmaları gerekmektedir. Bir bütün olarak ağda düğümlerin enerji verimliliğini sağlayacak şekilde veri alışverişinde bulunmaları da gerekmektedir.

KAA'lar tasarlanırken enerji verimliliği en önemli amaç olmaktadır. Bununla birlikte özellikle askeri uygulamalarda veri güvenliğinin ve gizliliğinin sağlanması da önem arz etmektedir. KAA'ların önemli dezavantajlarından birisi de açık bir haberleşme altyapısına sahip olmaları ve veri güvenliğinin sağlanamamasıdır [2-3].

KAA'larda düğümler enerjilerinin büyük bir kısmını veri alışverişi esnasında harcamaktadırlar. Bu nedenle haberleşme enerjisinin eniyilenmesi hayat süresini büyük ölçüde artıracaktır. Bu çalışmada verilerini direkt olarak gönderebilecekleri gibi diğer düğümler üzerinden de iletebilen ve her yöne doğru iletim yapabilen algılayıcıların veri güvenliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda sanal bir mesafe belirlenerek düşmanın bu mesafenin dışında yer aldığı kabul edilmiş, bu mesafenin dışına veri iletimi engellenmiştir. Veri iletim mesafeleri kısıtlanan düğümler enerjilerini verimli kullanacak şekilde karar alamamaktadır. Bazı düğümlerin ağ ile iletişimi kesilebilmektedir. Bu nedenle veri sıkıştırma yöntemleri analize dahil edilerek yaşam süresi artırılmaya çalışılmıştır.

Algılayıcılar dairesel alanda rastgele dağıtılarak farklı yoğunluk değerleri ve veri işleme teknikleri kullanılarak yaşam süresi tespit edilmiştir.

Bölüm 2’de kablosuz algılayıcı ağların yapısı, kullanım alanları, kablosuz algılayıcı ağ tasarımını etkileyen faktörler ve literatürde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Bölüm 3’te doğrusal programlama ve analizde kullanılan model tanıtılmıştır. Bölüm 4’te enerji modeli ve modelde kullanılan veriler anlatılmıştır. Bölüm 5’te elde edilen veriler sunulmuş ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bölüm 6’da ise yapılan çalışmanın sonuçları açıklanmıştır.

BÖLÜM 2

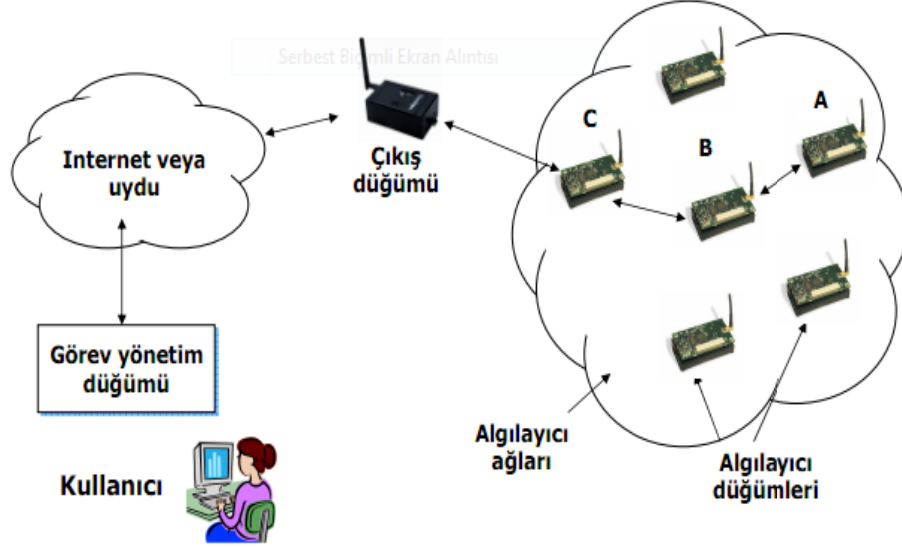
2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR

2.1. KAA'ların Yapısı

Son yıllarda kablosuz iletişimde ve elektronikte meydana gelen hızlı ilerlemeler neticesinde düşük maliyetli, daha az enerji harcayan, küçük boyutlu ve fonksiyonel algılayıcı düğümler üretmek mümkün olmaktadır. Birçok uygulama alanı olan KAA'lar kullanılarak veri toplama ve işleme, olay ve konum belirleme ile ortam izleme gibi işlevler kolaylıkla yerine getirilebilmektedir. Bu nedenle KAA'lar ortamdaki fiziksel değişimleri takip etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Algılayıcı düğümlerin yapısında bulunan skalar algılayıcılar sayesinde belirli bir ortamın ısı, ışık, nem gibi verileri ile vektörel algılayıcılardan olan kameralar ve mikrofonlar yardımıyla görüntü ve ses toplanmaktadır. Farklı ortam ve alanlara dağılan ve fiziksel olayları gözlemleyen birden fazla algılayıcı düğüm kablosuz algılayıcı ağlar kavramını oluşturmaktadır [1]. KAA'lar birbirine kablosuz ağla entegre edilmiş yüzlerce veya daha fazla sayıda düğümün fiziksel bir olayı algılamak amacıyla bir alana yayılmasıyla oluşturulur. Belli bir altyapı veya topolojiye sahip olmayan KAA'lar, ortama rastgele yerleştirilirler. Bu nedenle KAA'lar farklı alanlarda ve değişik koşullarda çalışabilmeli ve kendi ağlarını organize edebilmelidirler.

İlk olarak askeri uygulamalarda kullanılmaya başlayan KAA'lar gelişen teknolojiyle birlikte günümüzde birçok askeri ve sivil uygulamanın geliştirilmesine imkan vermektedir [4]. Günümüzde KAA'lar; güvenlik, yangın alarm sistemleri, trafik kontrolü, izleme ve kaydetme, arazi keşfi, doğal yaşamın gözlenmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır [5]. Özellikle askeri alanda kolay yerleştirilme, kendi kendine organize olabilme ve hata toleransı sayesinde KAA'lar haberleşme, haber alma, keşif, hedef alma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Örnek bir KAA'nın yapısı şekildeki gibidir:



Şekil 2.1. Örnek bir KAA'nın çalışma prensibi

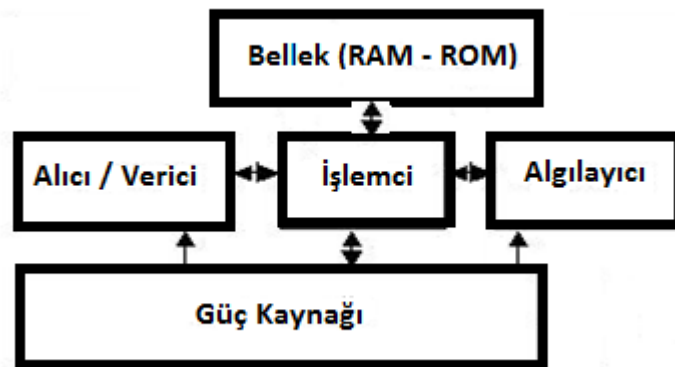
Şekilde gösterildiği üzere KAA'ların çalışma prensibi basit bir yapıya sahip olup kullanıcı dostudur. Algılayıcı düğümlerin ortamdan elde ettiği veriler baz istasyonu da denilen çıkış düğümüne aktarılmakta oradan da internet veya uydu haberleşme sistemleri aracılığıyla görev yönetimi düğümüne ve kullanıcıya ulaştırılmaktadır.

KAA'ların sağladığı yararlar ve üstünlükler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Makrosensörlere göre kolay kurulum ve bakıma sahip olmaları nedeniyle insanların bulunmasının ve ulaşmasının zor olduğu alanlar da dahil olmak üzere birçok alana yerleştirilebilirler.
- Maliyetleri düşük olduğu için yüzlerce düğüm ortama yerleştirilir ve elde edilen verilerin güvenilirliği artırılmış olur. Ayrıca bazı algılayıcıların bozulması sonucunda bütün sistem etkilenmeyeceği için bakım maliyetleri de düşüktür.

- KAA'ların görevi fiziksel verileri toplayıp merkeze bildirmek olduğundan farklı topolojilerde defalarca kullanılabilirler.
- Düğümlerin tek başına kapsama alanları düşük olmasına rağmen ortamda yoğun bulunarak işbirliği yaptıkları için kapsamaları genişlemektedir.
- KAA'ların taşınabilirlikleri, kablolama ve enerji altyapısı gerektirmedikleri için yüksektir.
- KAA'ların hataya karşı toleransları yüksek olduğu için ortamdaki bazı düğümlerin işlevini yitirmesine rağmen ağda kabul edilebilecek düzeyde veri üretilmeye devam edilir.

KAA'larda bulunan algılayıcı düğümler; alıcı ve verici birimi, dahili bellek, algılayıcılar, mikro işlemci ve güç kaynağı olmak üzere beş temel birimden oluşmaktadır (Şekil 2.1). İzlenecek ortamın özelliklerine göre algılayıcının boyutu değişebilmekte, bir kibrit kutusu boyutunda olabileceği gibi daha küçük boyutlarda da imal edilebilmektedir [6]. Algılayıcıların çok geniş alana yayılması ve algılayıcılara her zaman erişim imkanı olmaması nedeniyle sürekli çalışıyor olmalarını sağlamak çok önemlidir. Bu yüzden çevresel faktörlerden çok fazla etkilenmeyen algılayıcılar için en önemli kısıtlayıcı birim güç kaynağıdır.



Şekil 2.2. Bir algılayıcı düğümün yapısı

2.2. KAA Tasarım Kısıtları

KAA'ların tasarımında üretim maliyeti, hata toleransı, ağ topolojisi, ölçeklenebilirlik, donanım ve çevre kısıtları, güvenlik ve güç tüketimi gibi birçok faktör etkilidir.

Üretim Maliyeti: KAA'lar yüzlerce belki de binlerce algılayıcı düğümden meydana geldiği için birim maliyet çok önemlidir. Sistemin toplam maliyeti aynı işleve sahip diğer sistemlere göre daha düşük olmalıdır.

Hata toleransı: Ağdaki düğümlerden bazılarının işlevini yitirmesi sonucunda KAA devre dışı kalmamalıdır. Kabul edilebilir düzeyde veri üretmeye devam etmelidir.

Ağ topolojisi: KAA'lar çok geniş alanda faaliyet gösterdiği için ve çevresel faktörler nedeniyle sistemdeki algılayıcıların yerlerinde değişiklikler olabileceğinden ağ topolojisinin değişken yapıda olmasına dikkat edilmelidir.

Ölçeklenebilirlik: KAA'ların kullanıldıkları uygulamaya göre algılayıcı sayılarında değişiklikler gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle KAA ölçeklenebilir yapıda olmalıdır.

Donanım kısıtları: Algılayıcıların donanımları seçilirken sadece maliyet esasına değil zor şartlarda ve farklı ortamlarda çalışabiliyor olmasına da dikkat edilmelidir. Sadece maliyete göre seçim yapıldığı takdirde sistemde sık sık sorunlar meydana gelebilecektir.

Çevre kısıtları: KAA'lar zorlu çevre koşullarında faaliyet göstermektedir. Bu yüzden fazla bakım gerektirmeyecek ve bulunduğu ortama kolay uyum sağlayacak şekilde tasarlanmaları gerekmektedir.

Güvenlik kısıtları: KAA'lar uygulamalarda çok yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen güvenlik bakımından yeterli bulunmamaktadırlar. Algılayıcılar tarafından elde edilen verilerin güvenliğinin sağlanması gerekmektedir.

Güç tüketimi: KAA'ların tasarımında hesaplanması gereken en önemli kısıt algılayıcı düğümlerin harcadığı enerji miktarıdır. Algılayıcı düğümler sınırlı güç kaynaklarına

sahiptir ve güç kaynaklarının yenilenmesi genellikle mümkün değildir. Bu yüzden KAA'ların ömürlerinin uzun olması için güç tüketimi efektif bir şekilde ayarlanmalıdır.

KAA'larda ilk bakışta gezgin tasarısız ağlarda (GTA) kullanılan tekniklerin uygulanabileceği görülmekle birlikte, GTA'lar için önerilen birçok algoritma ve protokolün KAA'ların eşsiz özelliklerine ve kullanım gereksinimlerine uymadığı ve kullanılamayacağı tespit edilmiştir. KAA'lar ve GTA'lar arasındaki temel bazı farklar aşağıdaki gibidir:

- KAA'lardaki düğüm sayısı GTA'lardan kat kat daha fazla olabilmektedir.
- Algılayıcı düğümler hataya yatkın olmakla birlikte KAA'lar GTA'lara göre çok fazla düğüme sahip olduklarından veri yoğunluğu fazla olup hataya karşı tolerans gösterebilirler.
- Buldukları ortama yoğun bir şekilde dağıtılan algılayıcı düğümlerin topolojileri ihtiyaca göre değiştirilebilir ve bu sayede kullanıcı dostudur.
- GTA'larda noktadan noktaya haberleşme yöntemi kullanılırken KAA'larda tüme gönderim haberleşme sistemi kullanılmaktadır.
- KAA'ların yönetimi kolay, insan müdahalesine duyulan gereksinim azdır.
- KAA'lar erişimi zor olan alanlarda çalışarak insanların ulaşamayacağı alanlarda kullanılabilirler.
- Algılayıcı düğümler kısıtlı güç kaynaklarına, düşük bellek ve işlem kapasitesine sahiptir.

2.3. KAA'ların kullanım alanları

Günümüzde kablolu ağlara alternatif olarak kullanılan ve kablolu ağlarla gerçekleştirilemeyen birçok uygulamanın hayata geçirilmesini sağlayan KAA'ların çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. KAA'ların kullanım alanlarından bazıları aşağıda verilmiştir:

Yapı Otomasyonu

- Işıklandırma kontrolü
- İzleme ve kayıt
- Güvenlik
- Yangın alarm sistemleri
- Akıllı evler
- Trafik gözleme ve araç yönlendirme

Askeri uygulamalar

- Gözetleme, keşif sistemleri
- Kontrol ve haber alma sistemleri
- Hedef alma sistemleri
- Haberleşme sistemleri

Çevresel uygulamalar

- Deprem ve hava durumu tahmini
- Doğal afetlerin hızlı bir şekilde ihbar edilmesi

- Bitki ve hayvan izleme ile çevresel gözlem
- Hava kirliliği ve gıda kalitesi tespiti

Sağlık alanındaki uygulamalar

- Doktorların hastaları evden takip etmesi ve uzaktan hasta parametrelerinin elde edilmesi
- Hastanedeki personel ve malzeme durumunun anlık olarak izlenmesi
- Yaşlı ve özürllülere yönelik uygulamalar

Üretim ve depolama uygulamaları

- Ürün yer tayini
- Envanter takibi
- Enerji hatlarının izlenmesi ve bütünlüğünün sağlanması
- Süreç izleme ve kontrol
- Benzin-Gaz üretim ve taşımacılığı

2.4. KAA'larda Yaşam Ömrü

Günümüzde birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmakta olan algılayıcı ağların yaşam sürelerini uzatarak daha verimli çalışmalarını sağlamak amacıyla protokoller ve algoritmalar geliştirilmiştir. Bu çalışmalardaki temel amaç pil ömürlerini uzatarak verimliliği artırmaktır. Çünkü KAA'larda yaşam süresini belirleyen temel kısıt pil ömrüdür. Algılayıcılar pillerini veri toplama, veri işleme ve haberleşme işlemlerinde kullanmaktadır. Bu işlevlerini yerine getirirken harcanan enerjiyi efektif seviyeye getirmek için KAA tasarımcıları donanımda, sinyal işleme sırasında, haberleşme ve ağ protokollerinin çeşitli aşamalarında yüksek enerji tüketiminin önüne geçmek için çeşitli çalışmalar yapmışlardır. KAA'ların etkin ve verimli çalışması için bütün düğümlerin

enerjilerini dengeli bir şekilde kullanmaları gerekmektedir. Çünkü bazı düğümlerin daha fazla veri iletmesi sonucu devre dışı kalması, ağda izlenemeyen alanların oluşmasına neden olarak veri güvenliği üzerinde negatif etki yaratabilecektir. Bunun önüne geçebilmek için ağdaki veri trafiğinin dengeli bir şekilde dağıtılması gerekmektedir.

KAA'larda enerjiyi verimli kullanarak yaşam süresini iyileştirmek için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların bazılarında çeşitli MAC protokolleri kullanılırken bazılarında ise farklı yönlendirme algoritmaları geliştirilmiştir [7-9]. MAC protokollerinde esas olarak bant genişliğini verimli kullanmak ve servis kalitesini sağlamak temel amaç olmuştur. Woo ve Culler KAA'lar için tasarlanmış CSMA tabanlı bir protokol [7], Sohrabi ise MAC protokolleri olan SMACS ve EAR'ı [8] geliştirmişlerdir. Bu protokollerde, algılayıcı düğüm boş kaldığında algılayıcının geçici bir süre kapanması ve ortamı belirli aralıklarla dinlemesi gibi yöntemler kullanılarak enerji kazanımı sağlanmaya çalışılmıştır.

2.5. KAA'larda Güvenlik

KAA'lar günümüzde çok yaygın olarak kullanılmakta ve yeni uygulamaların geliştirilmesine de imkan vermektedir. Algılayıcıların ortamdan topladığı verilerin korunamaması durumunda ise bilgilerin yanlış sonuçlara neden olacak şekilde tahrip edilmesi muhtemeldir. Bu nedenle birçok KAA uygulamasında güvenlik ve gizlilik çok büyük öneme sahiptir.

KAA uygulamaları ne kadar yaygınlaşırsa ve karmaşıklaşırsa, ağın 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 için çok ince hesapların yapılması gerekmektedir.

BÖLÜM 3

3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA (LP)

LP, bir karar verme aracı olarak eniyileme problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde özellikle yöneylem araştırmaları vasıtasıyla işletme, ekonomi ve muhasebe gibi alanlarda sıklıkla kullanılmakta olan LP, kıt kaynakların optimum kullanılması, maliyetlerin minimize edilmesi ve karın maksimum yapılması gibi hedeflere ulaşılmasını kolaylaştıran bir yöntemdir.

Bir eniyileme modeli eğer sürekli değişkenlere ve tek bir doğrusal amaç fonksiyonuna sahipse ve tüm kısıtlar doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerden oluşuyorsa doğrusal program olarak adlandırılmaktadır. Kısıtlara ve değişkenlere bağlı kalarak en iyi amaca ulaşmayı hedefleyen LP'deki doğrusal (lineer) sözcüğü, modeldeki tüm fonksiyonların lineer olması gerektiğini belirtirken, programlama ise bilgisayar programlamaya işaret etmemekle birlikte en uygun çözümü bulacak aktivitelerin planlanması anlamına gelmektedir.

1947'de George Dantzig'in LP problemlerinin çözümünde kullanılan etkin bir yol olan Simpleks Algoritmasını bulmasından sonra sıklıkla ve hemen hemen her sektörde kullanılmaya başlanan doğrusal programlama, değişkenlere ve kısıtlayıcı şartlara bağlı kalarak amaca en iyi ulaşma tekniği olarak günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır [10].

3.1. Doğrusal Programlama Modeli

Doğrusal programlama, lineer denklemlerden oluşan kısıtlara sahip bir matematiksel modeldeki en iyi sonuca (en düşük maliyet veya en yüksek kar gibi) ulaşabilmek için kullanılır.

Doğrusal programları aşağıdaki gibi kanonik formda gösterebiliriz:

$$\text{maks } c^T x \quad (3.1)$$

kısıtlar

$$Ax \leq b \quad (3.2)$$

$$x \geq 0 \quad (3.3)$$

Burada,

c , amaç fonksiyonu katsayılarını kapsayan $(1 \times n)$ uzunluğunda bir vektördür ve T-üstü transpoz gösterimidir.

x , değişkenleri kapsayan $(1 \times n)$ uzunluğunda bir vektördür.

A , $(m \times n)$ büyüklüğünde bir katsayılar matrisidir.

b , $(m \times 1)$ uzunluğunda bir sabit değerler vektörüdür.

Bir doğrusal programlama probleminde genelde A matrisi ve b vektörü sayısal değer olarak problem başlangıcında verilir ve x vektörü için sayısal değişken değerleri sonuç olarak, problem çözümünden sonra bulunur.

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

- **Amaç fonksiyonu** - Bir maksimize edilecek doğrusal amaç fonksiyonu

- Genel olarak n değişkenli problem için:

$$\text{maks } c^T x \quad (3.4)$$

$$\text{veya maks } c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (3.5)$$

- Örnek olarak 2 değişkenli problem için:

$$\text{Maksimum bul } c_1 x_1 + c_2 x_2$$

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

- Genel olarak n değişkenli m adet kısıta sahip problem için:

$$\text{Kısıtlar} \quad Ax < b \quad (3.6)$$

veya

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

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

.

.

.

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad (3.7)$$

- Örnek olarak 2 değişkenli ve 3 kısıtlı 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:

$$x > 0 \quad (3.8)$$

veya

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0 \quad (3.9)$$

- Örnek olarak 2 değişkenli problem için

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

Bu problem kolaylıkla matris şekline dönüştürülebilir:

$$\text{Enbüyük: maks } c^T x$$

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

Doğrusal programlamalar daha farklı formatlarda da olabilir. Örneğin enküçükleme problemleri değişik şekillerdeki (\geq veya $=$ halinde) kısıtlardan veya negatif değerli değişkenlerden oluşabilir. Bu alternatif şekilleri uygun dönüşümler kullanarak standart forma çevirmek mümkündür.

Doğrusal programlama modelinden tutarlı sonuçların elde edilebilmesi için aşağıdaki varsayımlar sağlanmalıdır:

Doğrusallık ve Toplanabilirlik Varsayımı

Bir LP modelinin amaç fonksiyonunun karar değişkenlerinin doğrusal fonksiyonu olması gerçeğinin iki gerekçesi söz konusudur:

1. Amaç fonksiyonuna her karar değişkeninden gelen eklemeler karar değişkenlerinin değerleriyle doğru orantılı olmalıdır. Yani bir üründen 1 adet üretmenin maliyeti 2 adet üretmenin maliyetinin yarısıdır.
2. Karar değişkenlerinin amaç fonksiyonuna yaptıkları katkılar birbirinden bağımsızdır. Diğer değişkenlerin değerine bağlı olmaksızın x_1 değişkeninin amaç fonksiyonuna yaptığı katkı $2x_1$ ise bu her zaman bu şekilde olmalı ve değişmemelidir.

LP'de kısıtların doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerden meydana gelme zorunluluğunun iki temel nedeni söz konusudur:

1. Kısıtta yer alan değişkenlerin sol tarafa yaptığı katkılar değişkenin değeriyle doğru orantılıdır.
2. Değişkenlerin kısıtların değerine yaptıkları katkılar birbirinden bağımsızdır.

Ayrıca toplanabilirlik varsayımı gereği kısıtlardaki girdilerin toplamı, her bir işlem için kullanılan girdilerin ayrı ayrı toplamına eşit olmalıdır. Örneğin 1 ayakkabı 5 dakikada 1 bot ise 10 dakikada üretiliyorsa 1 ayakkabı ve 1 bot üretmek için 15 dakikaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir LP modelindeki karar değişkenleri her iki varsayımı da sağlamak zorundadır.

Bölünebilirlik Varsayımı

Bu varsayımın göre karar değişkenleri ondalık sayı değerleri alabilir. Eğer problemin tanımlı olduğu değerler arasında ondalıklı sayılar yoksa (örneğin 1,85 gömlek) tamsayı programlama gibi alternatif metotlara başvurulabilir.

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 aşamada, doğrusal programlama ile ilgili doğrusal fonksiyon ve doğrusal eşitsizlik kavramlarını açıklamak yerinde olacaktır.

Tanım 1: x_1, x_2, \dots, x_n 'in bir fonksiyonu olan $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, yalnız bir sabitler seti ile birlikte (c_1, c_2, \dots, c_n) kullanıldığında doğrusal fonksiyon olur.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \quad (3.10)$$

Örneğin $f(x_1, x_2) = 3x_1 + 5x_2$, x_1 ve x_2 'nin doğrusal fonksiyonudur. Fakat $f(x_1, x_2) = x_1^3x_2$ fonksiyonu x_1 ve x_2 'nin doğrusal fonksiyonu değildir.

Tanım 2: Herhangi bir $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ doğrusal fonksiyonu ve herhangi bir c sayısı için, $f(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq c$ ve $f(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq c$ eşitsizlikleri birer doğrusal eşitsizliktir.

Örneğin $2x_1 + 4x_2 \leq 5$ ve $3x_1 + 2x_2 \geq 6$ birer doğrusal eşitsizliktir. Fakat $x_1^4x_2 \geq 3$ bir doğrusal eşitsizlik değildir.

Tanım 3: Bir LP problemi, aşağıdakilerin gerçekleştirilmesi ile yürütülen bir eniyileme problemidir:

1. Karar değişkenleri tarafından oluşturulmuş olan eniyileme problemini enbüyükleme ya da enküçüklemeye çalışan fonksiyona amaç fonksiyonu denmektedir.
2. Doğrusal eşitlik veya eşitsizlik şeklindeki kısıtlar, ilgili karar değişkenleri tarafından sağlanmalıdır.
3. Herhangi bir değişken için işaret sınırı belirlenmelidir. Bu bağlamda her x_i için bir işaret sınırı atanması gerekmektedir.

LP problemlerini basit bir örnek üzerinden anlatmak mümkündür. Fonksiyonun x_1+x_2 olduğunu ve kısıtların da aşağıdaki gibi belirlendiğini varsayalım:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \quad (3.11)$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 4 \quad (3.12)$$

$$4x_1 + 2x_2 \leq 12 \quad (3.13)$$

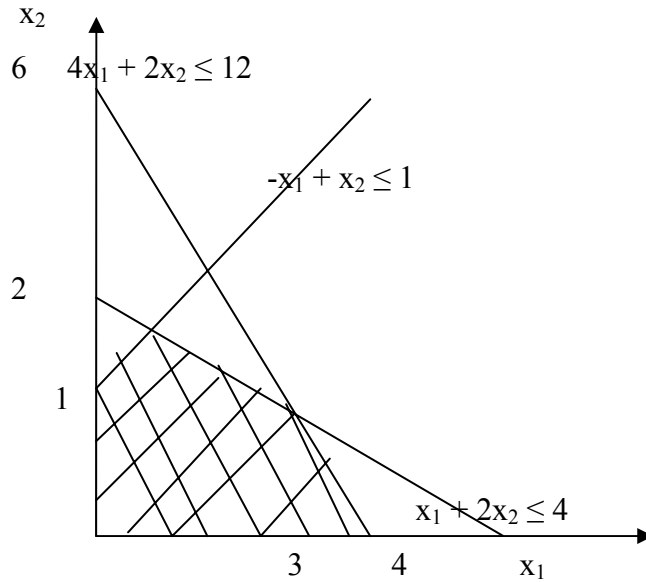
$$-x_1 + x_2 \leq 4 \quad (3.14)$$

Burada amaç fonksiyonu $\max (x_1 + x_2)$ 'dir. Yani $x_1 + x_2$ değerini enbüyükleyecek x_1 ve x_2 değerlerini bulmaktır. Bu problem beş tane eşitsizlik ile iki adet bilinmeyenden oluşmaktadır.

birlikte bütün eşitsizlikler doğrusaldır. İlk iki kısıt negatif olmama kısıtları olup hemen hemen bütün LP problemlerinde bulunmaktadır. Diğer kısıtlar ise ana kısıt olarak isimlendirilmektedir.

Bu basit modelde sadece iki adet değişken yer aldığı için problem analitik düzlemde tüm kısıtlar sağlanacak şekilde çizilerek amaç fonksiyonunu maksimize edecek nokta grafik üzerinde tespit edilebilir. Her kısıt düzlem üzerinde eşitsizliği sağlayan taraflı noktalardan oluşmakta, bu noktaların kesiştiği noktalar ise kısıt kümesini göstermektedir.

Amaç fonksiyonunun eğimi -1 olmakla birlikte düzlemde sağa ve sola kaydırılabilir. $x_1 + x_2 = 1$ doğrusunu orijinin üst ve sağ tarafına doğru hareket ettirirsek fonksiyonun değeri artmaya başlayacaktır. Bu yüzden bulunması gereken doğrunun eğimi -1 olmalı ve kısıt kümesi içinde kalmalıdır. Bu doğru $x_1 + 2x_2 \leq 4$ ve $4x_1 + 2x_2 \leq 12$ doğrularının kesişim noktası olan $x_1 = 8/3$ ve $x_2 = 2/3$ değerleridir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Doğrusal programlama probleminin grafiksel çözümü

KAA'ların enerjilerinin verimli bir şekilde kullanılması ve hayat sürelerinin eniyelenmesi için LP yaygın olarak kullanılmıştır. Ergen ve Varaiya [11] KAA yaşam süresini LP ve iki farklı çok atlamalı yönlendirme şeması kullanarak araştırmışlardır. Bu şemalardan birisinde

sistemin kullandığı enerji en aza indirilmeye çalışılırken diğerinde ise yaşam süresi eniyilenmeye çalışılmıştır. Madan ve Lall [12] LP yardımıyla düşük algoritma karmaşıklığına sahip bir model ile en iyi yönlendirme şemasını bularak KAA ömrünü enbüyüklemeye çalışmışlardır. Chang ve Tassiulas [13] ise LP kullanarak haberleşme ve düğüm enerjilerini kapsayan en kısa yol algoritmasını elde ettikleri bir model ile yönlendirme problemini çözmeye çalışmışlardır. KAA'ların yaşam süresini eniyilemek için kurulan modellerde amaç fonksiyonu olarak ağın ömrü ve kısıt olarak algılayıcı düğümlerin enerji denklemleri kullanılarak LP'den faydalanılmıştır.

3.2. Kullanılan Doğrusal Programlama Modeli

Bu tez çalışmasında kullanılan LP modeli aşağıdaki gibi gösterilebilir:

En büyükle t ,

Kısıtlar:

$$f_{ij} \geq 0, f_{i\pi}^k \geq 0, f_{wi}^k \geq 0, g_{ij}^k \geq 0, g_{\pi i}^k \geq 0, g_{iw}^k \geq 0 \quad k \in [1, N] \quad (3.16)$$

$$\sum_j f_{ij} - \sum_j f_{ji} + \sum_k f_{i\pi}^k - \sum_k f_{wi}^k = s_i t \quad i \in [2, N] \quad (3.17)$$

$$\sum_j g_{ij}^k - \sum_j g_{ji}^k + g_{iw}^k = g_{\pi i}^k \quad (3.18)$$

$$g_{\pi i}^k = \gamma_k f_{i\pi}^k \quad (3.19)$$

$$f_{wi}^k = \frac{1}{\gamma_k} g_{iw}^k \quad (3.20)$$

$$E_{cp,i} = \sum_k P_{cp,i}^k f_{i\pi}^k \quad (3.21)$$

$$E_{dc,i} = \sum_k P_{dc}^k g_{iw}^k \quad (3.22)$$

$$E_{rx,i} = P_{rx} \sum_j (f_{ji} + \sum_k g_{ji}^k) \quad (3.23)$$

$$E_{tx,i} = \sum_k P_{tx,ij} (f_{ij} + \sum_k g_{ij}^k) \quad (3.24)$$

$$E_{cp,i} + E_{dc,i} + E_{rx,i} + E_{tx,i} \leq e_i \quad (3.25)$$

$$f_{ij} = 0 \text{ eğer } d_{ij} > R_{max,i} \quad \forall i \in W, \quad \forall j \in V \quad (3.26)$$

$$g_{ij}^k = 0 \text{ eğer } d_{ij} > R_{max,i} \quad \forall i \in W, \quad \forall j \in V, \quad \forall k \in K \quad (3.27)$$

Kısıtlardaki f_{ij} i düğümünden j düğümüne gönderilen veriyi, f_{ji} j düğümünden i düğümüne gönderilen veriyi, $f_{i\pi}^k$ sanal düğümüne giden k seviyeli ham veri akışını, f_{wi}^k sanal düğümünden gelen k seviyeli ham veri akışını, g_{ij}^k i düğümünden j düğümüne giden k seviyeli sıkıştırılmış veri akışını, $g_{\pi i}^k$ sanal düğümünden gelen k seviyeli sıkıştırılmış veri akışını, g_{iw}^k sanal düğümüne giden k seviyeli sıkıştırılmış veri akışını, s_i birim zamanda i düğümünde üretilen bit sayısını, e_i i düğümünün enerjisini, γ_k k seviyeli sıkıştırma katsayısını, P_{cp}^k bir bit veriyi sıkıştırmak için k seviyesinde harcanan enerjii, P_{dc}^k k seviyesinde bir bit sıkıştırılmış veriyi ham veriye çevirmek için harcanan enerjii, P_{rx} bir bit veri almak için harcanan enerjii, $P_{tx,ij}$ i düğümünden j düğümüne bir bit veri iletimi için harcanan enerjii, $E_{cp,i}$ i düğümünde sıkıştırma için harcanan toplam enerjii, $E_{dc,i}$ i düğümünde sıkıştırılmış veriyi ham veriye dönüştürmek için harcanan toplam enerjii, $E_{rx,i}$ i düğümünde veri almak için harcanan toplam enerjii, $E_{tx,i}$ i düğümünde veri iletimi için harcanan toplam enerjii, d_{ij} i düğümü ile j düğümü arasındaki mesafeyi, $R_{max,i}$ i düğümünün veri iletebileceği en uzun mesafeyi ifade etmektedir.

Kurulan modelde amaç t^* 'yi yani KAA'nın yaşam süresini eniyilemektir. Kısıtlar baz istasyonu dışındaki bütün düğümler için geçerlidir. Modelde (3.16) bütün veri akışlarının pozitif olduğunu, (3.17) ham veri kaybının olmadığını, (3.18) sıkıştırılmış veri kaybının olmadığını, (3.25) bir düğümden veri sıkıştırma, ham hale getirme, veri alma ve iletme için harcanan toplam enerjinin düğümün enerji kapasitesinden büyük olamayacağını, (3.26) ve (3.27) sırasıyla iletilen ham ve sıkıştırılmış veriler için eğer düğümler arasındaki mesafe düğümün veri iletebileceği en büyük uzaklıktan fazlaysa o düğümler arası veri akışının sıfır olacağını göstermektedir.

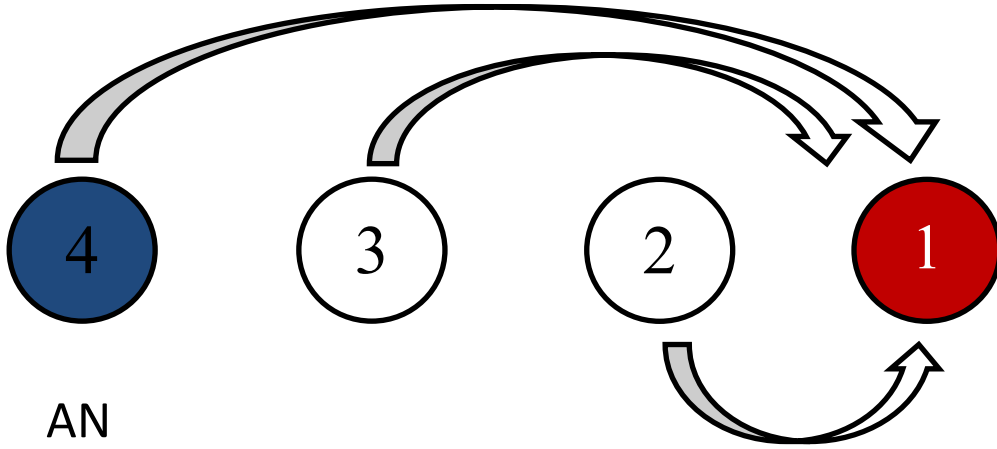
BÖLÜM 4

4. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA YAŞAM SÜRESİ ENİYİLEMESİ

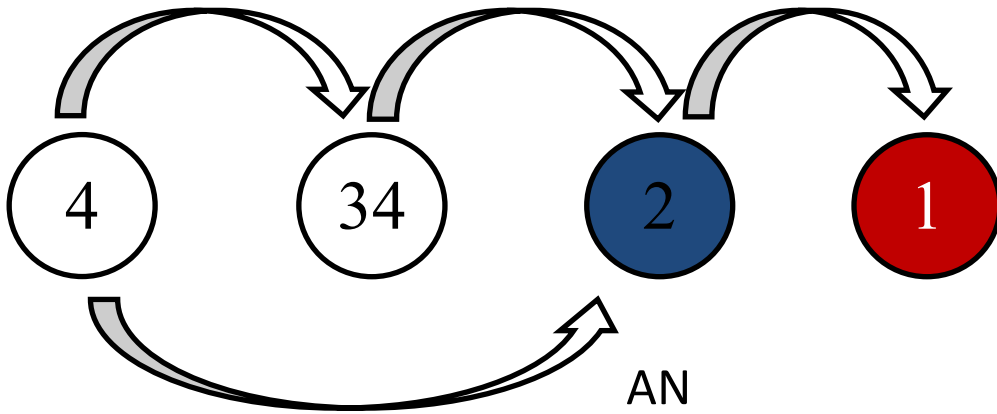
4.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Aktif Nokta Problemi

Literatür taraması sonucunda ulaşılan bilgiler çerçevesinde, KAA'larda veri iletişiminin çok atlamalı yönlendirme tekniği ile gerçekleştirilmesinin direkt yönlendirmeye göre enerji tasarrufu bakımından daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Genellikle tek bir baz istasyonuna sahip olan KAA'larda çok sayıda olan düğümlerden baz istasyonuna doğru bir trafik oluşmakta ve alıcı etrafında aktif noktalar oluşarak enerjinin dengesiz tüketilme riski ortaya çıkmaktadır. Aktif noktalar üzerindeki düğümlerde enerji tüketimi trafik yoğunluğundan dolayı daha fazla olacağından ilk olarak bu düğümlerin enerjileri tükenecektir. Genel olarak yapılan çalışmalarda ağ ömrünü sistemde devre dışı kalan ilk düğümün belirlediği [14,15] dikkate alındığında aktif nokta probleminin KAA'nın yaşam süresini azalttığı söylenebilir.

KAA'larda veriler yönlendirilirken tek atlamalı veya çok atlamalı iletim teknikleri kullanılmaktadır. Tek atlamalı iletim tekniğinde algılayıcı düğümler elde ettikleri verileri direkt olarak baz istasyonuna gönderirlerken (Şekil 4.1), çok atlamalı iletimde ise veriler birden fazla düğüm üzerinden baz istasyonuna iletilmektedir (Şekil 4.2). Veri iletiminde harcanan enerjiyi belirleyen temel unsur uzaklık olup tek atlamalı iletimde baz istasyonuna en uzakta yer alan düğüm en fazla enerjiyi harcayarak ağ ömrünün önemli ölçüde kısılmasına neden olmaktadır. Çok atlamalı sistemlerde ise düğümler uzağa veri yollayarak daha fazla enerji harcamak yerine verilerini genellikle yakın düğümlere baz istasyonu yönünde iletmeyi tercih etmektedirler. Her iki teknikte de aktif nokta problemi nedeniyle düğümlerin enerjileri verimli şekilde kullanılmamış ve ağın yaşam ömrü kısalmış olur.



Şekil 4.1 Tek atlamalı veri iletimi sonucu gerçekleşen Aktif Nokta (AN) problemi



Şekil 4.2 Çok atlamalı veri iletimi sonucu gerçekleşen Aktif Nokta (AN) problemi

Aktif nokta probleminin çözümü için literatürde kümeleme protokollerinin oluşturulması ve en iyi iletim menzili bulunarak iletim enerjisinin kontrol edilmesi gibi alternatif yöntemler önerilmiştir [16,17].

4.2. Akış Eniyilemesi

Bu tez çalışmasında KAA'nın ömrü literatürdeki genel kabul paralelinde enerjisi ilk olarak biten düğümün ömrü olarak belirlenmiştir. Bu kabulün gerekçesi ise ağdaki bir düğümün servis dışı kalması sonucunda KAA ile izlenen olayın sağlıklı bir şekilde tespit

edilemeyeceğidir. Özellikle KAA'ların yaygın olarak kullanıldığı güvenlik uygulamalarında bu kabul büyük önem taşımaktadır.

KAA'larda ağ ömrünü belirleyen en önemli etken veri iletim enerjisidir. Çünkü veri almak için harcanan enerji bütün düğümler için sabitken veri iletim enerjisi uzaklığın karesiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu yüzden veri akış trafiği eniyelenmeli ve iletme harcanan enerji verimli bir şekilde dağıtılmalıdır. Bu amaç gerçekleştirilirken güvenlikten ödün verilmemelidir.

Bu tez çalışmasında eniyeme problemlerinde yaygın olarak kullanılan LP modeli ile akış eniyemesi ve istenmeyen algılayıcılar tarafından gözlenme engellenerek enerjinin ağ içinde dengeli şekilde dağılması sağlanmış, ayrıca veri iletiminde harcanan enerjinin ayarlanabilmesi için Optimal Sıkıştırma (OC), Devamlı Sıkıştırma (AC) stratejileri kullanılmıştır.

4.3. Enerji Modeli

Algılayıcı düğümler ile ilgili yapılan araştırmalarda yaygın olarak kullanılan enerji modelinde her bir düğümün bir bit veri iletimi için (4.1) ve bir bit veri almak için harcadığı enerjiler (4.2) aşağıda gösterilmiştir [18]:

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

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

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

ρ : düğümün donanımında harcanan enerji

ϵ : verimlilik faktörü

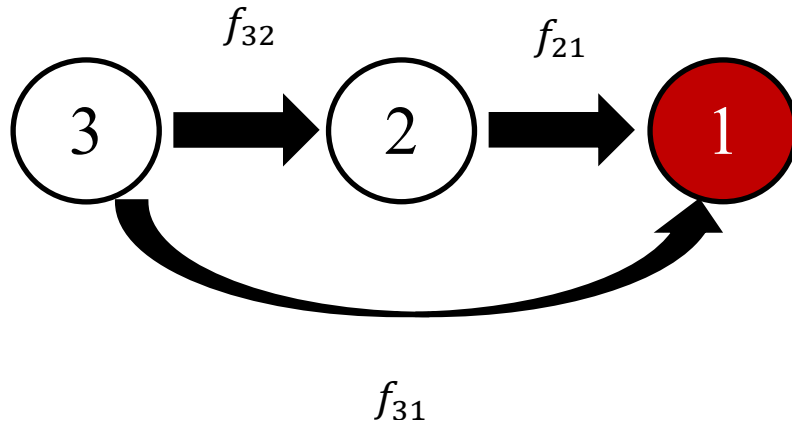
d_{ij} : i düğümü ile j düğümü arası uzaklık

α : yol kayıp faktörü

P_{rx} : bir bit veri alımı için harcanan enerji

4.4. Modelde Kullanılan Veriler

Bu çalışmada sistem parametreleri olarak $\rho = 50\text{mj}$, $\epsilon = 100\text{nj}$ ve $\alpha = 2$ seçilmiştir. Basit bir doğrusal KAA topolojisi olan Şekil 4.3'te 1 numaralı düğüm baz istasyonudur.



Şekil 4.3 Üç düğümden oluşan doğrusal KAA topolojisi

Şekil 4.3'teki düğümler aynı zamanda baz istasyonu merkezde olmak üzere rastgele dairesel ağlara da yerleştirilebilir. Analizlerde 100 adet düğüm kullanılmış olup her bir düğümün başlangıç enerjisi 2000 kj olarak kabul edilmiştir.

Veri sıkıştırma ve ayrıştırma sırasında harcanan enerjiler ile sıkıştırma oranları aşağıdaki gibidir [19-21]:

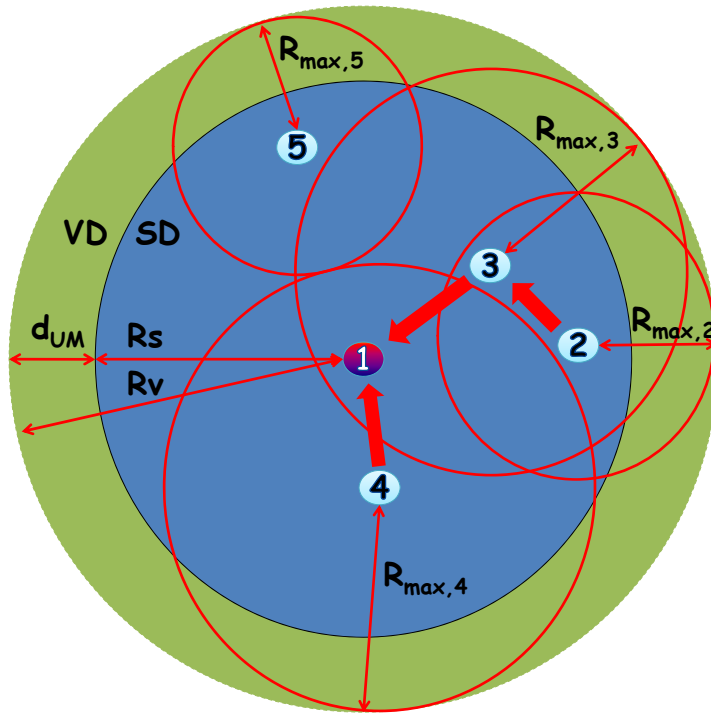
Çizelge 4.1 Veri Sıkıştırma ve Ayrıştırma Enerjileri

Sıkıştırma seviyesi (k)	Sıkıştırma enerjisi (P_{cp})	Sıkıştırma oranı (γ_k)	Ayrıştırma enerjisi (P_{dc})
1	360 nj	0.430	90 nj
2	380 nj	0.385	95 nj
3	440 nj	0.365	110 nj
4	540 nj	0.355	135 nj
5	600 nj	0.350	150 nj

BÖLÜM 5

5. YAPILAN ANALİZ VE DEĞERLENDİRMELER

5.1. Veri Güvenliğinin Sağlanması



Şekil 5.1 Dairesel Alanda Baz İstasyonu Merkezde İken Veri Güvenliği Modeli

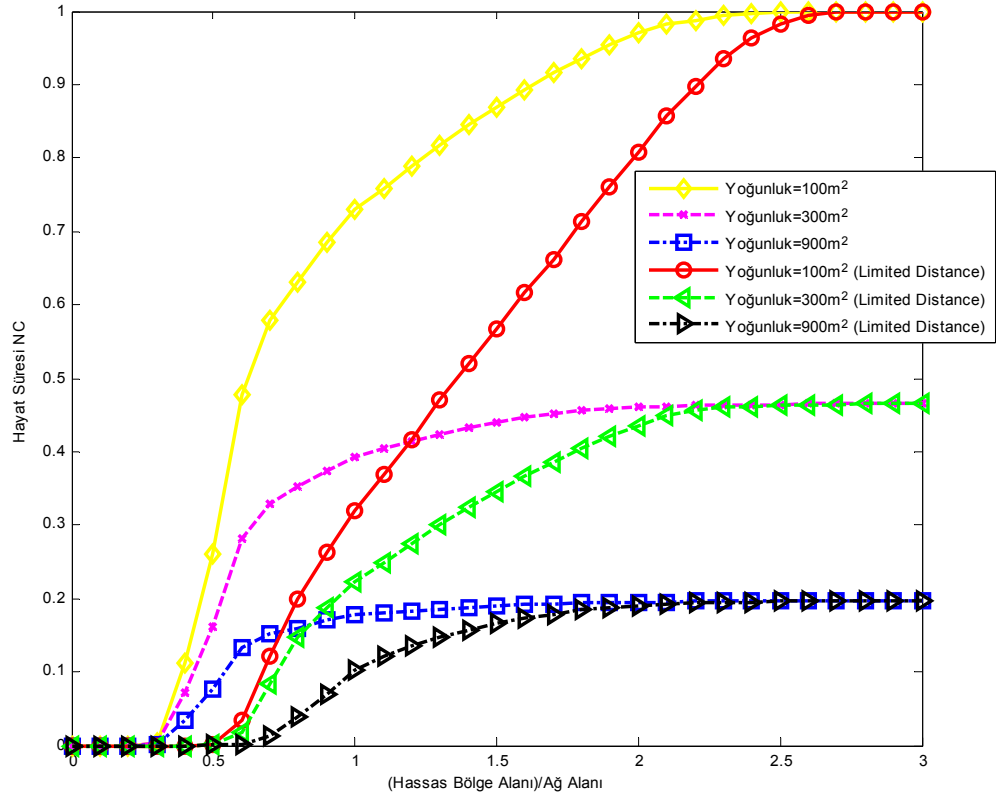
Şekil 5.1’de dairesel alanda veri güvenliğinin sağlanması için oluşturulan model gösterilmiştir [22]. Modelde SD olarak gösterilen alan KAA alanıdır. Düğümler bu alanda rastgele dağıtılmakta, merkezde ise baz istasyonunun yer aldığı kabul edilmektedir. VD olarak isimlendirilen alan ise hassas bölge alanı olarak belirlenmiş olup bu alan içerisinde ağın veri güvenliği sağlanamamaktadır. Düşmanın ağa belli bir mesafeden saldırıda bulunacağı d_{um} mesafesinden uzakta konumlandığı kabul edilmiştir.

Veri güvenliğinin sağlanabilmesi için düğümlerin veri iletim mesafeleri kısıtlanmıştır. Bu çalışmada iki senaryo belirlenmiş, ilkinde her düğümün veri gönderebileceği en fazla

mesafe hesaplanmakta ($R_{\max,i}$) ve sadece kendisi için geçerli olmakta; ikinci durumda ise düğümlerden iletim mesafesi en küçük olanı ($\min(R_{\max,i})$) tespit edilmekte ve bu iletim mesafesi bütün düğümler için aynı kabul edilmektedir.

Düğümlerin veri iletim mesafelerinin kısıtlanması sonucunda kapsama alanları daralmakta ve ağın hayat süresi bakımından bazı negatif etkiler ortaya çıkmaktadır [22]. Örneğin Şekil 5.1'de gösterilen ağda, iki numaralı düğüm verilerini baz istasyonuna direkt olarak gönderememekte üç numaralı düğüm aracılığıyla iletimini gerçekleştirmek zorunda kalmaktadır. Bu nedenle üç numaralı düğüm kendi verilerinin yanı sıra iki numaralı düğümün verilerini de iletmek zorunda kalmaktadır. Üç numaralı düğümün enerjisi tükendiğinde iki numaralı düğümün enerjisi olmasına rağmen verilerini baz istasyonuna göndermesi mümkün olmamaktadır. Bununla birlikte bazı düğümlerin ağ ile iletişimi kesilebilir. Örneğin Şekil 5.1'de beş numaralı düğüm devre dışı kalmıştır ve verilerini hiçbir düğüme gönderememektedir.

Veri güvenliğinin sağlanmasının hayat süresi üzerine etkilerini tespit etmek için LP yardımıyla farklı yoğunlukta modeller oluşturularak incelemeler yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.2 Dairesel alanda algılayıcı sayısı 100 iken hayat süresi değişimi

Şekil 5.2’de algılayıcı sayısı 100 olarak alınmış, hassas bölge alanının ağ alanına oranının değişimine göre farklı yoğunluklardaki (Ağ alanı / Düğüm sayısı) yaşam süreleri görülmektedir. İlk senaryonun geçerli olduğu (her düğüm kendi $R_{max,i}$ ’sine sahip), yoğunluğun 100 olduğu ve hassas bölge alanının ağ alanına oranının 3 olduğu durumda hayat süresi en yüksek değerine ulaşmaktadır. Şekilde hayat süresi $9,507 * 10^{13}$ ’e göre normalize edilerek çizdirilmiştir.

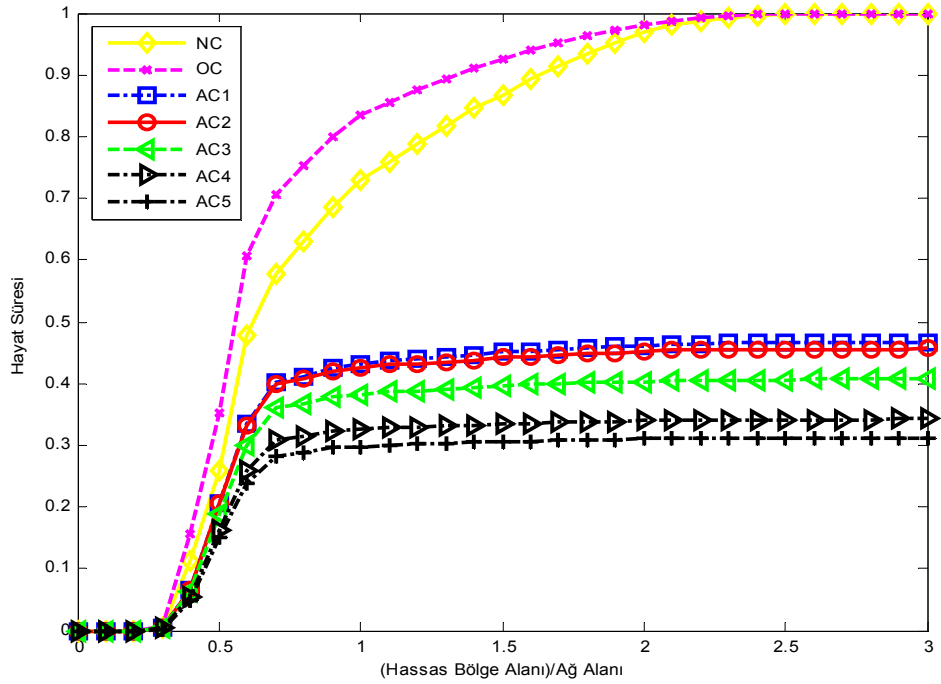
Şekil incelendiğinde hassas bölge alanının ağ alanına oranı arttıkça belli bir seviyeye kadar hayat süresi artmakta ve iki senaryonun sonuçları eşitlenmektedir. Hayat sürelerinin sabit kalmasının nedeni algılayıcıların verilerini gönderebilecekleri en fazla mesafeye ulaşmış olmalarıdır.

Hassas bölge alanının ağ alanına oranı arttıkça düğümlerin veri iletim mesafeleri büyümekte ve hayat süresi artmaktadır. Ancak yatay eksen büyüdükçe veri güvenliğinin tehlikeye girdiği göz ardı edilmemelidir.

5.2. Veri Sıkıştırma Yöntemlerinin Hayat Süresi Üzerindeki Etkileri

Veri güvenliğinin sağlanması için alınan önlemler sonucunda ağın hayat süresi kısalmaktadır. Özellikle ağ yoğunluğunun artması sonucunda düğümler arası uzaklığın ve veri iletim mesafesi nedeniyle düğümler arasındaki işbirliğine duyulan ihtiyacın artması sonucunda veri iletimi için harcanan enerji miktarı artmaktadır. Bu nedenle iletilen verilerin sıkıştırılarak harcanan enerjinin azaltılması gerekmektedir. Ancak veri sıkıştırma ve ayrıştırma için de enerji harcandığı için hangi stratejinin ne kadar enerji tasarrufu sağlayacağını tespit edilmesi gerekmektedir.

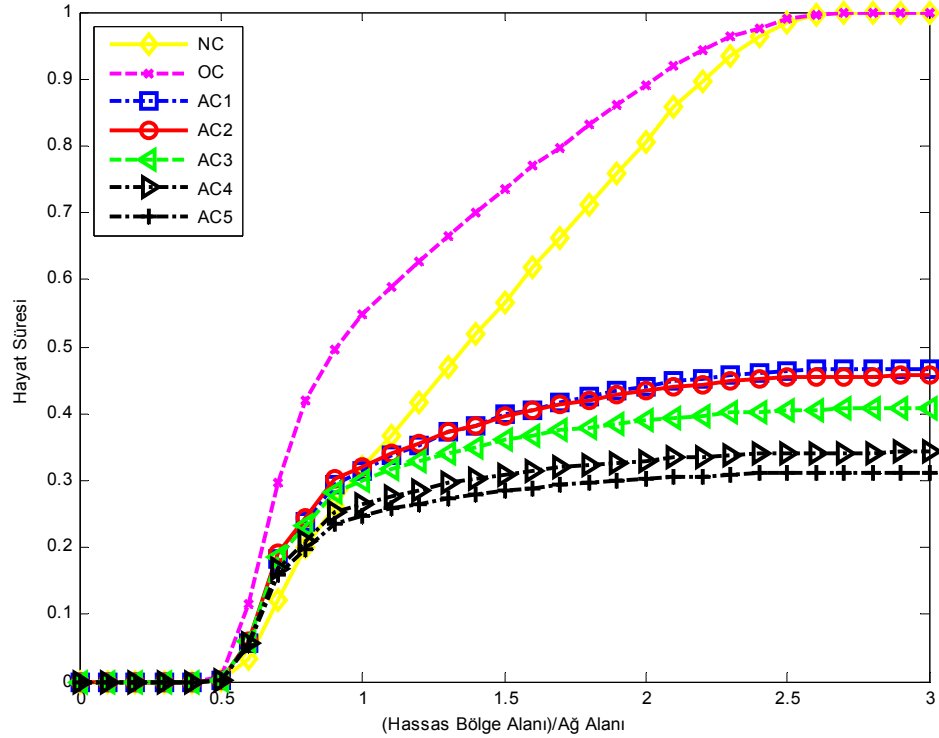
Bu bölümde veri güvenliğini sağlarken meydana gelen hayat süresi kayıplarını azaltabilecek veri sıkıştırma yöntemleri analize dahil edilmiştir.



Şekil 5.3 Birinci senaryoya göre dairesel alanda yoğunluk 100 iken hayat süresi değişimi

Şekil 5.3'te düğüm sayısı ve yoğunluk 100 olarak alınmış, hassas bölge alanının ağ alanına oranının farklı değerleri için OC ve AC stratejilerinin hayat süreleri değişimleri görülmektedir. Karşılaştırma yapılmasını kolaylaştırmak amacıyla veri sıkıştırmanın yapılmadığı durumdaki hayat süresi değişimleri de grafiğe eklenmiştir. OC'nin kullanıldığı ve hassas bölge alanının ağ alanına oranının 3 olduğu durumda hayat süresi en büyük değeri almaktadır. Şekilde hayat süresi $9,507 * 10^{13}$ 'e göre normalize edilmiştir.

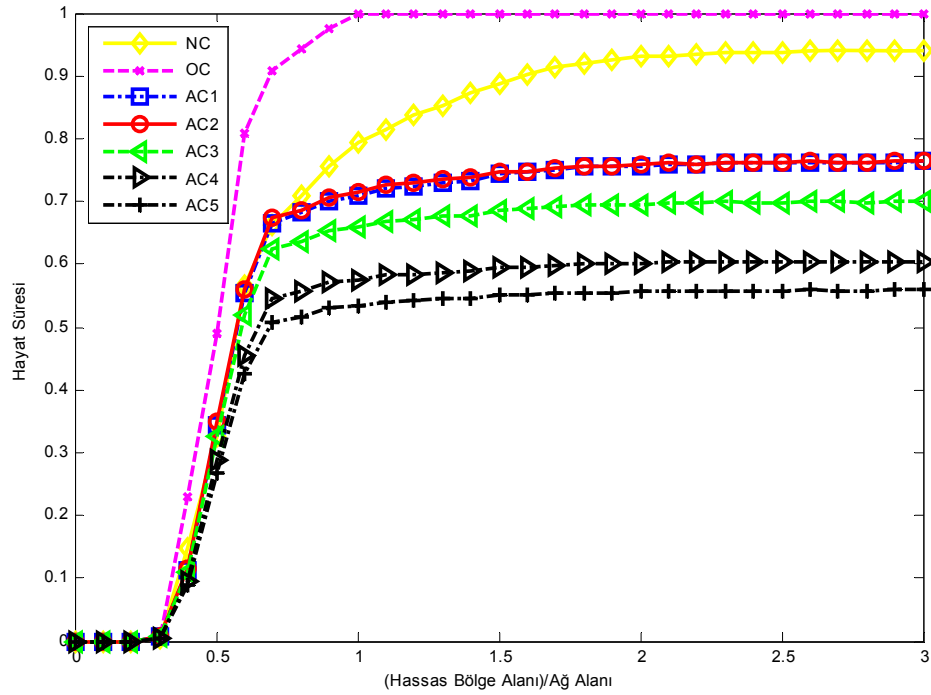
Grafiğe bakıldığında düğümlerin elde ettikleri bütün verileri sıkıştırmaya zorlamanın hayat süresini daha da kötüleştirdiği, sıkıştırmanın olmadığı (NC) her durumun AC stratejisinin kullanıldığı durumlara göre daha fazla hayat süresi sağladığı görülmektedir. Yoğunluğun 100 olduğu ve birinci senaryonun kullanıldığı durumda en iyi stratejinin OC (Şekilde OC ile gösterilmiştir) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.4 İkinci senaryoya göre dairesel alanda yoğunluk 100 iken hayat süresi değişimi

Şekil 5.4'te ikinci senaryoya göre hayat süresi değişimleri çizdirilmiştir. Yoğunluk ve düğüm sayısı 100 olarak alınmıştır. Şekilde hayat süreleri $9,507 * 10^{13}$ 'e göre normalize edilmiştir.

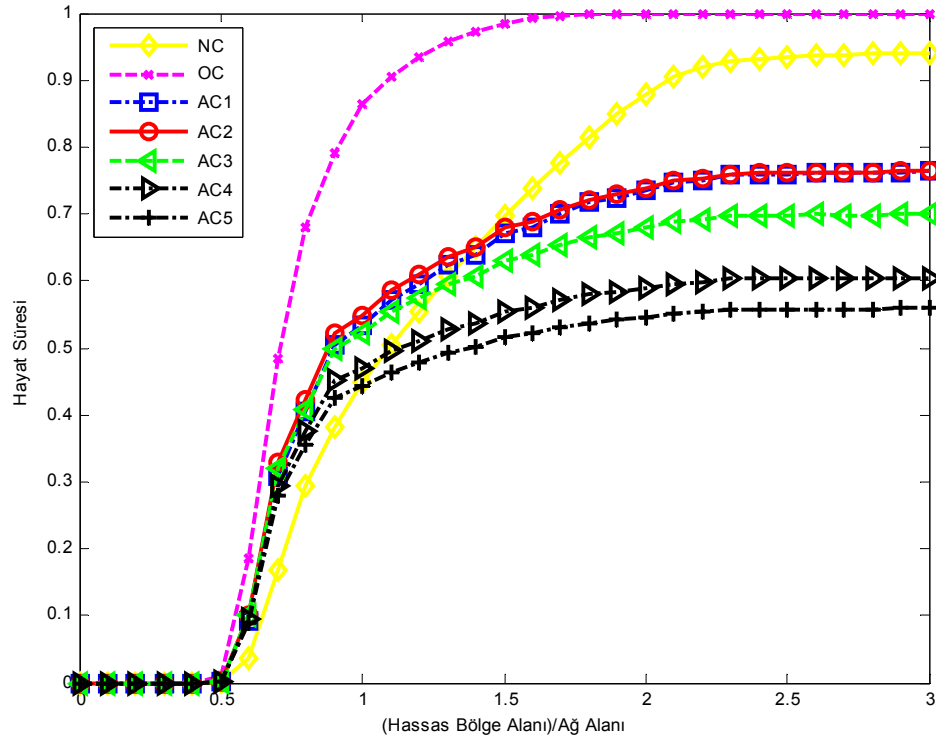
Grafiğe göre OC stratejisi bütün hassas bölge alanının ağ alanına oranı değerleri için en iyi sonucu vermektedir. Yatay eksenin 0.5 ile 1 arasındaki değerleri için AC'nin veri sıkıştırmanın olmadığı duruma göre avantajlı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.5 Birinci senaryoya göre dairesel alanda yoğunluk 300 iken hayat süresi değişimi

Şekil 5.5'te birinci senaryoya göre hayat süresi değişimleri çizdirilmiştir. Yoğunluk 300 düğüm sayısı 100 olarak alınmış, hayat süreleri $4,71 * 10^{13}$ 'e göre normalize edilmiştir.

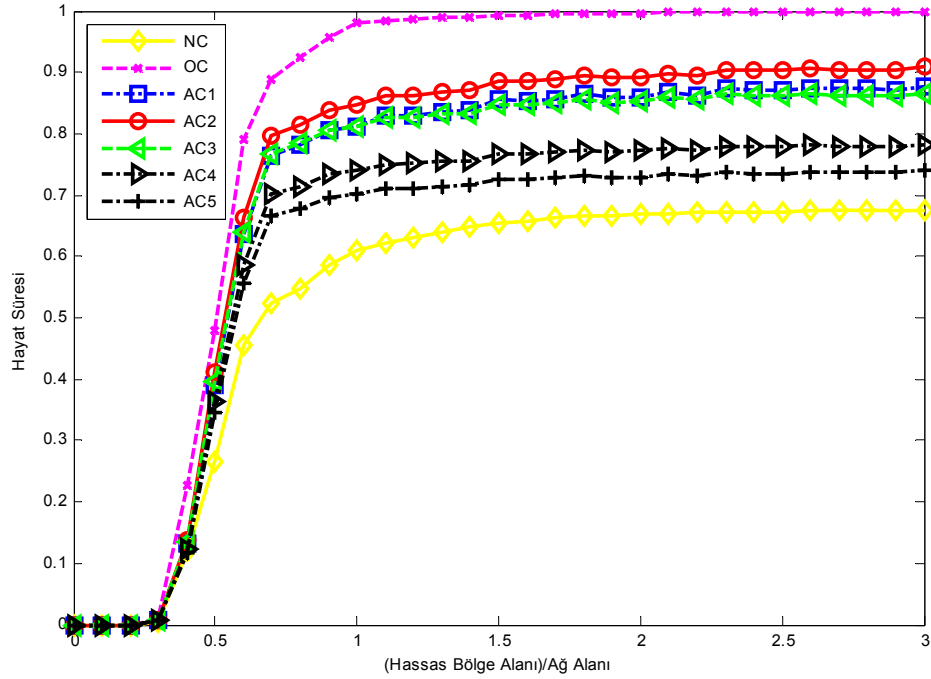
Grafiğe göre OC stratejisi en iyi hayat süresini vermektedir ve yoğunluğun 100 olduğu duruma göre özellikle yatay eksenin 1'den küçük değerleri için diğer stratejilere göre hayat süresi farkı daha fazladır. Ayrıca AC'nin veri sıkıştırmanın olmadığı duruma göre var olan dezavantajı ortadan kalkmıştır. Bütün bu değişimlerin yoğunluk artışı nedeniyle düğümler arasındaki mesafenin artmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.6 İkinci senaryoya göre dairesel alanda yoğunluk 300 iken hayat süresi değişimi

Şekil 5.6'da ikinci senaryoya göre hayat süresi değişimleri çizdirilmiştir. Yoğunluk 300 düğüm sayısı 100 olarak alınmış, hayat süreleri $4,71 * 10^{13}$ 'e göre normalize edilmiştir.

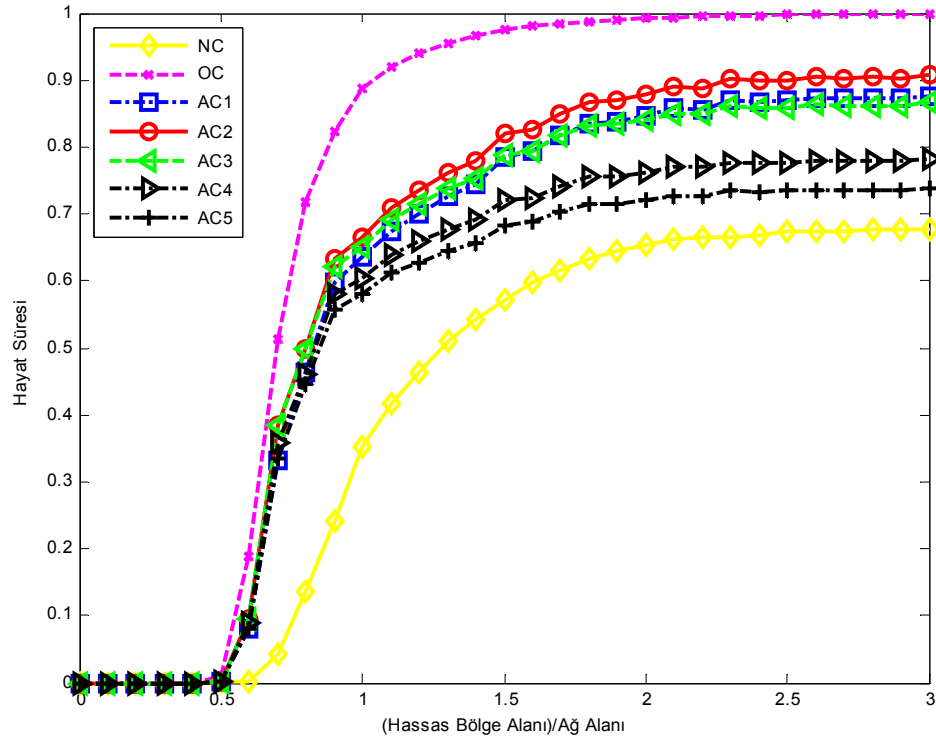
Grafiğe göre OC yatay eksenin bütün değerleri için en iyi strateji iken AC stratejilerinden AC1,2,3 için yatay eksenin 1.4'ten küçük değerlerinde veri sıkıştırmanın olmadığı duruma göre daha avantajlıdır. 1'den küçük değerleri için ise bütün AC yöntemleri daha fazla hayat süresi sağlamaktadır.



Şekil 5.7 Birinci senaryoya göre dairesel alanda yoğunluk 900 iken hayat süresi değişimi

Şekil 5.7’de birinci senaryoya göre hayat süresi değişimleri çizdirilmiştir. Yoğunluk 900 düğüm sayısı 100 olarak alınmıştır. Şekilde hayat süreleri $2,77 * 10^{13}$ ’e göre normalize edilmiştir.

Grafiğe göre yine OC en iyi strateji olmuştur ancak AC stratejilerinin daha yakın hayat süresi değerlerine sahip olduğu ve yoğunluğun artması nedeniyle ağda veri sıkıştırma yöntemlerinin kullanılmasının yatay eksenin alacağı bütün değerler için hayat süresini artırdığı tespit edilmiştir.

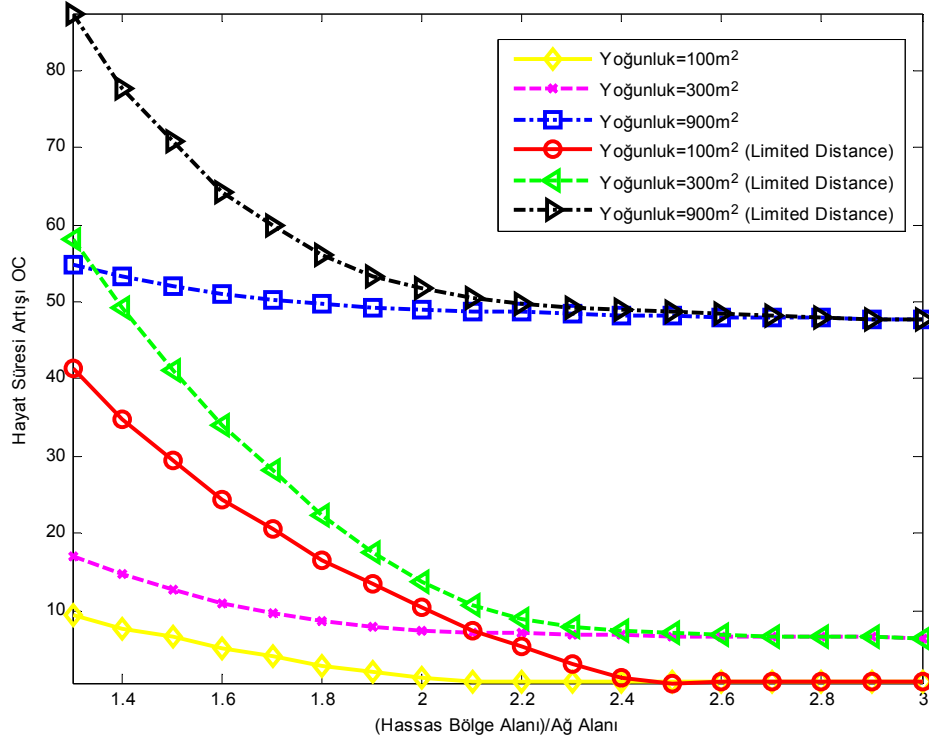


Şekil 5.8 İkinci senaryoya göre dairesel alanda yoğunluk 900 iken hayat süresi değişimi

Şekil 5.8'de ikinci senaryoya göre hayat süresi değişimleri çizdirilmiştir. Yoğunluk 900 düğüm sayısı 100 olarak alınmış, hayat süreleri $2,77 * 10^{13}$ 'e göre normalize edilmiştir.

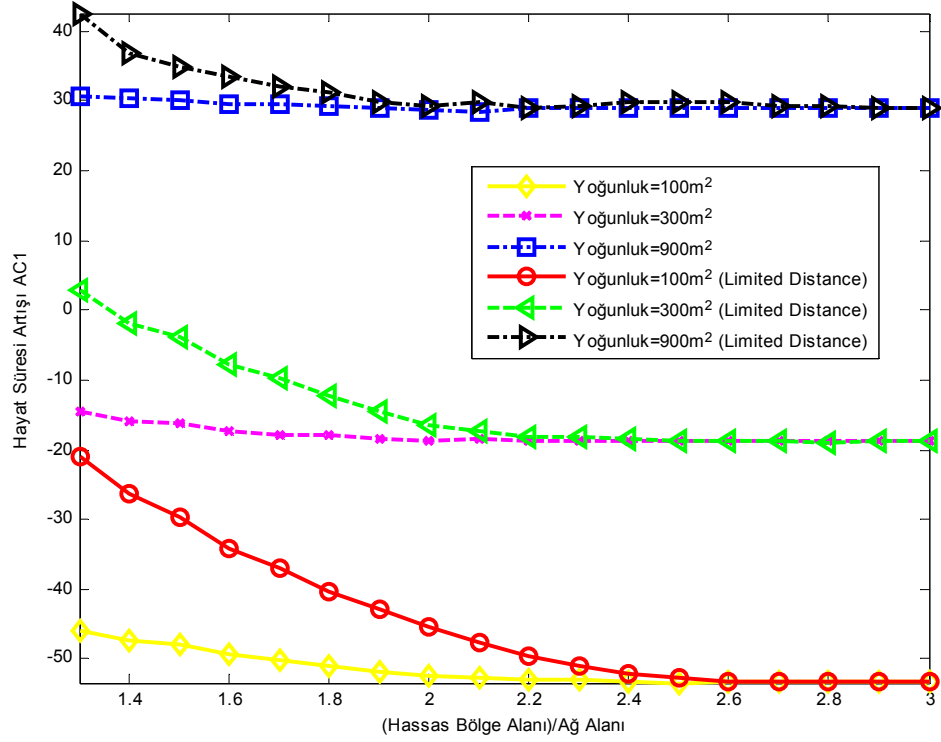
Şekilde birinci senaryoya göre OC'nin AC stratejilerine göre daha avantajlı duruma geldiği açıkça görülmektedir. Bunun nedeninin düğümlerin veri iletim mesafesinin daha fazla kısılması, OC'nin baz istasyonuna ve birbirine yakın düğümlerin ham veri göndererek enerji tasarrufu sağlamalarına izin vermesi olduğu belirlenmiştir. Bu senaryoda da veri sıkıştırmanın kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.

Veri sıkıştırma yöntemlerinin hayat süresi üzerindeki etkilerini daha açık bir şekilde görebilmek için her iki senaryoda farklı yoğunluklu topolojilerde veri sıkıştırmasız hayat sürelerine göre kayıp ve kazançlar grafiksel olarak elde edilmiştir.



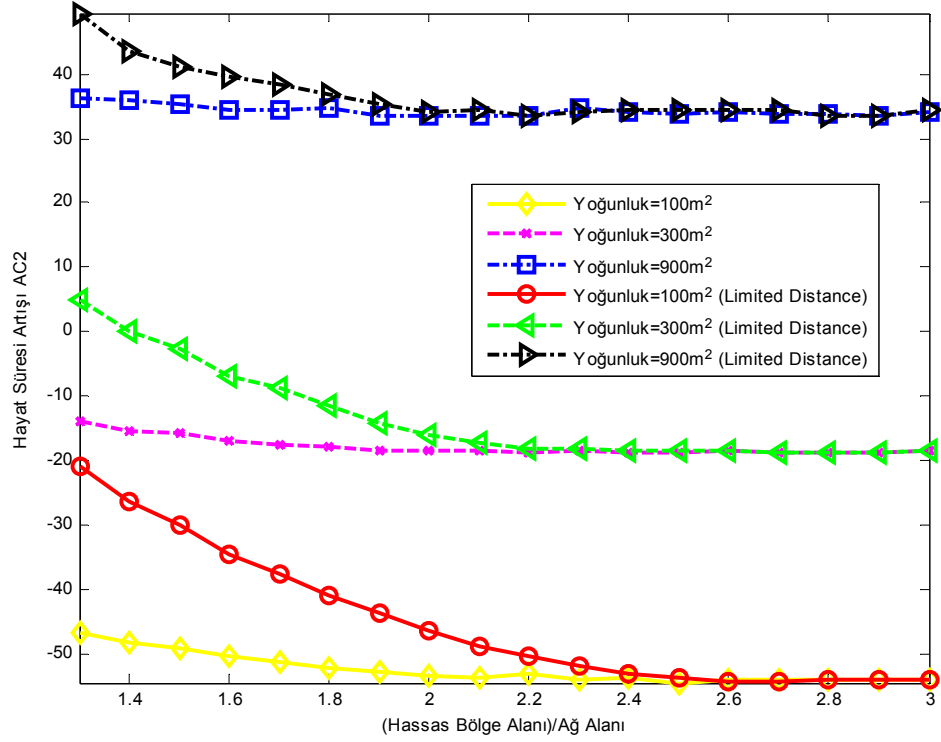
Şekil 5.9 OC'nin hayat süresi üzerindeki etkisi

Şekil 5.9'da farklı yoğunlukta 100 düğümden oluşan dairesel topolojiler için OC'nin hayat süresi üzerindeki etkisi incelenmektedir. Grafiğe göre en fazla kazanç ikinci senaryonun uygulandığı yoğunluğun 900 olduğu durumda elde edilmektedir. Ayrıca genel olarak yoğunluk arttıkça kazanç artmaktadır. İkinci senaryonun uygulandığı topolojilerde kazanç önce yüksek gerçekleşmekte, yatay eksendeki değer üçe yaklaştıkça her iki senaryo için eşitlenmektedir.



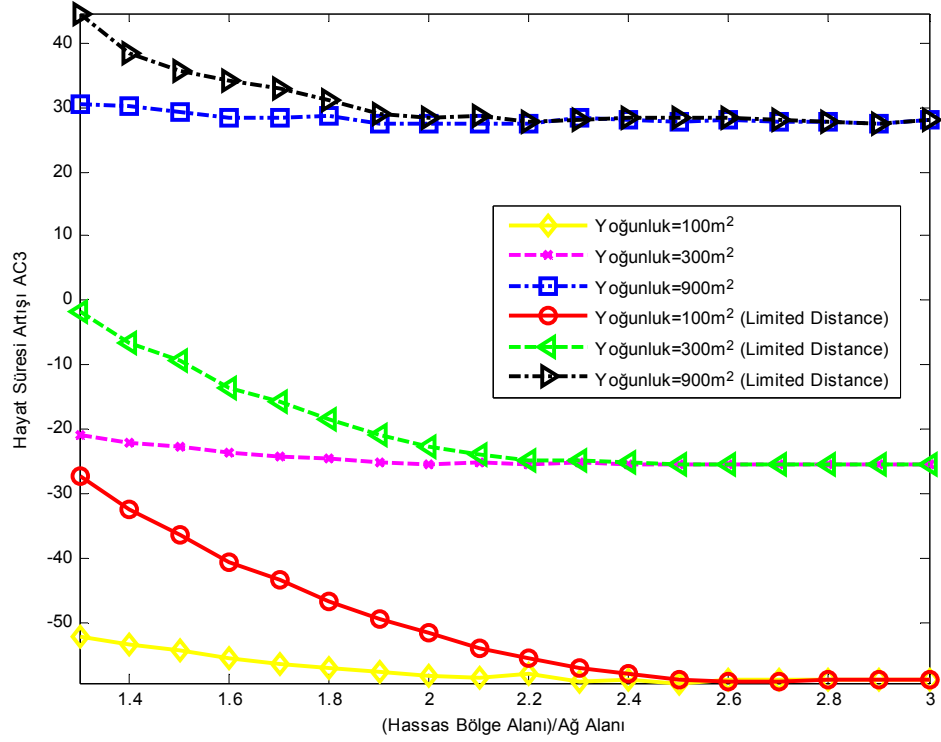
Şekil 5.10 AC1'in hayat süresi üzerindeki etkisi

Şekil 5.10'da farklı yoğunlukta 100 düğümden oluşan dairesel topolojiler için AC1'in hayat süresi üzerindeki etkisi görülmektedir. AC1'in her iki senaryo için yoğunluğun 900 olduğu durumda hayat süresini artırdığı, diğer durumlarda ise hayat süresi üzerinde negatif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. %50'nin üzerinde kayıplar gerçekleşebilmektedir.



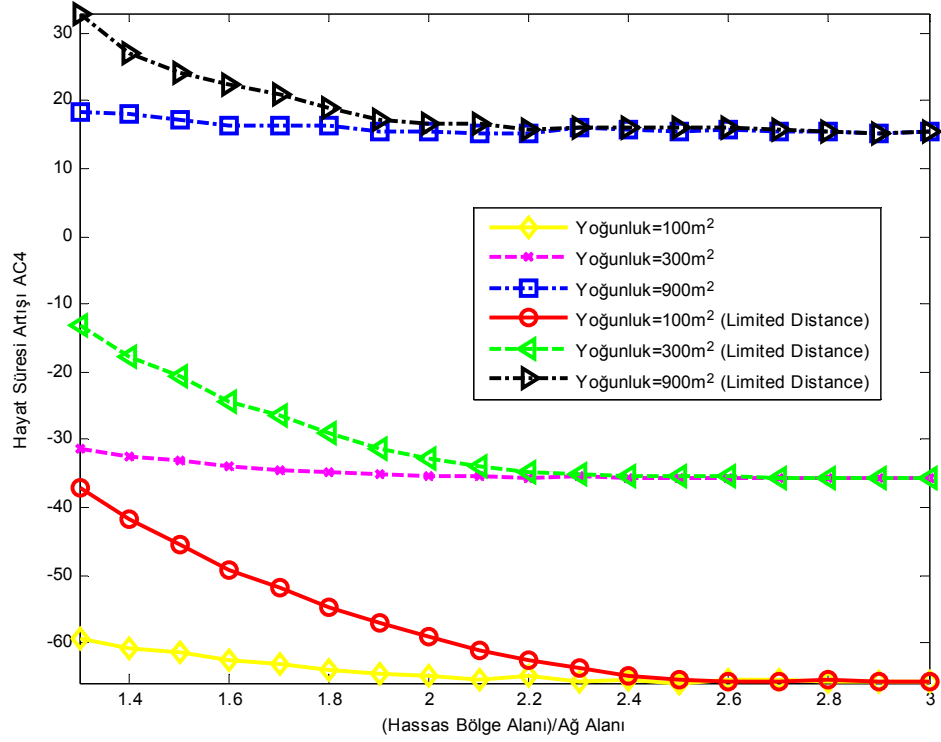
Şekil 5.11 AC2'nin hayat süresi üzerindeki etkisi

Şekil 5.11'de farklı yoğunlukta 100 düğümden oluşan dairesel topolojiler için AC2'nin hayat süresi üzerindeki etkisi çizdirilmiştir. AC1'e paralel olarak yoğunluk arttıkça kayıplar kazanca dönüşmektedir. Yoğunluğun 900 olduğu durumda hayat süresinde yaklaşık olarak %50 kazanç elde edilebilmektedir.



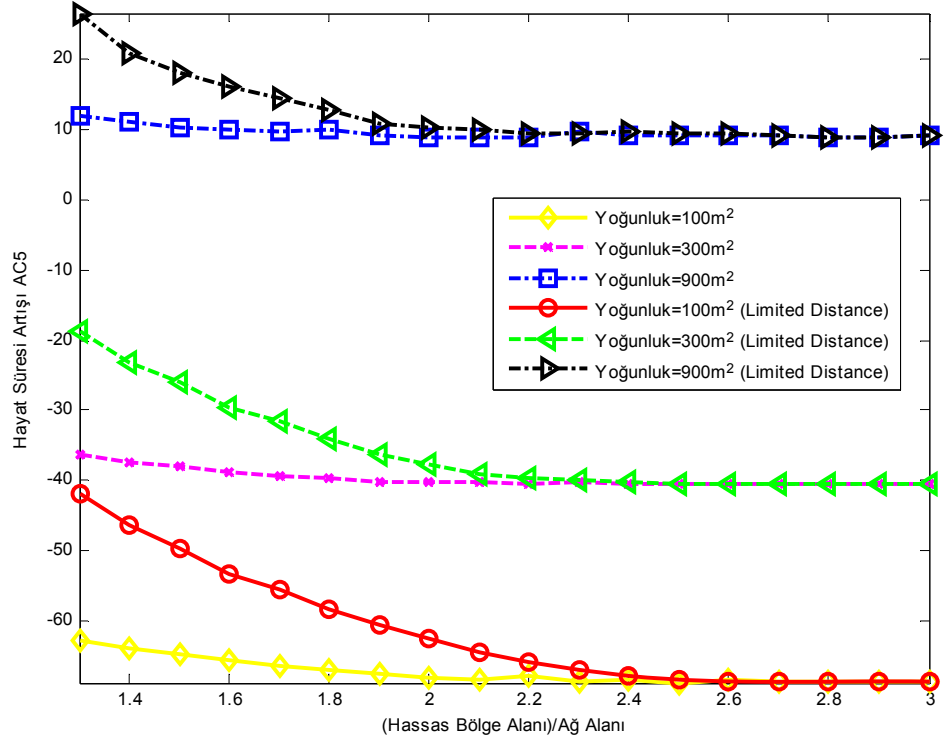
Şekil 5.12 AC3'ün hayat süresi üzerindeki etkisi

Şekil 5.12'de farklı yoğunlukta 100 düğümden oluşan dairesel topolojiler için AC3'ün hayat süresi üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekilde hayat süresi kazançlarının azaldığı, kayıpların ise arttığı açıkça görülmektedir.



Şekil 5.13 AC4'ün hayat süresi üzerindeki etkisi

Şekil 5.13'de farklı yoğunlukta 100 düğümden oluşan dairesel topolojiler için AC4'ün hayat süresine etkisi gösterilmiştir. Hayat süresi kayıpları %60'ı aşmış, kazançlar ise %30'un altına düşmüştür.

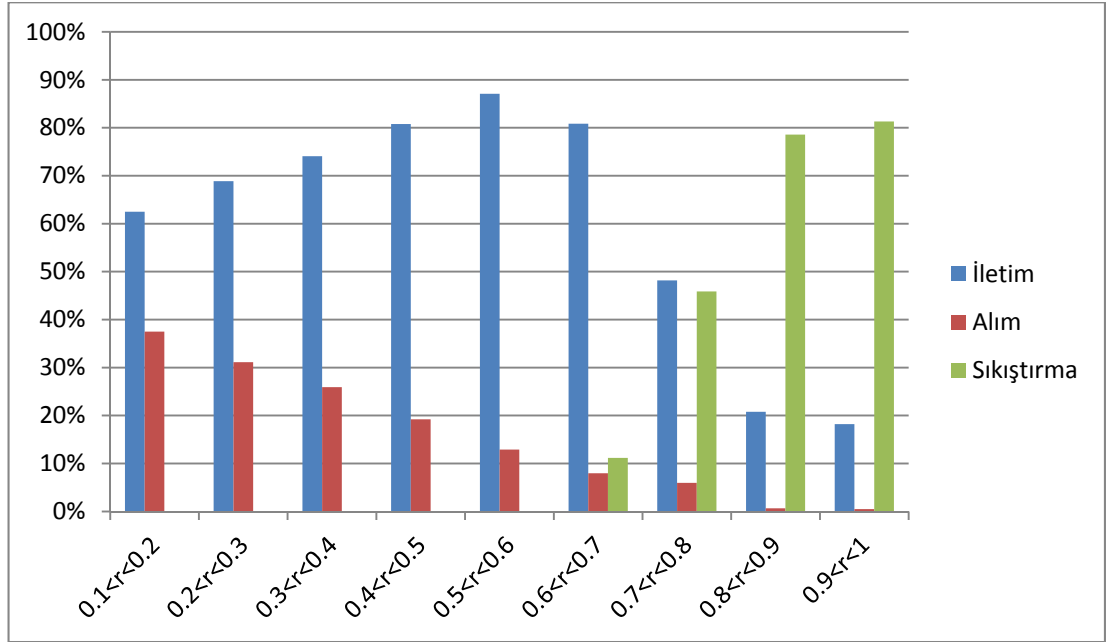


Şekil 5.14 AC5'in hayat süresi üzerindeki etkisi

Şekil 5.14'te farklı yoğunlukta 100 düğümden oluşan dairesel topolojiler için AC5'in hayat süresine etkisi görülmektedir. AC4'e göre yoğunluğun 900 olduğu durumda hayat süresi artışlarının ciddi biçimde düşmesi ve %10'a kadar gerilemesi dikkat çekmektedir.

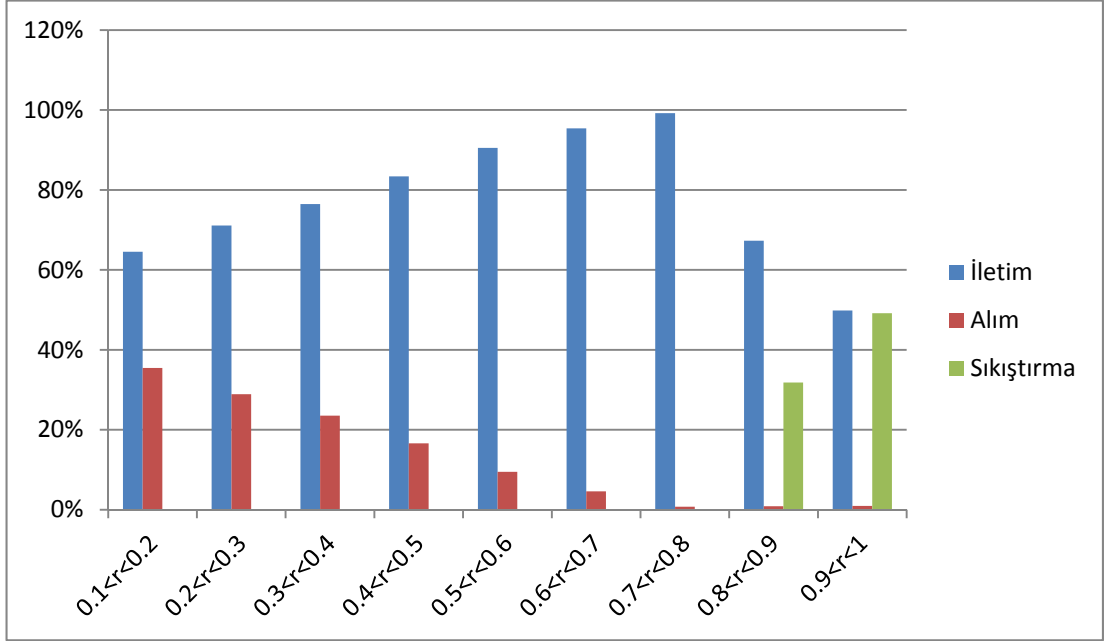
5.3. OC Veri Sıkıştırma Yönteminde Harcanan Enerji Dağılımı

KAA'da düşman tarafından verilerin elde edilmesinin engellenmesi sonucunda hayat süresi azalırken veri sıkıştırma yöntemleri kullanılarak bu negatif etki azaltılmaya çalışılmaktadır. LP yardımıyla yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler OC'nin AC'den daha fazla hayat süresi kazancı sağladığını göstermiştir. OC'nin daha fazla hayat süresi sağlamanın nedenini daha açık bir şekilde görmek için ağın merkezine uzaklığına göre düğümlerin harcadığı enerji dağılımları 0.8, 1.6 ve 2.4 "Hassas Bölge Alanı/Ağ Alanı" değerleri için çizdirilmiştir.



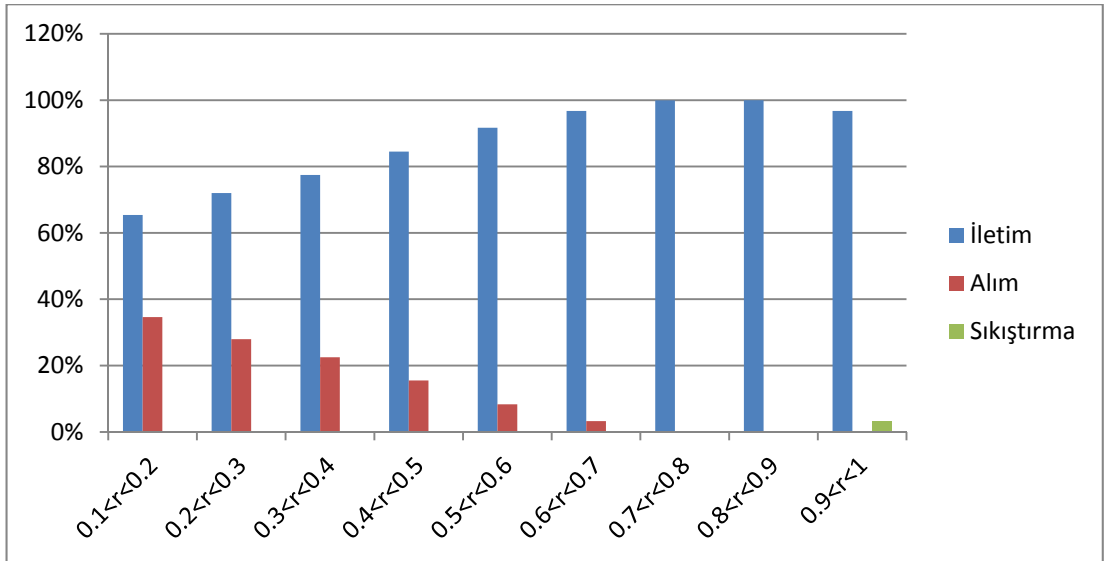
Şekil 5.15 Harcanan Enerji Dağılımları (Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı) = 0.8

Şekil 5.15'de düğüm sayısı ve yoğunluğun 100 olduğu dairesel topolojide düğümlerin harcadıkları enerjilerin dağılımları görülmektedir. Merkeze yakın düğümlerin enerjilerinin büyük kısmını iletim için, uçlarda yer alanların ise veri sıkıştırma için harcadıkları görülmektedir. Veri almak için harcanan enerji miktarı merkezden uzaklaştıkça azalmakta ve en uç noktadaki düğümler için sıfır olmaktadır.



Şekil 5.16 Harcanan Enerji Dağılımları (Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı) = 1.6

Şekil 5.16’da düğüm sayısı ve yoğunluğun 100 olduğu dairesel topolojide düğümlerin harcadıkları enerjilerin dağılımları görülmektedir. “Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı” değerinin artması sonucunda düğümlerin veri iletim mesafeleri artmış ve uçlarda yer alan düğümlerin iletim için harcadıkları enerji miktarı artarken sıkıştırma enerjisi azalmıştır.



Şekil 5.17 Harcanan Enerji Dağılımları (Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı) = 2.4

Şekil 5.17’de düğüm sayısı ve yoğunluğun 100 olduğu dairesel topolojide düğümlerin harcadıkları enerjilerin dağılımları çizdirilmiştir. İletim enerjisinin artarak en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Uç bölgede yer alan düğümler için de veri sıkıştırmanın yaşam süresi üzerindeki avantajı ortadan kalkmıştır.

BÖLÜM 6

6. SONUÇLAR

KAA uygulamalarında güvenlik ve gizlilik önemini korumaktadır. Askeri uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanım alanı bulunması bu önemi artırmaktadır. Elde edilen verilerin güvenliğinin sağlanması sonucunda KAA'ların daha çok uygulamada kullanılabileceği açıktır. Bununla birlikte ticari uygulamalarda özel bilgilerin gizliliğinin sağlanması da büyük önem arz etmektedir. KAA'ların çoklu ortam uygulamalarında kullanılmaları neticesinde veri trafiğinin artması ile güvenliğin sağlanması için düğümlerin iletim mesafelerinin kısaltılması sonucunda ağın yaşam süresi azalmaktadır. Güvenlik sağlanırken ağın yaşam süresi LP ile eniyilenebilmektedir. Bu tez çalışmasında veri güvenliği sağlanırken farklı veri işleme yöntemlerinin yaşam süresi üzerindeki etkileri LP yardımıyla araştırılmıştır.

Bu çalışmada dairesel alanda dağılmış 100 algılayıcının farklı yoğunluk ve "Hassas Bölge Alanı / Ağ Alanı" değerleri için yaşam süreleri değişimleri incelenmiştir. Öncelikle ağda sadece veri güvenliğinin sağlanması durumunda hayat süreleri 100, 300 ve 900 yoğunluk değerleri ile iki farklı senaryo için çizdirilmiştir. Daha sonra veri işleme yöntemlerinin yaşam süresi üzerindeki etkilerini tespit etmek amacıyla OC ve AC veri işleme yöntemleri analize dahil edilmiştir.

Yoğunluğun 100 olduğu durumda OC NC'ye göre daha fazla yaşam süresi sağlamakta olup, her iki durum AC'ye göre daha avantajlıdır.

Yoğunluk 300'e çıktığında OC ile NC arasındaki fark açılmakta ancak AC veri sıkıştırma yönteminin yaşam süresi değerlerinin arttığı görülmektedir.

Yoğunluk 900 olduğunda ise OC en fazla yaşam süresini sağlarken AC'nin de NC'ye göre daha yüksek yaşam süresi sağladığı ve bu yoğunluk değerinde veri işleme yöntemlerinin yaşam süresini her durumda artırdığı görülmektedir.

İkinci senaryoda birinci senaryoya göre daha az yaşam süresi değerleri elde edilmektedir. Ayrıca yoğunluk arttıkça düğümler arasındaki uzaklık artmakta ve elde edilen en fazla yaşam süresi değeri azalmaktadır.

Hayat süresi kazançlarına bakıldığında OC her iki senaryo ve bütün yoğunluk değerleri için pozitif kazançlar sağlamaktadır. AC’de ise yoğunluğun 900 olduğu durum haricinde büyük kayıpların olduğu tespit edilmiştir.

Merkeze uzak olan düğümler “Hassas Bölge Alanı/Ağ Alanı”nın küçük olduğu durumda daha fazla sıkıştırma enerjisi harcamakta, değer arttıkça veri iletim mesafesi arttığı için enerjilerinin tamamına yakını veri iletmek için kullanılmaktadırlar. Merkeze yakın olan düğümlerde sıkıştırma enerjisinin sıfır olması, AC yönteminin neden daha az yaşam süresi sağladığını açıklamaktadır. AC yönteminde düğümler bütün verileri sıkıştırmak zorunda olduğu için enerji en iyi şekilde kullanılamamaktadır.

Yapılan analizler sonucunda yoğunluk arttıkça yaşam sürelerinin birbirine yaklaştığı ancak her durumda OC yönteminin kullanılmasının veri güvenliğinin sağlanmasının yaşam süresi üzerindeki negatif etkisini azalttığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., Wireless sensor network: a survey, *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 51(4), 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] Tavli, B., Heinzelman, W.B., *Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communication*, Springer, 2006.
- [5] Akyildiz, I. F., Melodia, T., Chowdhury, R. K. A survey on wireless multimedia sensor networks, *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 921-960, 2007.
- [6] Intanagonwiwat, C., Govindan, R., Estrin, D., Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks. *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking*, 56 - 67, Boston, Massachusetts, U.S.A, 2000.
- [7] A. Woo and D. Culler, "A transmission control scheme for media access in sensor Networks". *Mobicom*, Rome, Italy, 2001.
- [8] K. Sohrabi, "Protocols for self-organization of a wireless sensor network", *IEEE Personal Communications*, vol. 7, no. 5, pp. 16-27, 2000.
- [9] 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.
- [10] Dantzig, G.B., *Linear programming, History of Mathematical Programming: A Collection of Personal Reminiscences*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1991.
- [11] Ergen, S. C., Varaiya, P., On multi-hop routing for energy-efficiency, *IEEE Communications Letters*, 9, 880-881, 2005.
- [12] Madan, R., Lall, S., *Distributed Algorithms for Maximum Lifetime Routing in Wireless Sensor Networks*. *Global Telecommunications Conference GLOBECOM*, IEEE, Dallas, Texas, U.S.A, 2004.

- [13] Chang, J. H., Tassiulas, L., Maximum lifetime routing in wireless sensor networks, *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, 609 – 619, 2004.
- [14] K. Bicakci, H. Gultekin, and B. Tavli, “The impact of one-time energy costs on network lifetime in wireless sensor networks,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 13, pp. 905–907, 2009.
- [15] B. Tavli, I. E. Bagci, and O. Ceylan, “Optimal data compression and forwarding in wireless sensor networks,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 14, pp. 408–410, 2010.
- [16] Sha, K., Shi, W., Modeling the Lifetime of Wireless Sensor Networks. Technical Report MIST-TR-2004-011, Wayne State University, 2004.
- [17] Perillo, M. A., Cheng, Z., Heinzelman, W., An analysis of strategies for mitigating the sensor network hotspot problem. *MobiQuitous*, 474-478, 2005.
- [18] Heinzelman, W., Chandrakasan, A., Balakrishnan, H., An application specific protocol architecture for wireless microsensor networks, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 660–670, 2002.
- [19] Y. Yu, B. Krishnamachari, and V. K. Prasanna, “Data gathering with tunable compression in sensor networks,” *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 19, pp. 276–287, 2008.
- [20] K. C. Barr and K. Asanovic, “Energy-aware lossless data compression,” *ACM Trans. Computer Syst.*, vol. 24, pp. 250–291, 2006.
- [21] C. F. Chiasserini and E. Magli, “Energy consumption and image quality in wireless video-surveillance networks,” in *Proc. IEEE Int. Symp. On Personal, Indoor and Mobile Radio Comm.*, vol. 5, 2002, pp. 2357–2361.
- [22] B. Tavli, M. Mikail Ozciloglu, and K. Bicakci, “Mitigation of compromising privacy by transmission range control in wireless sensor networks,” *IEEE Commun. Lett.*, vol. 13, pp. 905–907, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZDEMİR, Tuna Han
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 25.09.1986 Antalya
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (216) 666 57 55
Faks : 0 (216) 666 55 99
e-mail : thozdemir@etu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi/Elektrik Müh.	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-2012	TOBB ETÜ	Araştırma Görevlisi
2012-	TÜRK EXİMBANK	Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce (İleri Seviye)