

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABLOSUZ SENSÖR AĞLARINDA ENERJİ TÜKETİMİ
OPTİMİZASYON ALGORİTMASI**

Basma Saleh LARBAH

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr.Üyesi Can Doğan VURDU
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Serdar ÇAVUŞ
Doç. Dr. Turhan KÖPRÜBAŞI
Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL
Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan ERKAL**

**DOKTORA TEZİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU - 2019

TEZ ONAYI

Basma Saleh LARBAH tarafından hazırlanan "**Kablosuz Sensör Ağlarında Enerji Tüketimi Optimizasyon Algoritması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğr.Üyesi Can Doğan VURDU Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Serdar ÇAVUŞ Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Turhan KÖPRÜBAŞI Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL Karabük Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Bilgehan ERKAL Karabük Üniversitesi	

12/04/2019

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAPRAK



TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

Basma Saleh LARBAH



ÖZET

Doktora Tezi

KABLOSUZ SENSÖR AĞLARINDA ENERJİ TÜKETİMİ OPTİMİZASYON ALGORİTMASI

Basma Saleh LARBAH

Kastamonu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU

II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Javad RAHEBİ

Kablosuz iletişim ve elektronik alanındaki gelişmeler, düşük maliyetli sensör ağlarının tasarlanmasını mümkün kılmıştır. Sensör ağları sağlık, askeri, ev, tarım, çevre gibi birçok uygulama alanına sahiptir. Her bir sensörün düşük maliyetli olması gerektiğinden, çok sınırlı bataryaları vardır ve şebekenin kullanım ömrü, büyük ölçüde enerji tasarrufuna bağlıdır. Enerjiden tasarruf etmenin bir yolu, uygun yönlendirme protokolleri tasarlamaktır. Bu tezde, özellikle çok sayıda sensörün olduğu ağlarda klasik protokollere göre daha fazla enerji tasarrufu sağlayan ve ağ ömrünü arttıran bir protokol önerilmektedir. Bu teklifin amacı, optimizasyon yaklaşımı kullanarak düğüm enerjisini korumaktır (Genetik Algoritma ve / veya Memetik Algoritma ve / veya Parçacık Sürüsü Algoritması). Bu tezin ilk amacı, kablosuz sensör ağının toplam enerji tüketimini azaltmaktır. İkinci amaç, önceki küme tabanlı protokollerle karşılaştırıldığında protokolün güvenilirliğini ve ağ gecikmesini geliştirmektir. Parametrik çalışma için ağ alanı birkaç bölgeye ayrılacaktır. Önerilen çalışma LEACH (Düşük Enerji Uyumlu Kümelenme Hiyerarşisi) ile karşılaştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz sensör ağları, optimizasyon yöntemi, kümelenme yöntemi

2019, 86 Sayfa

Bilim Kodu: 91

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR ENERGY CONSUMPTION IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Basma Saleh LARBAH

Kastamonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Material Science and Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Can Doğan VURDU

Co-Supervisor: Assist. Prof. Dr. Javad RAHEBÍ

Developments in wireless communications and electronics have made designing low-cost sensor networks possible. The sensor networks have many application areas such as health, military, home, agriculture, environmental. Because each sensor has to be low-cost, they have very limited battery and lifetime of the network depends heavily on saving energy. One way of saving energy is designing appropriate routing protocols. In this thesis, we propose some protocol that save more energy and increase the network lifetime comparing to the classical protocols especially in networks with a large number of sensors. The objective of this proposal is to save the nodes energy using optimization approach (Genetic Algorithm and/or Memetic Algorithm and/ or Particle Swarm Algorithm). The first aim of this thesis is to decrease the total energy consumption of the wireless sensor network. The second aim is to raise the reliability of the protocol along with improving the network latency as compared to earlier cluster-based protocols. The network area will be divided to several regions for parametric study. The proposed work will be compared with LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy).

Key Words: Wireless sensor network, optimization method, clustering method

2019, 86 Pages

Science Code: 91

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu sınırsız lütuf için Allah'a teşekkür ediyorum ve bu tezin tamamlanmasına yardım ediyorum.

Bu proje süresince danışmanlarım Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU ve Dr. Öğr. Üyesi Javad RAHEBI' ye destekleri ve son derece paha biçilmez rehberlik ve katkıları için derin teşekkür ve minnettarlığımı belirtmek isterim. Diğer tüm insanlara içten minnettarlığımı ifade etmek isterim. Tezim boyunca sevgi ve cesaretle cömert davranan eşime ve aileme şükranlarımı sunarım.

Basma Saleh LARBAH
Kastamonu, Nisan, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI.....	ii
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Arka Plan.....	1
1.1.1. Kablosuz Sensör Ağ Yapısı.....	1
1.2. Sensörlerin Tarihçesi.....	3
1.2.1. Farklı Türlerdeki Sensörler.....	5
1.3. Kablosuz Sensör Ağları.....	7
1.3.1. Kablosuz Sensör Ağlarının Özellikleri.....	8
1.3.2. Kablosuz Sensör Ağları Uygulama Alanları.....	9
1.3.3. Sensör Düğümü.....	11
1.4. Zigbee Kablosuz Sensör Ağı.....	12
1.5. Önerilen Yöntem.....	14
1.6. Amaç.....	14
1.7. Hedefler.....	14
1.8. Gereksinimler.....	15
2. LİTERATÜR TARAMASI VE WSN'NİN YAPISI.....	16
2.1. Arka plan.....	16
2.2. WSN Topolojileri.....	17
2.2.1. Yıldız Topolojisi.....	17
2.2.2. Ağaç Topolojisi.....	18
2.2.3. Mesh Topolojisi.....	18
2.3. Sensör Ağlarının Kullanımı ve İletişim.....	18
2.4. WSN Türleri.....	20
2.4.1. Karasal WSN.....	20
2.4.2. Yeraltı WSN.....	20
2.4.3. Sualtı WSN.....	21
2.4.4. Multimedya WSN.....	22
2.4.5. Mobil WSN.....	23
2.5. Kablosuz Ağ Sensörleri Uygulamaları.....	23
2.5.1. Sensör Düğümleri.....	25

2.5.2. Sensör Düğümlerinin Bileşenleri	25
2.5.3. Mikrokontrolör.....	25
2.5.4. Alıcı-Verici	26
2.5.5. Harici Bellek	26
2.5.6. Güç Kaynağı	27
2.6. Kablosuz Sensör Ağlarının Ömrü.....	27
2.7. Kablosuz Teknolojinin Gelişim Süreci	28
2.8. Ön İşleme	29
2.9. Ağ Modeli	32
2.10. LEACH Protokolü Enerji Tüketim Analizi.....	33
2.11. WSNS için Çoklu Duraklı Veri Toplama Protokolü.....	35
2.12. Enerji Tüketim Hesaplamaları	36
2.13. Küme Oluşumunda Enerji Tüketimi	36
2.14. EC'lerin Performansının Değerlendirilmesi.....	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM	42
3.1. Radyo Modeli ve PSO Yöntemi.....	42
3.2. Genetik Algoritma	43
3.3. Parçacık Sürüsü Optimizasyonu.....	46
3.4. Algoritmaların Karşılaştırmalı Çalışması.....	46
3.5. IV. Genetik Algoritma ve Parçacık n Sürüsü Optimizasyonu	48
3.6. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Algoritması	49
3.6.1. Genetik Algoritma ve PSO Arasındaki Karşılaştırmalar	51
3.6.2. PSO Parametre Kontrolü.....	52
4. DENEY SONUÇLARI	54
4.1. Deney Sonuçları	54
4.2. Dijkstra'nın Algoritması	56
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	62
KAYNAKLAR.....	64
EKLER.....	69
Ek 1: ANA PROGRAM.....	70
Ek 2: FITNESS FONKSİYONU.....	79
Ek 3: ÇİZİM DEVRESİ.....	80
Ek 4: PERFORMANS ANALİZİ.....	82
Ek 5: Dijkstra's ALGORİTMASI İLE YOLA BUL.....	84
ÖZGEÇMİŞ	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

WSN	Kablosuz Sensör Ağı
CH	Küme Başı Düğümü
MN	Üye Düğüm
LEACH	Düşük Enerji Uyumlu Kümelenme Hiyerarşisi
MANET	Mobil Ad-Hoc Ağı
DSR	Dinamik Kaynak Dağıtımı
HEED	Hibrit Enerji Verimli Dağıtılmış Protokol
PC	Kişisel Bilgisayar
GPS	Global Konumlandırma Sistemi
RN	Aktarma Düğümü
SN	Sensör Düğümü
BS	Baz İstasyonu
GA	Genetik Algoritma
TDMA	Zaman Ayrımlı Çoklu Erişim
LC	LEACH-Merkezli

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Kablosuz sensör ağ yapısı	2
Şekil 1.2. Sinerji meşguliyet sensörü düğümü	5
Şekil 1.3. Park yerinin tespit edilmesinde yer alan çeşitli senaryo ve olayları gösteren diyagram	7
Şekil 1.4. Akıllı bahçe sensörü.....	11
Şekil 1.5. Programlanabilir kablosuz sensör düğümü	12
Şekil 1.6. Zigbee sensör düğümü yapısı.....	12
Şekil 1.7. Ev otomasyonu için kablosuz ağ.....	13
Şekil 2.1. Ağ topolojileri.	17
Şekil 2.2. Yeraltı WSN.....	21
Şekil 2.3. Sualtı WSN.	22
Şekil 2.4. Multimedya WSN.	23
Şekil 2.5. Sensör uygulamalarına genel bakış.....	24
Şekil 2.6. Sensör düğüm yapısı.	25
Şekil 2.7. Nauman ve ark. tarafından yapılan bir sensör düğümünde CH seçimine yönelik mevcut seçenekler örneği	34
Şekil 2.8. UCR'nin SOP örneğinde artık enerji haritaları.....	38
Şekil 2.9. Artık düğüm enerjisi ve simülasyon raundları.	39
Şekil 2.10. İleri iletim alanı.....	41
Şekil 3.1. Radyo modeli	42
Şekil 3.2. Genetik algoritmanın akış şeması	45
Şekil 3.3. Senkron PSO algoritması (Paralel İşleme).....	49
Şekil 4.1. Sensör kurulum alanı	54
Şekil 4.2. İlk küme ve küme lideri.	54
Şekil 4.3. İkinci küme ve küme lideri	55
Şekil 4.4. Tüm küme ve küme liderleri.....	55
Şekil 4.5. Küme lideri sensöründeki ilk yönlendirme.....	56
Şekil 4.6. Farklı zaman aralıklarında toplam enerji tüketimi.....	58
Şekil 4.7. Farklı zaman dilimlerindeki veriler.....	59
Şekil 4.8. Farklı zaman dilimlerindeki paket teslimat oranı.....	60
Şekil 4.9. Farklı zaman dilimlerindeki genel ağ ömrü.....	61

TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Kablosuz sensör ağlarının avantajları.....	8
Tablo 1.2. ZigBee'nin önemli özellikleri.....	14
Tablo 2.1. LEACH algoritmasındaki düğümlerin enerji tüketimi.	334
Tablo 2.2. Kümelenme özelliklerine göre ilgili çalışmanın karşılaştırılması.	35



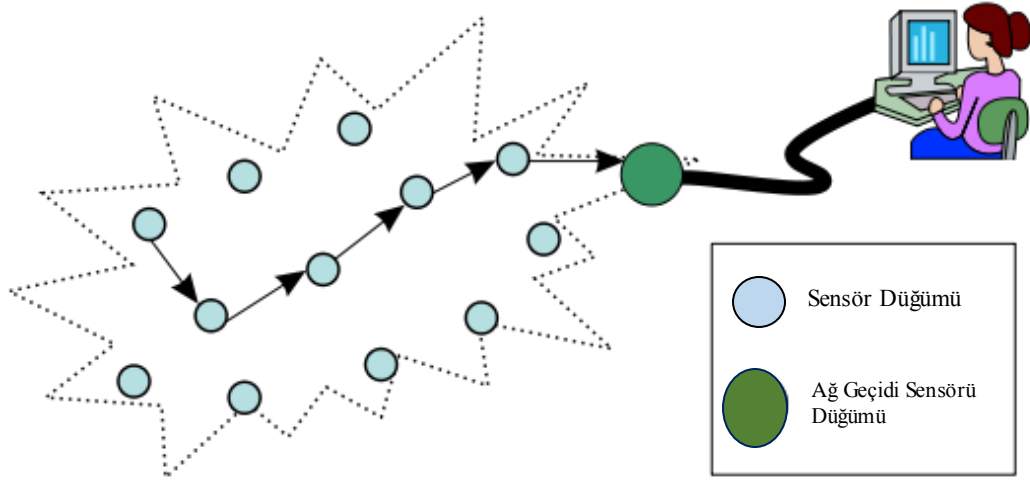
1. GİRİŞ

1.1. Arka Plan

Bu tezde kablosuz sensör ağındaki enerji tüketimi yöntemleri araştırılmıştır. Kablosuz sensör ağları, son zamanlarda gündemde olan yeni bir teknolojidir. Kablosuz ağ sensörleri kullanarak, bilgi etkileşimli olarak toplanabilir ve değerlendirilebilir. Ayrıca, eğer gerekliyse medyada bilgiye dayalı değişiklikler yapılabilir. Sınırlı enerji kaynakları, kablosuz ağ sensörlerinde karşılaşılan en büyük sorunlardan biridir. Genelde sensörler uzak veya yerleşim yerlerine yakın yerlerde bulunur, böylece bataryayı şarj etmek veya bataryayı değiştirmek mümkün olmaz. Bu, enerjiyi kullanmanın en etkili yoludur ve yaşamın uzamasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu amaç için kullanılacak yöntemlerin en doğal olanı, sadece sensörün aktif tutularak, gereken miktarda, başkalarının enerji tüketimini engellemektir. Seçilecek sensörler istenen alanı verimli bir şekilde içerir. Bu çalışmada, şebekenin ömrünü uzatmak için gerekli minimum sensör sayısı ve aynı zamanda yeterli kapsama alanı bilgisinin alınması amaçlanmaktadır [1, 2].

1.1.1. Kablosuz Sensör Ağ Yapısı

Kablosuz bir sensör ağı, kablosuz bağlantılar aracılığıyla izlenen bir alandan toplanan bilgileri ileten bir cihaz ağıdır. Veriler çoklu devreler ve bir ağ geçidi üzerinden iletilir ve veriler kablosuz Ethernet gibi diğer ağlara bağlanır. Donanım ve kablosuz sistemlerdeki gelişmeler, düşük maliyetli, düşük güçlü, çok işlevli minyatür algılama cihazlarının oluşturulmasını sağlamıştır. Geçici (Ad hoc) ağlar, bu cihazlardan yüzlerce ve binlercesinin yardımıyla oluşturulabilir. Örneğin, bu cihazlar geniş ve coğrafi bir alana bağlanır ve kablosuz, geçici bir ağ oluşturabilir. Bu dağıtılmış ve ağa bağlı sensörler, bir algılama ağı sistemi oluşturmak için işbirliği içinde çalışırlar. Bir sensör ağı bilgiye her an, her yerden kolayca erişilmesini sağlar. Veri toplama, işleme, analiz etme ve dağıtma işlevlerini yerine getirebilir. Böylece ağ, akıllı bir ortam yaratmada etkili bir rol oynar [3]. Kablosuz Sensör Ağ Yapısı, Şekil 1.1.'de [1] gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Kablosuz sensör ağ yapısı.

Kablosuz sensör ağları geniş bir aralıkta, farklı uygulama alanları için devrim niteliğinde algılama yetenekleri sunar. Bunun nedeni sensör ağlarının aşağıda gösterilen özelliklere sahip olmasıdır:

- Güvenilirlik
- Doğruluk
- Esneklik
- Uygun Maliyet
- Kolay Kurulum.

Bu tezde, Zigbee kablosuz sensör ağı tanımlanacak ve hangi alanlarda kullanıldığı, kablosuz iletişim ağının ne olduğunu, çalışma prensibi, hangi yöntemleri kullandığını açıklanacaktır. Zigbee, kablosuz sensör ağının en önemli uygulama alanlarından biridir. Diğer kablosuz sensör ağları ise HomeRF, bluetooth, wibree, zigbee ve xbee olarak sıralanabilir. Zigbee diğer kablosuz sensör ağından daha avantajlı olabilir. Örneğin, kullanımı daha kolay, pil ömrü daha uzundur ve çok sayıda ağı daha düşük maliyetlerle destekler. Kısacası, bu tez, zigbee kablosuz sensör ağları sistemlerini tanımlayacak, sinyal gücünü etkileyen parametreler hakkında bilgi verecek, iletişimde daha fazla başarı oranını arttırmak için kullanılan yöntemleri tartışacak ve kablosuz sensör ağlarındaki başarı oranı artışı için gerekli yöntemler konusunda bilgi verilecektir. Giriş ve literatür taramasından sonra simülasyon ortamında bu

parametreler ve yöntemlerle denemeler yapılacaktır. Bu çalışmada en yeni makaleler değerlendirilecektir, yorum ve analizler yapılacaktır.

1.2. Sensörlerin Tarihçesi

İnsanlar çevrelerinde meydana gelen olayların bazılarını algılama kapasitesine sahiptir. Bu kapasite duyu organlarına dayanmaktadır. Çevreyi algılayan aygıtlara sensör denir. Keşfedilen ilk sensörün manyetik bir pusula olması büyük olasılıktır. Belki de bu pusula, küçük bir ortamda kuzey ve güney yönünü göstermek için sürtünme ile yüklü bir metal tel sürtünmesi ile elde edilmiştir. 1070 yılında, Çin deniz taşımacılığından yararlanmaya başlamış ve Çinlilere ait olan bu cihazın Marko Polo tarafından Avrupa'ya getirildiği bilinmektedir. Pusulanın hava taşımacılığına girişi, Fransız Deniz Subayı Jean Canneau tarafından 1911'de Paris'ten Madrid'e düzenlenen bir hava saldırısıyla olmuştur [2, 5, 6].

Sonrasında manyetik sensörler II. Dünya Savaşı sırasında denizaltıların tespiti ve takibi için hem ABD hem de Japonya tarafından kullanılmıştır. Japonlar, jikitchiki adını, genellikle gemilerden ve uçaklardan kablolar vasıtasıyla yayılan ekipmana vermişlerdir. Savaştan sonra ABD Donanması manyetik sensörler geliştirmeye devam etmiştir. Bugün güvenlik silahları, bıçak aramak için kullanılan cihazlar bu teknolojinin devamıdır [7].

Yaklaşık 260 yıl öncesine kadar sıcaklık ölçümü aşırı derecede öznel idi. Parlaklık, renk sıcak metaller için iyi bir göstergiydi. Bununla birlikte, sıcaklık hiçbir renk değişikliğinin gözlenmediği durumlarda belirlenememiştir. Geçmişte Mısırlılar, Asurlular, Yunanlılar, Romalılar ve Çinliler tüm sıcaklıkları ölçmek istediler, ancak geçerli bir sistem geliştiremediler. Galileo ilk belgelenmiş termometreyi 1592'de icat etmiştir. Ancak bu termometre hava basıncından etkilendiğinden ölçtüğü sonuçlar vermemiştir. Böylece ihtiyaçları karşılayamamıştır. 1714 yılında, Daniel Gabriel Fahrenheit bir civa termometresi icat etmiştir. Fahrenheit bir boruyu civa ile doldurmuş ve daha sonra civa sıcaklığa göre genişlemiştir. Bu termometre, malzemelerin sıcaklığını açıkça ölçmeyi mümkün kılmıştır. Daha sonra 18. yüzyılda Anders Celsius, termometrenin 100 eşit parçaya bölünmesinin daha avantajlı olacağını düşünmüştür. Kaynama noktası olarak 100, donma noktası olarak sıfır kabul

edilmiştir. 19. yüzyılın başında William Thomson mutlak sıfırın varlığını önermiştir. 20. yüzyılda Lord Kelvin mutlak sıfır üzerinde çalışmış ve ismiyle çağrılacak bir termometre geliştirmiştir çünkü bu iş için uygun olan Celsius termometreyi dikkate almamıştır [8].

Basınçla ilgili ilk çalışmaların Evangelista Torricelli tarafından yapıldığı bilinmektedir. 1664 yılında Blaise Pascal, sarmal üzerindeki basınç deneyi yapmış ve deneyde kullanılan sarmal cihaza barometrenin adını vermiştir. 1660 yılında, Robert Boyle bir hava kütesinin basıncını ölçmüş ve hacim ölçümlerinin çarpımı sabitlemiştir [9].

Fotoelektrik fenomenin 1887'de araştırılması, bu son alana yönelik araştırmaları artırmıştır. Bu araştırmalar, takip eden yıllarda fotosel adı verilen bir ışık algılama sisteminin keşfine yol açtı. Takip eden yıllarda, bir odaya girerken fotoselle çalışan hareket detektörleri, güvenlik sistemleri, aydınlatma lambaları, otomotiv kapıları, robotlar geliştirildi. Fiber optiğin ortaya çıkması ile fiber optik sensörler geliştirilmiştir. 1954 yılında Dee Horton ve Lew Hewitt, hareket sensörünü kullanarak otomatik kapıyı icat etti. İlk otomatik kapının arkasındaki fikir de çok ilginçtir. Horton ve Hewitt, aşırı rüzgarın olduğu yerdeki kapıların zor kapanması nedeniyle otomatik kapıyı tasarlamış ve icat etmişlerdir [10].

Clark ve Lyons ilk kez 1962 yılında biyosensör terimini kullanmışlardır. 1970 yılında sıcaklık detektörleri ve 1976'da iyonizasyon duman detektörleri üretilmiştir. 1980'lerden sonra büyük ilerlemeler kaydedilmiş ve yangın algılama ve uyarı sistemleri geliştirilmiştir.

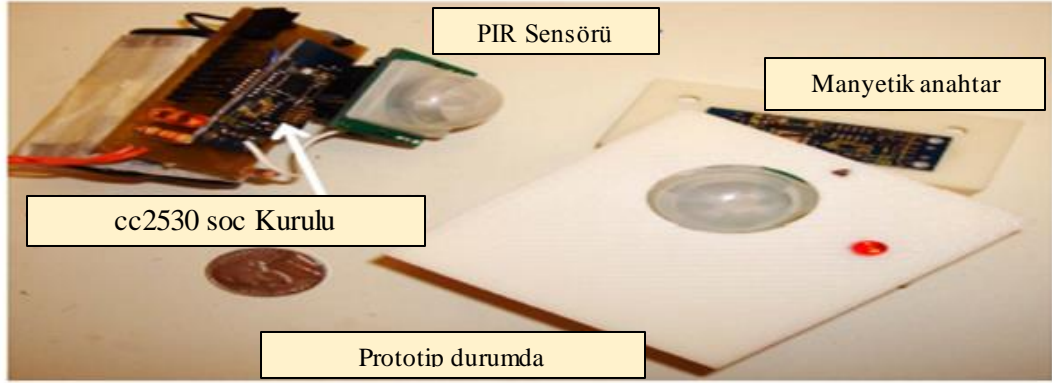
Kimyasal sensörler hakkındaki ilk araştırma, 1970 yılında İngiltere'de Warwick Üniversitesi'nde başlamıştır. Bu üniversitede başlayan araştırma ve burun mimik makinesinin icadı çalışmaları tüm dünyada devam etmiştir. Buna ek olarak, elektronik burun teorisinin başarısı ilk olarak 1990 yılında ortaya çıkmıştır. İlk prototip sistemleri 1993 yılında ve ilk ticari sistemler 1994 yılında geliştirilmiştir.

1.2.1. Farklı Türlerdeki Sensörler

Farklı alanlarda farklı değerleri kontrol etmek istiyoruz. Bu noktada, birçok sensör türü vardır. Sensör türlerini belirleyen faktörlerden biri besleme voltajıdır. Besleme voltajına göre, sensörler iki farklı yapı içerisinde incelenir. Bunlar pasif sensörler ve aktif sensörlerdir. Besleme Voltajı Sensörlerine göre pasif ve aktif sensörler olarak iki farklı yapı incelenir.

Pasif Kızılötesi (PIR); Vücudun sıcaklık radyasyonunu algılayan bir optik tarama sistemi. Kızılötesi sensör vücut sıcaklığı tarafından yayılan radyasyonu algılar. Fresnel lens, algılama alanında pasif ve aktif noktaları oluşturur. Bu şekilde, hareket eden sıcaklıkların aktif ve pasif noktaları arasındaki geçiş sırasında meydana gelen voltaj değişiklikleri ile algılama gerçekleşir. Bu şekilde çok küçük hareketler bile, uzunluk anahtarlama noktalarının sıklığına göre algılanabilir [11].

Sinerji meşguliyet sensörü düğümü resmi Şekil 1.2.'de [2] gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Sinerji meşguliyet sensörü düğümü

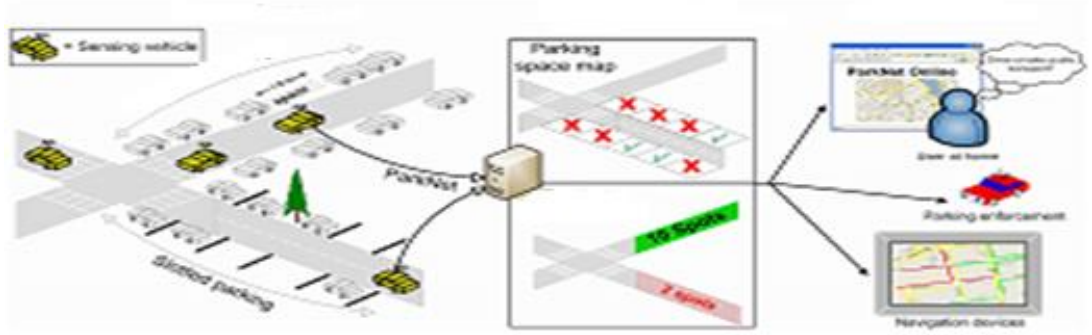
Yüksek frekans sensörleri: Sürekli olarak tespit edilmek istenen alanı aktif olarak tarayan sensörlerdir. Sensörün 5.8 GHz bandında yaptığı yüksek frekans dalgaları ya ulaşılan noktada absorbe edilir ya da bir eko oluşturur. Eko sensörü alıcıya ulaştığında bu nesne ile alıcı arasındaki mesafe yankı süreleriyle hesaplanır ve kaydedilir. Bu değişiklik, nesnelerin veya insanların algılanmasıyla sonuçlanır, özetle, algılama alanındaki her nesnenin hareketi, eko süresinde bir fark yaratacaktır. Ayrıca, bu sıcaklık yürüme yönü gibi faktörlerden bağımsız olarak çok net ve hassastır. Bu

şekilde ince duvarlar, alçı panoları, ahşap ve cam yapıların arkasındaki hareketler tespit edebilir [12].

Sensörlerin günlük yaşantımıza ne kadar sürede girdiğine bakıldığında günümüzde kullandığımız veya gittiğimiz yerlerin çoğu sensörlerin yardımından faydalanmaktadır. Akıllı telefonlar - tabletler, SmartTV'ler, bilgisayarlar, arabalar, kapılar, aydınlatma sistemleri ve hatta kapasitif sensörler dolaplara kadar yerleştirilmiştir [12].

- Kalp Atış Hızı Sensörü: Kalp atış hızı sensörü ile kalp atış hızınızı kolayca izleyebilirsiniz. Parmaklarınızı cihazların arka kamerasının hemen altındaki sensöre yerleştirerek, kalp atış hızınızı ölçebilir, cihaz ölçümlerinizi kaydedebilir ve egzersiz öncesi ve sonrası kalp atış hızınızı karşılaştırabilirsiniz.
- Parmak İzi Sensörü: Bu sensör, cihaza farklı parmak izlerini kaydederek akıllı telefonunuzun güvenlik seviyesini bir sonraki seviyeye taşır. Cihazın üzerindeki parmak izi okuyucu sensöründe parmak izinizi okuyarak telefonun ana ekranının kilidini kolayca açabilirsiniz. Buna ek olarak, dosyadaki mobil ödeme ve kişisel kilit ayarını kullanabilir, ayrıca parasal işlemlerinizi online ödeme hizmeti aracılığıyla güvenle gerçekleştirebilirsiniz [12].
- Barometre: Yüksek (dağ) bir yere tırmanırken kullanabileceğiniz bu sensör, etkinlik sırasında yaktığınız kalori miktarını hatasız hesaplayabilir.
- Hall Sensörü: Cihazın kapak durumunu algılayan sensör, kapağı açtığımızda ekran ışığının etkinleşmesini ve kapatıldığında ışığın otomatik olarak kapatılmasını sağlar [12].
- RGB Ortam Işığı Sensörü: Cihazı otomatik olarak aydınlatır ve karanlıkta kararır ve gözlerin rahatsız edilmesini önler [12].
- Park-Far- Yağmur Sensörü: Bugünün yeni arabaları çoğu durumda bu üç sensöre sahiptir. Sürücünün hata yapma riskini azaltmanın yanı sıra, bu görevleri sürüş sırasında lambaları açmak, camı silmek için yerine getirir. Park sensörleri, amatör sürücüler için ortak bir sorun olan park problemini neredeyse ortadan kaldırmaktadır [12].

Park yerinin tespit edilmesinde yer alan çeşitli senaryo ve olayları gösteren bir diyagram Şekil 1.3.'te [13] gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Park yerinin tespit edilmesinde yer alan çeşitli senaryo ve olayları gösteren diyagram

- Otomatik Kapılar - Aydınlatma Sistemleri: Alışveriş merkezleri, kafeler, hastaneler, oteller ve havalimanları için vazgeçilmez olan otomatik kapılar, sensörlerin sağladığı bilgilere göre kapıları açarlar veya kapatırlar. Engelli yayaaları hesaba eklediğimizde, otomatik kapıların önemini kavramak daha kolaydır. Bir başka önemli konu ise hijyendir. Kapıyı açmak için hijyenik olmayan kapı kollarına dokunmanız gerekmez. Bu nedenle, otomatik kapıların sağlık sektörüne katkısı da büyüktür. Diğer bir katkısı ise, içindeki ılık veya soğuk havanın tutulmasıdır. Böylece, ısıtma ve soğutma maliyetleri kontrol dışı tutulur.

1.3. Kablosuz Sensör Ağları

Sıcaklık, nem, ışık, ses, basınç, kirlilik, toprak bileşimi, gürültü seviyesi, titreşim, nesne hareketleri gibi fiziksel veya çevresel koşulları koordine etmek için sensörleri kullanan kablosuz ağlardır. Tipik bir Kablosuz Sensör Ağı (WSN) kablosuz bir ortam üzerinden birbirine bağlanan ve birbirleriyle bilgi alışverişi yapan yüzlerce hatta binlerce sensör düğümünden oluşur. Donanım ve kablosuz sistemlerdeki gelişmeler, düşük maliyetli, düşük güçlü, çok işlevli minyatür algılama cihazlarının oluşturulmasını sağlamıştır. Ad hoc ağlar, bu cihazlardan yüzlerce ve binlercesinin yardımıyla oluşturulabilir. Örneğin, bu cihazlar geniş ve coğrafi bir alana bağlanır ve kablosuz, geçici bir ağ oluşturabilir. Bu dağıtılmış ve ağa bağlı sensörler, bir algılama

ağı sistemi oluşturmak için işbirliği içinde çalışırlar. Bir sensör ağı bilgiye her an, her yerden kolayca erişilmesini sağlar. Veri toplama, işleme, analiz etme ve dağıtma işlevlerini yerine getirebilir. Böylece ağ, akıllı bir ortam yaratmada etkili bir rol oynar [3].

Kablosuz algılayıcı ağları geniş bir aralıkta, farklı uygulama alanları için devrim niteliğinde algılama yetenekleri sunar. Bunun nedeni, sensör ağlarının aşağıdaki özelliklere sahip olmasıdır.

Tablo 1.1. Kablosuz sensör ağlarının avantajları.

Güvenilirlik
Doğruluk
Esneklik
Uygun maliyet
Kolay kurulum

Tablo 1.1.'de kablosuz sensör ağları avantajları gösterilmiştir. Tilak ve ark [14] akıllı sensörlerin temkinli gözetim sağlayabileceğini ve makine çöküşü, depremler, satıcı ve hatta terör saldırıları hakkında bilgi toplayabildiğini belirtmektedir. Sensör ağları bilgi toplama, bilgi işleme işlevleriyle sivil ve askeri uygulamalar için çeşitli ortamların izlenmesini sağlar. Sensörler kolayca kurulur, çünkü altyapıya veya insan müdahalesine gerek yoktur. Ortamdaki eylemleri algılayarak, hesaplayarak ve ileterek görevleri yerine getirirler. Kendilerini organize etmek (kendi kendini organize etmek) ve farklı uygulamaları desteklemek için uyarlanabilirler.

1.3.1. Kablosuz Sensör Ağlarının Özellikleri

Kablosuz sensör ağları birçok kullanışlı özelliğe sahiptir. Bu özellikler arasında güvenilirlik, doğruluk, esneklik, uygun maliyet ve kolay kurulum yer almaktadır. WSN'ler, insan bakımı gerektirmeyen birçok fiziksel olarak ayrılmış düğüm içerebilir. Düğüm bazında, tek bir düğümün kapsamı küçükse, yoğun olarak dağıtılmış düğümler

eşzamanlı olarak ve ortak bir temelde çalışabilir ve böylece tüm ağı kapsamını genişletebilir. Ayrıca, sensör düğümleri yaşamı tehdit eden alanlarda bırakılabilir ve dört mevsim çalışabilir, bu nedenle bu düğümler tespit görevlerini istedikleri zaman yürütebilirler. Bu durum WSN düğümlerinin yoğun olarak kullanılmasının sonucudur [15].

Büyük makro-kapsayıcılar kullanan ve kullanıcıya kablo döşenmesi gereken geleneksel sensör sistemlerinden farklı olarak, her ikisi de çok daha iyi performans göstermekte ve arızaya daha fazla tolerans tanımaktadır. Öyle ki; bir makro sensör düğümü başarısız olması veya çalışmasını durdurması ve sistemin sensörün bulunduğu alanda tamamen kaybolması durumunda, oluşturulan veri gereksiz olduğundan, WSN alanındaki WSN'lerde küçük bir fraksiyon mikro sensör düğümlerinin başarısız olması durumunda kabul edilebilir seviyelerde bilgi üretmeye devam edebilir. Ayrıca, her bir sensör düğümü, veri iletimi için kablosuz iletişim özelliği ve sinyal işlemesi ile donatılmıştır [3].

Sınırlı enerji, işlem gücü ve iletişim kaynaklarına sahip geniş bir alanda çok sayıda sensör gerektirir. Bu çok sayıda kullanım, sensör ağının, hareket eden nesnenin gerçek hızını, yönünü, boyutunu ve özelliklerini tek bir sensörden daha yüksek bir doğrulukla bildirmesini sağlar. Üstelik, düşük maliyetler, düşük fiyatlar ve makroekonomik sistemdeki muadilleri ile kıyaslandığında yerleşim / kurulum kolaylığı nedeniyle WSN'lerin daha az maliyetli olduğu söylenebilir. Ayrıca, hemen hemen her ortamda, mevcut kablolu ağların çalışmasının imkansız olduğu savaş alanları, atmosferler ve derin okyanuslar gibi alanlarda da kullanılabilirler [16].

1.3.2. Kablosuz Sensör Ağları Uygulama Alanları

Kablosuz sensör ağlarının geliştirilmesinin başlangıcı, askeri ve endüstriyel uygulamalarda olduğu kadar sivil ve endüstriyel uygulamalarda da kullanılmaktadır.

- Askeri bir uygulama olarak; WSN'ler, askeri komuta, kontrol, iletişim, bilgi işlem, istihbarat, gözetleme, keşif ve hedefleme sistemlerinin ayrılmaz bir parçasıdır.

- Belirli bir coğrafi alanı kapsayan binlerce küçük, ucuz, kendinden yapılandırılabilen kablosuz algılayıcı, çevresel izleme ve çevresel kontrol için çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Zamanında ve etkili sağlık hizmetlerinin sağlanmasında ve insanlık için daha sağlıklı bir ortam yaratılmasında da çok yararlıdır.
- WSN'ler, olağanüstü hallerde ve acil durumlarda buldukları felaket bölgelerinde etkili olabilirler. Dağıtım operasyonları için doğru ve zamanında coğrafi konum belirleme, kurtarma operasyonları için hayati öneme sahiptir, aynı zamanda lokasyon, potansiyel tehlikeler ve acil durum kaynakları, kurtarılmayı bekleyen kişilerin tanımlanması hayati önem taşımaktadır [9].
- WSN'ler, tüm insanlık için daha rahat ve akıllı yaşam alanları yaratmada rol oynayabilir. Uzaktan ölçüm: WSN'ler, gaz, elektrik, oda sıcaklığı gibi bilgileri kablosuz ağ üzerinden istenen noktaya iletilebilir. Ya da aracın zamanını araç sahibine iletirler. Bununla birlikte, teknolojinin gelişmesiyle, kişisel mobilyalara çeşitli kablosuz sensörler bağlanması ve böylece özerk bir ağ oluşturulması mümkündür. Örneğin, akıllı bir buzdolabı, buzdolabının envanterini tutmak ve doktorun diyet programına göre bir alışveriş listesi hazırlamak için kişisel bir dijital asistan olarak için bir liste gönderebilir.
- Bilimsel Araştırmalar: Etkin ve otomatik olarak uygulanabilen WSN'ler, daha yüksek, gelişmiş ve derin çevrelere (uzay ve okyanusların derinlikleri gibi) yönelik yeni bilimsel araştırma ağ geçitleridir.
- Etkileşimli Kapsama: WSN'ler maden bilgilerinin toplanması için umut verici mekanizmalar geliştirmişlerdir. Ucuz ve küçük kablosuz sensörlerin yayılması ile, "akıllı anaokulları" küçük çocukların eğitimini güçlendirmek için tasarlanabilir ve WSN'ler çocukları izlemek ve faaliyetlerini yönlendirmek için kullanılabilir.
- Gözetim Uygulaması: Anında ve uzaktan gözetleme, WSN'lerden esinlenen önemli uygulamalardan biridir. Hedefleri belirlemek için bir dizi akustik ağ sensörünün kullanıldığı ve özel güvenlik kriterleri uygulandığı alanlarda kullanılabilir. WSN'ler bina, konut alanları, hava alanları, tren istasyonları vb. yerler için kullanılabilir, ziyaret edilebilir, tanınır ve ana komuta merkezine anında iletilir. Benzer şekilde, olası kazaları, yangınları ve felaketleri tespit ederek

mümkün olan en kısa sürede müdahale edebilmek için evlere, otel odalarına, okullara duman detektörleri yerleştirilebilir.

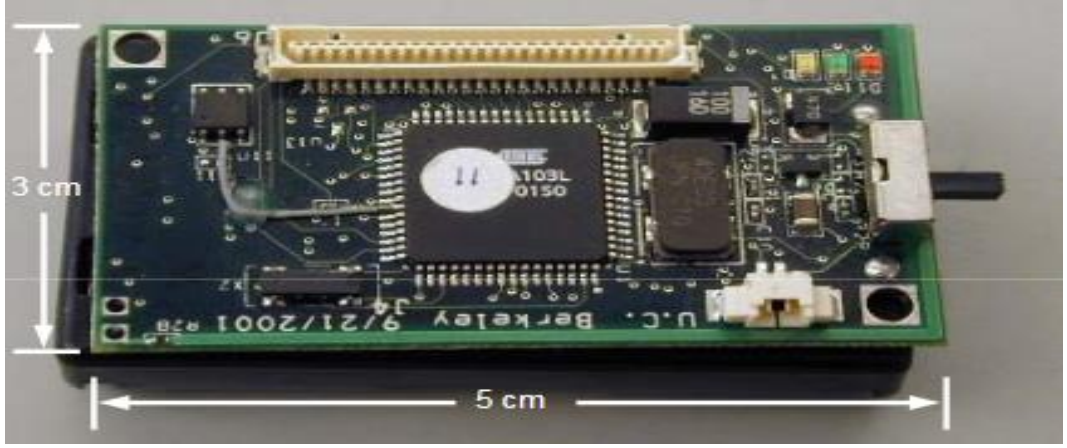
Akıllı bahçe sensörü örneği (EXtreme Scale Stargate. XSS, 64 MB SDRAM, 32 MB FLASH, tip II PCMCIA yuvası, USB bağlantı noktası ve 51 pinli konektör ile Intel 400 MHz XScale® işlemci (PXA255)) Şekil 1.4.'te gösterilmiştir [17]. EXtreme Scale Stargate. Her XSS, 64 MB SDRAM, 32 MB FLASH, tip II PCMCIA yuvası, USB bağlantı noktası ve 51 pinli konektör ile Intel 400 MHz XScale® işlemciye (PXA255) sahiptir ve ambalajın su geçirmez olduğu Şekil 1.4.'te [17] gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Akıllı bahçe sensörü.

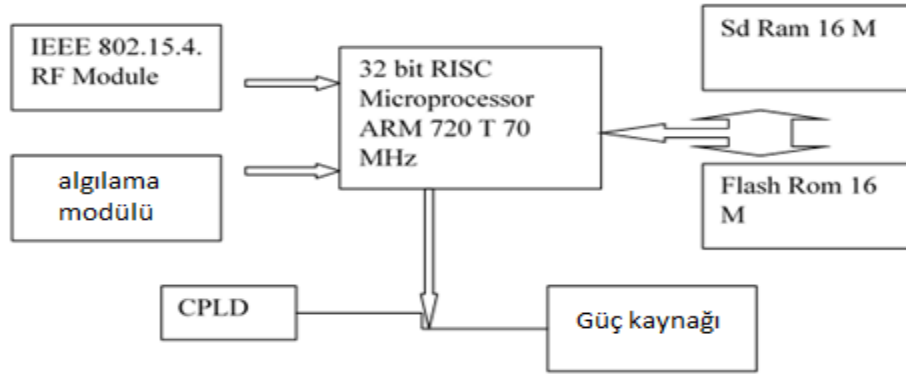
1.3.3. Sensör Düğümü

Sensör düğümü (Şekil 1.5. [18]), kablosuz sensör ağlarında kullanılan ve bilgisayardaki, algısal bilgi toplama ve ağdaki diğer bağlı düğümlerle iletişim kurabilen bir düğümdür [18].



Şekil 1.5. Programlanabilir kablosuz sensör düğümü.

Sensör düğümlerinin gelişimi, 1998 yılında yapılan Smartdustproject'e dayanmaktadır. Bu projenin amaçlarından biri, otonom algı ve iletişim yaratan kübik bir milimetrenin kullanılmaktı. Proje erken yapılmış olsa da, çeşitli araştırma projelerinin doğmasına neden oldu. Zigbee sensörünün ana bileşenleri (bkz. Şekil 1.6. [9]) mikrokontrolör, alıcı verici, harici bellek, güç kaynağı ve bir veya daha fazla sensörden oluşmaktadır [19].



Şekil 1. 6. Zigbee sensör düğümü yapısı

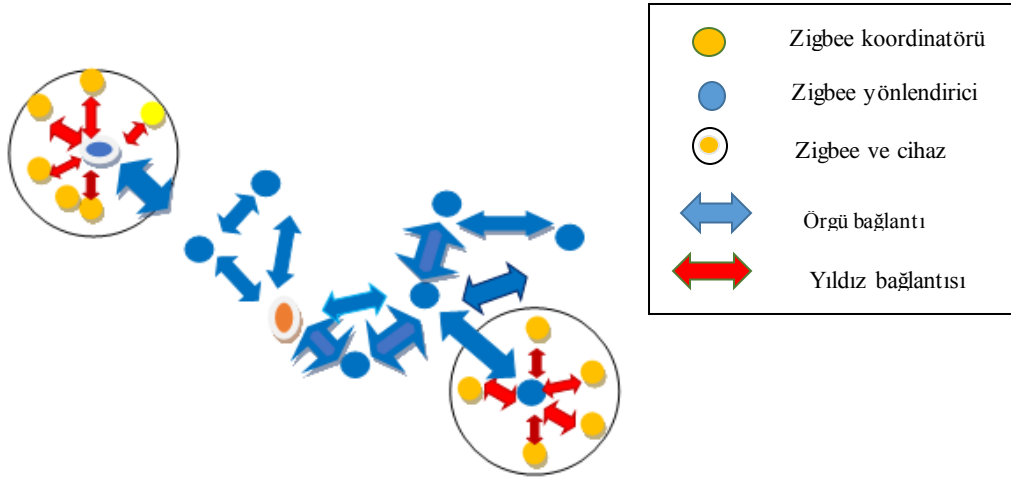
1.4. Zigbee Kablosuz Sensör Ağı

ZigBee adını, çiçeklerin arasındaki zızzak şeklinde karmaşık hareketler yapan arılardan almıştır. Bu zig-zag yapısı örgü (karmaşık) ağdaki düğümler arası iletişimi sembolize eder. Ağ bileşenleri kraliçe arıları, erkek arıları ve işçi arılarını temsil eder. ZigBee, birçok farklı uygulaması ile yeni bir kablosuz ağ teknolojisidir. Uluslararası

şirketler tarafından kurulan küresel bir şirketler birliği olan "ZigBee Alliance" nın çabalarının bir sonucu ortaya çıkmıştır.

Zigbee, IEEE 802.15.4 altyapısı ve standart spiral ağlarla uygulama spiralleri kullanılarak oluşturulan kısa menzilli kablosuz ağ standardı olarak tanımlanabilir. Güvenilirlik, düşük maliyet ve enerji tasarrufu avantajları göz önüne alındığında, ZigBee, sensörlerin ve PC giriş cihazları gibi yönetim ürünlerinin kablosuz bağlantılarında kullanılabilir. ZigBee, kablosuz kanalların otomatik aranmasına ve çoklu kablosuz ağların bir arada bulunmasına otomatik imkan verir. Nesnelere erişim, iletim gücüne ve çevresel etkiye bağlı olarak 10 ila 75 metre arasında değişir. Bu teknoloji, cihazların düşük güç kullanarak birbirleriyle iletişim kurmasını ve böylece pillerin daha uzun süre kullanılmasını sağlar. Veri akışına bağlı olarak ZigBee cihazları, uyku moduna geçmek suretiyle enerji tasarrufu sağlayabilir [20].

ZigBee düşük hızlı iletişim için idealdir ve birçok farklı türde otomasyonu hedefler. Bu nedenle, ZigBee, iç mekan ortamları için kablosuz iletişim sistemlerinin en önemli kullanımlarından biridir. Çünkü pil değişimi teknolojik açıdan pratik değildir. Şekil 1.7.'de basit bir ev otomasyon ağı gösterilmektedir [21].



Şekil 1.7. Ev otomasyonu için kablosuz ağ.

Tablo 1. 2. ZigBee'nin Önemli Özellikleri.

Güvenilirlik
Çok sayıda düğüm desteği
Uzun pil ömrü
Güvenlik
Düşük maliyet
Üretici / tedarikçi bağımsızlığı

1.5. Önerilen Yöntem

Bu tezde, homojen kablosuz sensör ağları için kümeleme tabanlı bir yöntemi değerlendireceğiz. Bizim yöntemimizde küme başı seçim olasılığını dinamik olarak ve daha fazla verimle değiştirilecektir. Daha sonra protokol performansımızı dağıtılmış enerji verimli kümeleme ve istikrarlı seçim protokolü ile karşılaştıracacağız. Bu sistemin performansının önceki çalışmaların üstesinden gelmesini bekliyoruz.

1.6. Amaç

Tez çalışmamızın amacı, düğümlerin enerjisinden tasarruf etmektir. Bu tezin önemli amacı, kablosuz sensör ağının toplam enerji tüketimini azaltmaktır. Küme başı seçim olasılığını dinamik olarak ve daha fazla verim ile değiştirmek, sensörlerin düşük enerji tüketmesini ve tüm ağda çok fazla enerji tasarruf edilmesini sağlayacaktır.

1.7. Hedefler

Bu teklifin amacı, düğüm enerjisini optimizasyon yaklaşımı (Genetik Algoritma ve / veya Memetik Algoritma ve / veya Parçacık Swarm Algoritması) kullanarak tasarruf etmektir. Bu önerinin ilk amacı, kablosuz sensör ağının toplam enerji tüketimini azaltmaktır. İkinci amaç, protokolün güvenilirliğini ve ağ gecikmesini önceki küme tabanlı protokollerle karşılaştırıldığında geliştirmektir. Parametrik çalışma için ağ alanı birkaç bölgeye ayrılacaktır. Önerilen çalışma LEACH (Düşük Enerji Uyumlu Kümeleme Hiyerarşisi) ile karşılaştırılacaktır.

1.8. Gereksinimler

Donanım gereksinimleri: bir kişisel bilgisayar.

Yazılım gereksinimleri: MATLAB



2. LİTERATÜR TARAMASI VE WSN'İN YAPISI

2.1. Arka plan

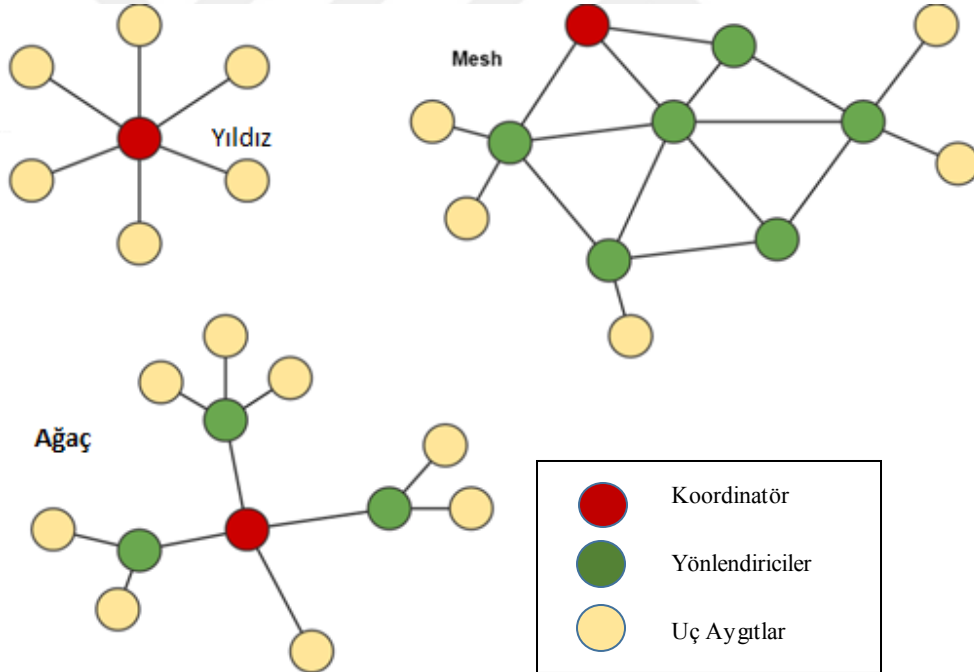
Tipik bir kablosuz sensör ağında, her biri çevrilmiş olan bilgiyi toplama yeteneğine sahip olan, ilgilenilen alanda çok sayıda dağıtılmış sensör bulunmaktadır. Bu sensörler toplanan bilgileri ana istasyona gönderir. Kablosuz bir sensör ağında, enerji tedarik birimlerinin fiziksel sınırlamaları sonucunda karşılaşılan temel zorluklardan biri sınırlı enerjidir. Genel olarak, sensörlerin yerine konması ya da yeniden doldurulması mümkün değildir, çünkü bunların yerine konması ya da yerleşimin dışında çalışması beklenmektedir. Bu durum, enerjiyi en verimli şekilde kullanma gereksinimine yol açar. Sensörler ve sensör platformları, sensör kaynaklarını etkin ve verimli bir şekilde kullanmak için yönetilmelidir. Kendi kendini organize eden, hataya dayanıklı, en uygun şekilde çalışan bir sensör yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Sensör kayıpları, sayıların yenilenmesi ve belirsizliği en uygun sensör sayısını bulmayı zorlaştırır. Üstelik bu optimizasyon, kaynak kısıtlamaları, dengesiz trafik, veri bolluğu, ağ dinamiği, enerji dengesi, çoklu trafik türleri, paket kritikliği gibi zorluklardan dolayı daha da zorlaşmaktadır. Bu nedenle, bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Bu bölümde kablosuz sensör ağlarındaki enerji tüketimi yöntemleri araştırılacaktır.

Mohamed Elshaikh ve ark. [22] “Kablosuz Sensör Ağları için Ichi Taguchi yöntemi ile enerji tüketimi optimizasyonu” üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada, kablosuz iletişim ağlarında bir baz istasyonu ile çalışan sensör kümesinde ağın ömrünü uzatmak için her veri iletim döneminde sınırlı sayıda sensörün aktif olacağı bir algoritma önerilmektedir. Bu amaçla Shannon bilgi teorisinin sensör ömrü ve kapsamı üzerindeki etkileri araştırılmış ve enerji tasarrufuna entropi uygulanmış ve maksimum entropi ve minimum çalışma sensörü sayısı sağlayarak hizmet kalitesini arttırmak için en uygun değerleri bulmak amacıyla simülasyonlar yapılmıştır. Her bölgeden bilgi sağlamak için alan kapılardan ayrılır ve her çalışma adımında bir ızgara başına bir sensör hedeflenir. Her bir şebekedeki aktif sensörlerin sayısının toplam aktif sensör sayısına bölünmesiyle bir olasılık hesaplanır ve bu olasılıklar kullanılarak toplam entropi bulunur. Amaç, her ızgarada bir sensörün etkinleştirilmesidir. Bu optimizasyon ayrıca, baz tarafından diğer sensörlere iletilen ve ağ ömrünü uzatmak için, çalışma

sensörlerinin sayısının en aza indirilmesine ve aynı zamanda homojen kapsama alanının yukarıda tanımlanan maksimum entropi ile sağlanmasına olanak sağlayan eğik bir olasılık kullanır. Entropi, sensör enerjisinin düzenli olarak harcanması için kullanılmış ve düzenli enerji harcaması sağlanmıştır. Elde edilen kapsama alanı ve şebeke ömrü aşağıdaki kriterlere dayanmaktadır: Çalışma sensörlerinin sayısı mümkün olduğunca azaltılmıştır ve entropi mümkün olan maksimum entropi değerine yakın tutulmaktadır [22].

2.2. WSN Topolojileri

İletişim sistemlerinde, WSN yapısı çeşitli topolojilerde analiz edilebilir: Yıldız Topolojisi, Ağaç Topolojisi ve Mesh Topolojisi [23]. Ağ topolojileri Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Ağ topolojileri.

2.2.1. Yıldız Topolojisi

Yıldız topolojisi, her bir terminalin bir anahtar veya hub adı verilen merkezi bir konektöre doğrudan bağlantısının sonucudur. Veriler hedef adrese gitmek için anahtardan veya hub'dan geçer. Anahtar veya hub ağın tüm işlevlerini yönetir ve

kontrol eder. Ayrıca ağda bir sinyal tekrarlayıcı gibi çalışırlar. Yıldız topolojisinin avantajlarından biri de yeni istasyonların eklenmesi kolay olmasıdır. Yönetim ve hata tespiti basittir ve hızlı bir şekilde yapılabilir. Farklı kablolama yöntemleri ile uyumludur. Herhangi bir istasyonda bir arıza meydana gelirse veya yeni bir birim eklenirse, tüm ağ etkilenmez. Bununla birlikte, diğer topolojilere kıyasla, daha fazla kablo gerektirir [24].

2.2.2. Ağaç Topolojisi

Ağaç topolojisinin diğer adı basamaklı yıldız topolojisidir. Ağaç topolojisinde, tüm düğümler daha yüksek ağ düğümlerine bağlanır. Kolay ağ genişletme ve kolay zaman hata tespiti aynı zamanda ağaç topolojisinin en büyük avantajlarıdır. Büyük bus hattı sistemin dezavantajıdır çünkü hat koparsa tüm sistem çökebilir [24].

2.2.3. Mesh Topolojisi

Radyo iletim aralığında, mesh topolojileri bir düğümden diğerine veri iletimi sağlar. Bu tür ağdaki tüm istasyonların uçtan uca bağlantılar ile diğer istasyonlara bağlandığı topoloji türüdür. Her istasyon bağımsız olarak diğerleriyle uçtan uca bağlantı kurduğundan, birden fazla bağlantı yapılır, böylece bir bağlantı arızası durumunda, sinyalin hedefine ulaşabilmesi için diğer bağlantıların kullanılması en önemli avantajdır. Ağda birkaç düğüm varsa ve ortam boyutu çok küçükse, görünen bağlantı miktarı çok fazladır ve bu durumda ağ hızını yavaşlatmak dezavantajı ortaya çıkmaktadır [24].

2.3. Sensör Ağlarının Kullanımı ve İletişim

Kablosuz sensör ağları, küçük ve büyük olabilen sensör düğümleri adı verilen küçük cihazlardan oluşan bir bileşimdir. Bu yüzden, kablosuz sensör ağının yapısı, sensör düğümlerine dayanmaktadır. Yani, sensör ağının tüm operasyonu düğümlerin sensörüne bağlıdır. Bu düğümler boyut olarak değişir ve tamamen farklıdır çünkü farklı boyutlardaki sensör düğümleri farklı alanlarda verimli çalışır. Kablosuz sensör ağındaki tipik olarak tasarlanmış düğümler, kontrolörü izleyen bir mikro denetleyiciye sahiptir. Radyo dalgaları, farklı tipte kablosuz iletişim cihazları ve ayrıca bir pil gibi

bir enerji hazırlama kaynağı için bir radyo alıcısından oluşur. Farklı boyutlardaki sensörlerle aynı şekilde işlenen tüm ağ ve üzerinde çalışan çoklu yönlendirme algoritmaları da kablosuz ad hoc ağları olarak adlandırılır [25].

Sensörler ağ teknolojileri, donanım tasarımı, iletişim protokolleri ve uygulama tasarımı zorlukları görevlerini yerine getirmez. Sensör ağının ömrünü uzatmak ve akıllı veri toplama sistemleri oluşturmak bu zorluklardan ikisidir. Sensör ağlarının topolojisi sık sık değişir. Sensörler, yayının iletişim paradigmasını, uçtan uca iletişime dayanan ağlarda kullanır. Sensörler çok sınırlı güce, hesaplama yeteneğine ve belleğe sahiptir. Sensörler bozulmaya eğilimlidir. Sensörler aşırı yük nedeniyle genel tanımlama (ID) yapamayabilir. Sensörler çok fazla sayıda yüklenir, bu nedenle kalabalıktan kaynaklanan tıkanmalar ve çarpışmalar olabilir. Birbirine yakın sensörler, bunu önlemek için eşzamanlı olarak iletişim kurmamalıdır. Ad-hoc gömülü sistem, düğümlerin dağıtımını ve bağlantısını (bağlantı) sonuçlandırır. Dinamik ortam koşulları, sistem bağlantı ve sistem uyarımını adapte etmek için zaman gerekir [26].

Ucuz, küçük boyutlu sensörleri kullanarak, sensör ağları binlerce sensör düğümü içerebilir. Ölçeklenebilirlik ve bu yüksek sayıda sensörü yönetmek önemli bir sorundur. Kümeleme, bu tarama çözümlerinden biridir. Küme içinde, bir kümeyi oluşturmak için komşu düğümler birleştirilir ve bu kümeyi yönetmek için bir küme başı seçilir [27].

Çoğu uygulamada, sensör düğümleri çok uzağa monte edilir. Bu nedenle, düğümlerin sürdürülmesinin zor olduğu durumlar vardır. Düğümün ömrü, üzerindeki pilin ömrü ile belirlenir, böylece bataryanın en az enerji tüketimi ile en verimli şekilde kullanılması gerekir. Çok sayıda sensör pilini doldurmak pahalı ve zaman alıcı bir iş olabilmektedir [28].

Sayırsız algılama düğüm ağları bilgi ile şişer. Bu problemi çözmek için, bazı düğümler verileri derleyebilir ve ortalama, toplam, maksimum, vb. gibi bazı hesaplamalar yaparak özetleri yayınlatabilirler. Ağın, çok sayıda düğümün olduğu ve erişimin zor olduğu gibi durumlarda kendini organize edebilmesi zorunludur. Ağ ömrü boyunca düğümler çökebilir, yeni düğümler ağa katılabilir. Bu nedenle, ağ düzenli aralıklarla kendini yeniden konfigüre edebilmelidir ki çalışmaya devam edebilsin. Tüm ağ

bağlantısını, tek tek düğümleri ayırmak veya bağlamak gibi durumlarda korumak da önemlidir [29].

2.4. WSN Türleri

Yerine göre, kablosuz ağ sensörleri, yeraltı, sualtı gibi farklı kategorilerde incelenebilir. Beş farklı türde kablosuz ağ sensörü vardır: Karasal, Yeraltı, Sualtı, Multimedya ve Mobil [28].

2.4.1. Karasal WSN

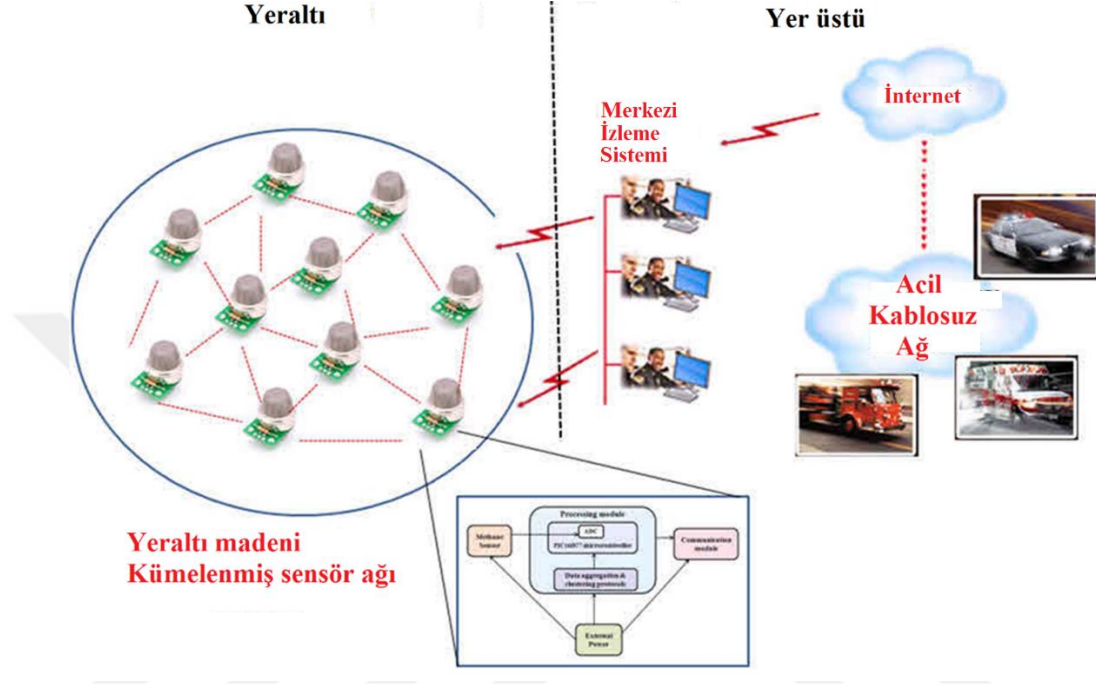
Yirminci yüzyılın sonlarına doğru, kazıklarla çalışan basit, küçük cihazlardan oluşan Karasal Kablosuz Sensör Ağları, araştırmacılar için popüler hale geldi ve ad hoc ağ oluşturma, yangın algılama, askeri uygulamalar ve deprem tahmini amaçları için kolayca seçildi. Tüm bu uygulama alanlarında temel amaç çevresel verileri toplamak ve bu verilerin en verimli şekilde bir merkeze iletilmesini sağlamaktır. Bu amaçla, hatırlanması gereken sensör aygıtları kazık çakma ile yapılan ve basit bir operatöre sahip olan aygıtlardır. Bu nedenle, ilk önce sensör ağları için geliştirilecek protokollerin tasarımında enerji tüketimi ve düğümden düğüme mesajlaşmanın sadeliği düşünülmelidir [30].

Bu kablosuz sensör ağında, pilin gücü sınırlıdır. Bununla birlikte, ana pil ile ilaveten ikincil güç kaynakları olarak güneş pilleri kullanılmaktadır. Bu kablosuz sensör ağları, enerji tasarrufu, düşük devirli işlem, minimum gecikme azaltma ve optimum yönlendirme faydalarına sahiptir [31].

2.4.2. Yeraltı WSN

Karasal kablosuz sensör ağları, kurulum, bakım ve ekipman maliyetlerinin ayrıntıları açısından, yeraltı ve kablosuz sensör ağlarından daha ucuzdur. Kablosuz sensör ağları, yeraltı durumlarını gözlemek yer altına yerleştirilen bir dizi sensör düğümünde bulunur. Sensör düğümlerinden ana istasyona bilgi iletmek için ilave yer düğümleri vardır. Bir yere yerleştirilen yeraltı kablosuz sensör ağlarını yeniden şarj etmek zordur. Sensör pilinin şarj edilmesi kolay değildir. Ayrıca, yeraltı ortamı, yüksek zayıflama ve

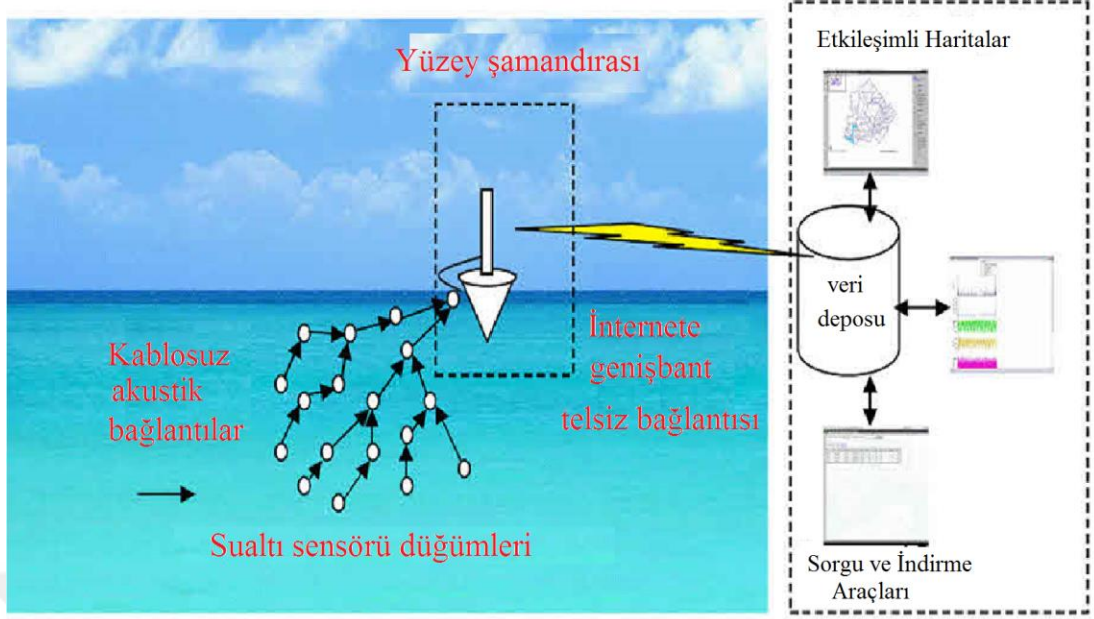
sinyalin kaybı nedeniyle kablosuz iletişimin zorlaşmasına neden olmaktadır [31] resmi Şekil 2.2.'de [32] gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Yeraltı WSN.

2.4.3. Sualtı WSN

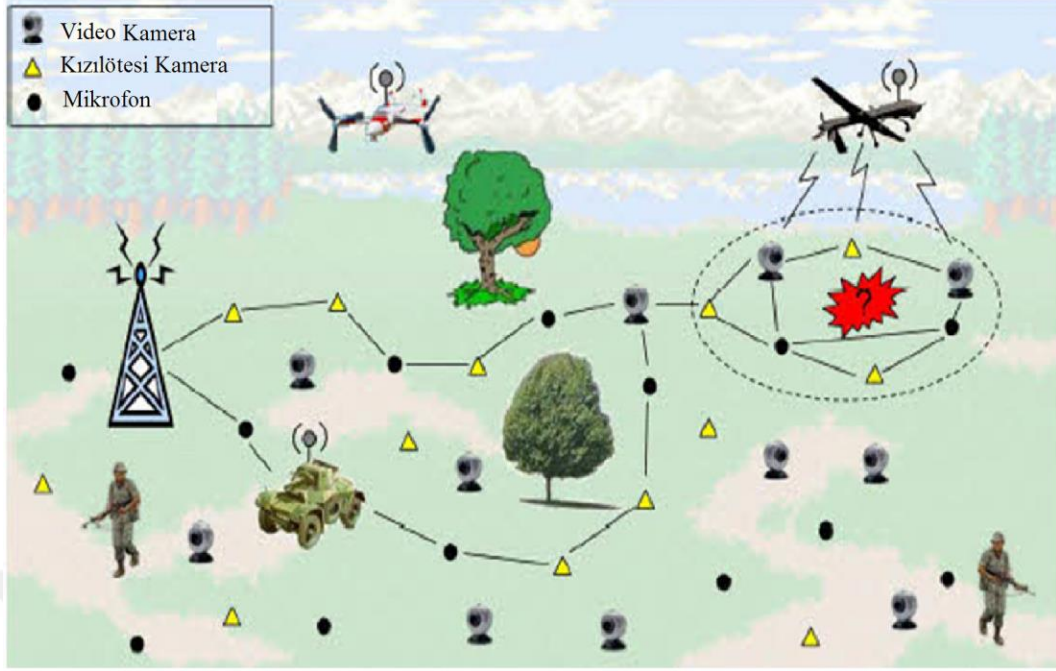
Deniz / okyanus dibinde bulunan arayıcılar, sismik hareketleri gözlemleme, deniz suyu kirliliğini ölçme, sualtı mayınlarını araştırma, sualtı ve su üstü cihazları ve araçları izleme gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamaları etkinleştirmek için cihazların su altında iletişim kurması gerekir. İki veya üç boyutlu su altı ağlarını kurarak dağıtılmış ve ölçeklenebilir kablosuz sensörlerle çevresel olayları yerel olarak gözlemlemek mümkündür. Bu durumlarda, sensörler genellikle bir platform üzerine sabitlenir ve su altına yerleştirilir. Sualtı sensörleri daha pahalıdır. Sualtı sensörleri, uygulama alanına karasal sensörlerden daha az yerleştirilir. Sualtı ağlarında mekansal iletişim, sensörler arasındaki mesafelerden dolayı zayıftır [31] resmi Şekil 2.3.'de [31] gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Sualtı WSN

2.4.4. Multimedya WSN

Multimedya kablosuz sensör ağları, her düğümün birden çok veri türünü toplayabildiği ve bu verileri daha karmaşık karar verme işlemlerini mümkün kılmak için işleyebildiği, diğerlerinden daha gelişmiş sensör düğümlerinden oluşan bir kablosuz sensör ağı türüdür. Özellikle askeri izleme uygulamalarında, multimedya kablosuz sensör ağlarına erişim, uzak ve tehlikeli alanlara girmek genellikle zordur. Multimedya sensörü düğümlerinin pillerini değiştirmek çok zor ve çoğu zaman imkansızdır çünkü bir uçak yardımıyla yerleştirilmektedir. Bu nedenle, multimedya kablosuz sensör ağları, temel veri toplama, aktarma ve işleme görevlerini enerji verimli bir şekilde gerçekleştirerek ağ ömrünü uzatmak zorundadır. Genel olarak, sensör düğümleri Multimedya kablosuz sensör ağlarında, sensörler enerji tüketimini azaltmak için kendilerini gruplara ayırır. Bu gruplama sürecinin amacı, her grupta bir grup lideri olarak bir sensör seçmek ve seçilen grup lideri aracılığıyla veri toplamak ve aktarmaktır. Sınırlı güç kaynakları olan sensörlerden oluşan multimedya kablosuz sensör ağları, ağlarda toplanan verileri toplamak için enerji verimli bir şekilde çalışır [31] resmi Şekil 2.4.'de [31] gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Multimedya WSN

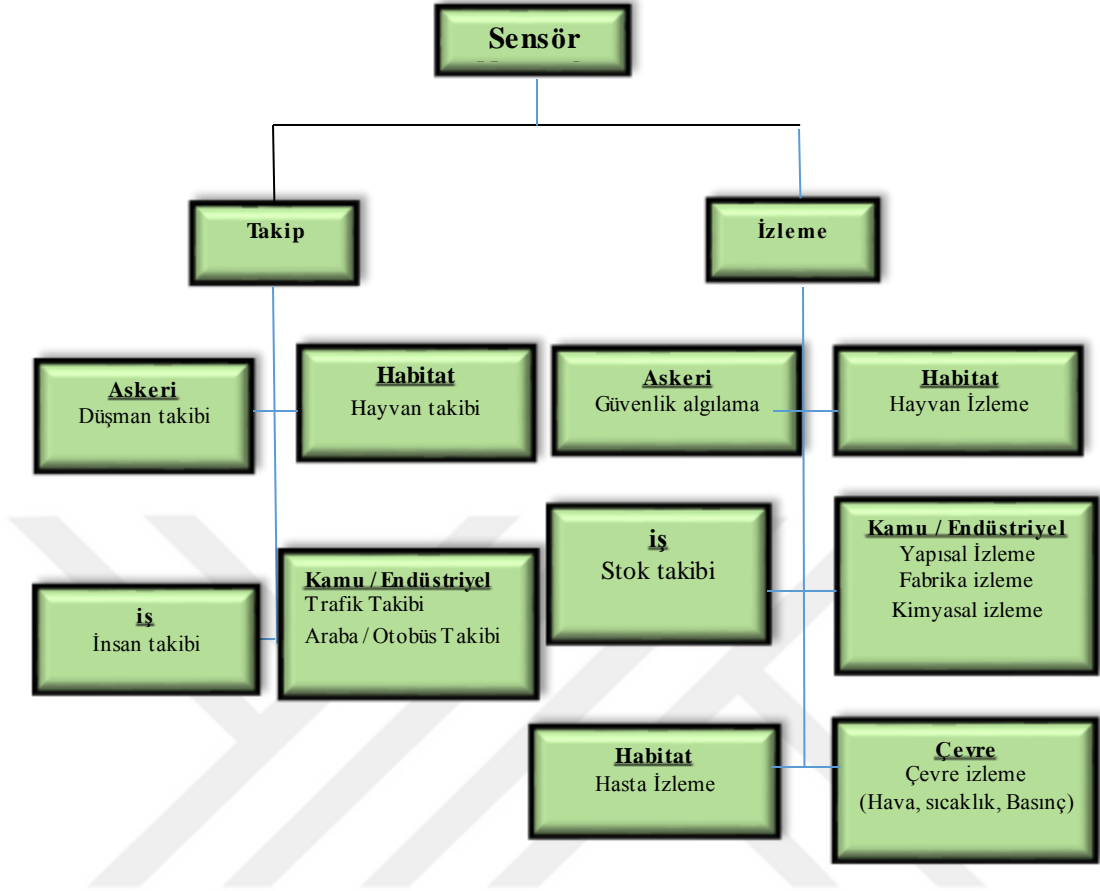
2.4.5. Mobil WSN

Bu ağlar, fiziksel çevre ile etkileşime girebilen ve kendi başlarına hareket edebilen bir dizi sensör düğümünde bulunur. Mobil düğümler anlam hesaplayabilir ve iletebilir.

Mobil kablosuz sensör ağları, statik sensör ağlarından çok daha çeşitlidir. Üstün kanal kapasitesi, daha iyi ve gelişmiş kapsama alanı, daha iyi enerji verimliliği ile mobil kablosuz ağ sensörleri statik olanlardan daha avantajlıdır [31].

2.5. Kablosuz Ağ Sensörleri Uygulamaları

Sensör ağları, sivil ve askeri uygulamalar için bilgi toplanması, bilgi işleme ve çeşitli ortamların izlenmesini sağlar. Sensör ağlarını uygulamalarına göre aşağıda gösterildiği gibi izleme ve takip olarak iki kategoride inceleyebiliriz. Ayrıca, takip sensörleri, düşman, hayvanlar, insan, trafik ve arabalar gibi farklı şeyleri takip edebilir. İzleme sensörleri yardımıyla, askeriye güvenlik tespiti sağlanmaktadır. Hastanelerde hasta izlemesi için de kullanılır. Çevresel olarak ise kamu/endüstri alanlarındaki izleme sensörleri kullanılabilir. resmi Şekil 2.5.'de [33] gösterilmiştir



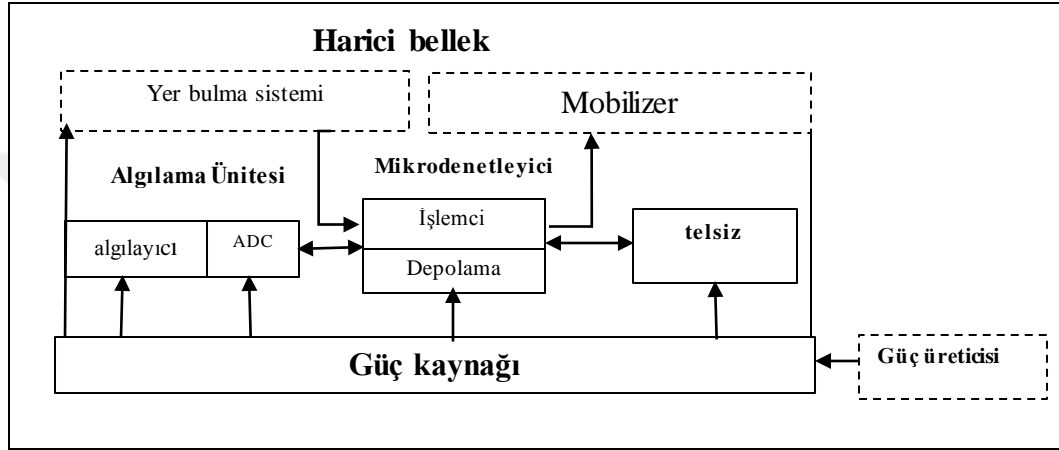
Şekil 2.5. Sensör uygulamalarına genel bakış.

Askeri uygulamalara örnek olarak, keskin nişancı tespit sistemi gösterilebilir. Bu sistem bir dizi mikrofondan oluşur. Bir araca kurulabilir veya asker tarafından giyilebilir. Gelen atışları tespit etmek için mikrofonlar kullanılır. Algılanan sinyallere göre, sistem atıcının pozisyonunu tahmin etmeye çalışır. Ya da sağlık sektöründe, görme engelli insanlar için kronik olarak implante edilmiş bir yapay retina yaratmak amacıyla kablosuz sensör ağları kullanılmaktadır [43].

Sensörler kolayca kurulur çünkü altyapıya veya insan müdahalesine ihtiyaçları yoktur. Ortamdaki eylemleri algılayarak, hesaplayarak ve ileterek görevleri yerine getirirler. Kendilerini organize etmek (kendi kendini organize etmek) ve farklı uygulamaları desteklemek için uyarlanabilirler [35].

2.5.1. Sensör Dügümleri

Bir sensör düğümü, kablosuz sensör ağlarında kullanılan bir düğümdür ve ağdaki hesaplama, algısal bilgi toplama ve diğer bağlı düğümlerle iletişim kurma yeteneğine sahiptir. Tipik sensör düğüm yapısı aşağıdaki şekilde görülebilir [19] resmi Şekil 2.6.'de [20] gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Sensör düğüm yapısı.

2.5.2. Sensör Dügümlerinin Bileşenleri

Mikrokontrolör, alıcı-verici, harici bellek, güç kaynağı, sensör düğümlerinin ana bileşenleridir.

2.5.3. Mikrokontrolör

Bir bilgisayara dahil edilmesi gereken temel bileşenler, bir çipte mikroişlemci olarak üretilen I/O birimi olarak RAM'dir. Mikrokontrolör görevleri gerçekleştirir, verileri işler ve sensör düğümündeki diğer bileşenlerin işlevlerini kontrol eder. Kontrolör olarak kullanılacak diğer seçenekler arasında, genel amaçlı bir masaüstü mikroişlemcisi, alan programlanabilir geçit dizilimi (FPGA'lar), dijital sinyal işlemcileri ve farklı dahili devrelerinin çalışması yer alır. Sensör düğümleri için mikrokontrolörler tercih edilir. Her seçenek kendi avantaj ve dezavantajlarına sahiptir. Diğer cihazlara bağlanabilirlik esneklikleri, programlanabilirlikleri, uyku moduna

girme kabiliyeti ve kontrol ünitesinin aktif kısmı nedeniyle düşük enerji tüketimi nedeniyle, Mikrokontrolörler gömülü sistemler için de en iyi seçimdir. Genel amaçlı mikroişlemciler mikrokontrolörlere göre daha fazla enerji tüketir. Geniş bantlı kablosuz iletişim için dijital sinyal işlemcileri uygundur. Kablosuz sensör ağlarında kablosuz iletişimin basit olması gerekir. Modülasyon işlemek için daha kolaydır ve temel veri işleme, birleştirilmesi gereken sinyal işleme görevlerinden daha azdır. Sonuç olarak, dijital sinyal işlemcilerinin üstünlükleri kablosuz sensör ağlarına engel değildir. FPGA'lar yeniden programlanabilir ve ihtiyaçlara göre yapılandırılabilir. Ancak, zaman ve enerji tüketimine neden olur, bu nedenle FPGA'lar önerilmemektedir [19].

2.5.4. Alıcı-Verici

Sensör düğümü, Endüstriyel Bilimsel Tıp bandını kullanır. Banttan dolayı, radyo yayını geniş bant ve global uygunluk ile sağlanır. Kablosuz iletim ortamında bir seçim, radyo frekansı, lazer (optik iletişim) ve kızılötesini içerir. Lazer çok fazla enerji gerektirmez. Bununla birlikte, iletişim için bir görüş alanı gerektirir. Ayrıca, lazer için atmosferik koşullar çok önemlidir. Kızılötesi lazer, tıpkı bir lazer gibi antene ihtiyaç duymaz. Ancak kızılötesi lazer emisyon kapasitesiyle sınırlıdır. En uygun iletişim şekli neredeyse her WSN sistemi için Radyo frekansdır (RF). WSN iletişimini kullanırken, frekans 433 MHz ve 2,4 GHz arasında olmalıdır. Alıcı-verici, bir verici ve alıcıyı bir cihazda birleştiren bir cihazdır. Alıcıların tek bir tanımlayıcısı yoktur. Dört operasyonel durum vardır: iletme, alma, boşta kalma ve uyku. Günümüzde radyolar bu işlemi gömülü durumdaki makinelerle otomatik olarak halledebilir. Alıcı vericideki radyolar yukarıda belirtilen 4 farklı şekilde gerçekleştirilir. Bekleme modunda çalışan alıcıvericilerin güç tüketimi neredeyse alım modunda enerji tüketimine eşittir. Bu nedenle, alma veya iletme, kapatmak yerine boş modda çalışmayan telsizleri kapatmaktan daha iyidir. Ayrıca, paket iletimi için, uyku modundan iletim moduna geçerken farklı enerji miktarları azalır [19].

2.5.5. Harici Bellek

Enerji açısından, en uygun bellek türleri mikrokontrolöre çipte bellek ve flash belleklerdir. Çip olmayan RAM nadiren veya hiç yönetilmez. Flash bellek, fiyat ve

depolama kapasitesi nedeniyle kullanılır. Bellek ihtiyaçları uygulamadan bağımsız değildir. Depolama türüne bağlı olarak, iki farklı bellek kategorisinden söz edilebilir: uygulama veya kişisel bilgilerle ilgili olarak saklamak için kullanıcı belleği gerekir ve varsa cihazı programlamak için gereken program belleği, cihazın tanımlayıcı verilerini içerebilir [19].

2.5.6. Güç Kaynağı

Haberleşme açısından, sensör düğümündeki veri tüketimini ve sensör enerji tüketimi değişmektedir. Veri iletişimde enerji tüketimi, sensör düğümündekinden daha fazla olacaktır. Ancak algılama ve veri işleme daha az enerji gerektirir. 1 kilobaytlık bir veriyi 100 metrelik bir mesafeye iletmek için gereken enerji, bir saniyede yaklaşık 100 milyon komut işleyen bir işlemci üzerinde 3 milyon talimatı işlemek için gereken enerjiye eşdeğerdir. Piller ve kapasitörler enerjiden tasarruf sağlar. PİL, sensör düğümünün enerji ihtiyacının birincil kaynağıdır. Kablosuz sensör ağlarında iki tip pil vardır. Bunlar şarj edilebilir ve şarj edilemeyen pillerdir [36]. Bunları pilin içeriğine göre sınıflandırabiliriz. Genel olarak, bu elektromekanik malzemelerde NiCd - Nikel Kadmiyum, NiZn - Nikel Çinko, NiMH - Nikel Metal Hidrit, Lityum - İyon kullanılır. Günümüzde, araştırmacılar sensörleri geliştirmek için bir yol bulmuştur. Bu sensörler güneş enerjisi, ısı enerjisi, titreşim enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaktadır. Dinamik Güç Yönetimi (DPM) ve Dinamik Voltaj Ölçekleme (DVS) [19], güç korumanın en önemli iki yöntemidir. Dinamik Güç Yönetimi, kullanılmayan veya inaktif bölümleri kapatma görevini yerine getirir; Dinamik Voltaj Ölçekleme yaklaşımı, iş yüküne bağlı olarak güç seviyeleri arasında geçiş yaparak çalışır. Enerji tüketiminde karesel indirgemeyi sağlamak için voltajı frekansla değiştirmek mümkündür [19, 36].

2.6. Kablosuz Sensör Ağlarının Ömrü

Etkin bir iletişim protokolü tasarlarken, ağda en iyi kullanım ömrüne sahip olmak önemlidir. Bununla birlikte, her uygulama için en iyi kullanım ömrünü tanımlayamayız. Bu yüzden her uygulama için farklı seçenekler önerilmelidir. Kablosuz sensör ağındaki enerji tüketiminin potansiyel olarak kaydedilebilmesi önemli bir kriterdir. Düğümlerdeki enerji tasarrufu için de farklı yöntemler vardır.

Bunlar genellikle potansiyele ve gerekli uygulamaya bağlıdır. Enerjiyi haberleşmeye göre saklamann çeşitli yolları vardır. Bununla birlikte, aynı zamanda, hesaplama, algılama veya hareket ederken enerji tüketimini azaltabiliriz. Enerji tüketimini azaltmak için birkaç teknikten söz edilebilir:

Sensörler enerji tasarrufu için iletim gücünü ayarlayabilir. Verici ve alıcı arasındaki aralık maksimum iletim aralığından daha küçük olduğunda, verici düğümleri enerji tüketimini azaltır.

$$J(r) = r^\alpha + c \quad (2.1)$$

J : Enerji tüketim işlevi

r : İletim aralığı

İletişim sırasında enerji tüketimini azaltmanın en basit yolu, bir mesajı hedefe yönlendirmek için atlama sayısını azaltmak veya yayın yaparken iletilmekte olan düğümün yüzdesini azaltmaktır.

Enerji tüketimini azaltmak için telsizlerini kapatabilen farklı tipte sensörler vardır. Düğümler uyku modu için programlanabilir. Böylece, diğerleri iletişim görevleri ve algılama için aktif kalabilir. Böyle bir yöntem düğümlerde enerji tasarrufu sağlayacak ve daha iyi bir ağ ömrüne yol açacaktır.

Gerekli ekipmanla yönlendirilen emisyonlar da dikkate alınabilir. Bu, düğümlerin emisyon açılarını seçebileceği anlamına gelir. Bu durum daha az güç tüketimine neden olabilir ve iletim sırasında oluşabilecek parazitlerden kaçınabilir [21, 38].

2.7. Kablosuz Teknolojinin Gelişim Süreci

19. yüzyılda Faraday, Maxwell, Hertz ve diğer birçok bilim insanının öncü çalışmaları ve Marconi'nin kablosuz telgraf sistemi ile kablosuz veri iletişim teknolojisi hızla gelişmeye başlamıştır. 1920'lerde, taşınabilir radyolarla devam eden süreç mobil radyolara ulaştı. Radyo teknolojisi II. Dünya Savaşı'nda kullanılan radyo, televizyon yayınları ve yedek radyolar ile gelişmeye devam etti. 1940'larda hücre teknolojisi

geliştirildi ve radyo frekansı servis alanları, paraziti azaltmak ve kapasiteyi artırmak için hücelere ayrıldı. Bu gelişme, günümüzde geniş alan sesli iletişim ve yerel kablosuz ağlar için kullandığımız iletişimin temelidir. 1957'de, ilk uydular dünya yörüngesine gönderildi ve uydular iletişim teknolojilerinde aktif bir rol oynamaya başladı. 1969'da Federal İletişim Komisyonu kuruldu ve radyo frekans spektrumu cep telefonlarına tahsis edildi. 1970'lerde POCSAG (Postane Kodu Standardizasyon Danışmanlığı) sayısal çağrı kodu standartlaştırılmış ve AT & T hücre sistemini kullanarak ilk cep telefonu servisini sağlamıştır. 1987'de FCC, 800 MHz hücre spektrumunda yeni teknolojilerin kullanılmasına izin verdi. Bununla birlikte, ilk Dijital Hücre Yayını (CDMA) Amerika Birleşik Devletleri'nde test edildi. Dijital teknolojilerin benimsenmesiyle kısa sürede sesli ve yazılı mesajlaşma servisleri geliştirildi [39].

1990'larda Kablosuz Teknolojilerin kullanımındaki patlama ve bunun sonucunda İnternet teknolojilerinin patlaması, Amerika Birleşik Devletleri ve dünyada Kablosuz Ses Hizmetlerinin yaygın olarak kullanılmasına yol açmıştır. Kişisel kablosuz veri hizmetleri ile ilgili ise kısa mesaj servisi (SMS), kablosuz uygulama protokolü (WAP), ReFlex, Bluetooth, i-Mode ve 802.11 gibi uygulamalar geliştirilmiştir.

Günümüzün kablosuz teknolojileri, kullanıcılara geniş bir uygulama yelpazesi sunmaktadır. Sistem çıktıları sürekli olarak genişlemekte ve artan miktarlarda uygulama kullanımı desteklenmektedir.

Kablosuz yerel ağları 802.11 (WSN'ler) ve kişisel alan ağları (Bluetooth) gibi yerel bölge sistemleri, sabit alan sistemlerinin yanında, sınırlı kullanım alanı sunsalar da, Mbps seviyesinde veri iletişimine izin verir. Son olarak, geniş alanlı teknolojiler, geniş bir kullanım yelpazesi sunmasına rağmen, düşük bit oranlarına sahiptir [22, 40].

2.8. Ön İşleme

Kümeleme tabanlı yaklaşım, ağaç tabanlı yaklaşım, merkezi yaklaşım, ağ içi toplanma vb. gibi çeşitli veri toplama yöntemleri vardır [1].

Bir çalışmada, düğümlerdeki enerji tüketimi dengeleme şemalarını analiz etmişler ve ağ ömrü süresinin, ilk sensör düğümünün bitmesi anı, ağ ömrü ömrünün tanımlandığı varsayılırsa, eşit olarak veri trafiği yükünü dengeleyerek ağ ömrünün iyileştirilmesini garanti eden sistem önermişlerdir [2]. Ayrıca sensör ağının ömrünü uzatmak için enerji dengeleme stratejileri üzerinde çalışmışlardır. Yük dengeleme tekniklerine bağlı olarak, ideal bir çözüm elde etmişler ve en kısa yol yönlendirme gibi diğer dağıtım teknikleriyle karşılaştırılan deneysel bir teknik kullanmışlardır [41].

Diğer bir çalışmada araştırmacılar, E3D adında (Enerji Verimli Dağıtılmış Dinamik Difüzyon dağıtım algoritması) yeni bir algoritma geliştirmişler ve diğer iki algoritma ile, yani rasgele kümeleme ve yönlendirilmiş iletişim algoritmasıyla bunu karşılaştırmışlardır [3]. Amaçlanan algoritma, enerji verimliliği analizi ve uygun sensör ağı ömrü ile kurulum maliyetinin kullanılması yoluyla geliştirilmiştir. Ayrıca, amaçlanan algoritmayı, optimum kümeleme ve optimum bir karşıt algoritma performansı ile karşılaştırmışlardır. Bu algoritma, astronomik engelleyici senkronizasyon maliyetlerinden yararlanmaktadır. Yeni algoritmanın karşılaştırılması, ağ sistemi ömrü, güç dağılımı, senkronizasyon maliyeti ve algoritma basitliği açısından yapılmıştır [42].

Verileri, düğüm sayısı ile doğru orantılı olarak aktarmak için gereken enerji miktarına bağlı olarak, Ağ üzerindeki enerji maliyetlerini dengelemek ve WSN'nin ömrünü uzatmak için gücü arttırmak, araştırmacıların önemli bir sorundur. Genel ölçekli serbest ağlarda bir WSN epidemik modelinin yüksek boyutları nedeniyle, ağın dinamiklerini incelemek oldukça zordur. Bu nedenle araştırmacılar, serbest ağa dayanan bir model geliştirmişler ve, WSN epidemik ölçeğini azaltmışlardır [4].

[5] nolu çalışmada araştırmacılar WSN'lerde ağ ömrünü artırmak için bir genel bakış sunmuşlardır. Veri aktarma rotası, yol boyunca kullanılan tüm enerjinin azaltıldığı bir şekilde seçilmiştir. Bu kümeleme kavramı için, şebekenin ömrünü uzatan ve iyileştiren sınırlı kaynaklarda enerji kullanımına yardımcı olmak için kümeyi kullanmışlardır.

[6] nolu çalışmada araştırmacılar, WSN'leri, sensör düğümleri için en büyük sorun olarak kısıtlı akü enerjisine sahip gelecek nesillerin ve yapıların algılama makinesi

olarak tanımlamışlardır. Bu noktadan hareketle enerjiyi WSN'lerde dağıtmak için, sensör düğümlerindeki veri aktarımının yükü uygun şekilde dengelenmelidir. Kümeleme algoritmaları, komutasyon yükünün dengelenmesi için önemli yöntemlerden biridir. Bazen kümelene algoritmaları, sensör ağıdaki diğer kümelere göre daha fazla düğüm üyesi olan kümelere neden olabilir ve kümelene melerin boyutunun dengesizliği, WSN'lerde olumsuz yük dengelemesine yol açabilir. Önerilen yaklaşım, kümelene melerin oluşturulmasında yük dengelemesini sağlamak için küme algoritmasını geliştirmektedir. Kablosuz sensör ağlarının etkinliği, sensör istasyonlarının baz istasyonu ile toplam veri miktarı arasındaki toplam mesafe ile ölçülür. Oluşturma kümesi ve küme düğümleri için tamamen sorumlu olan küme başıdır ve kümenin performansını etkileyebilir. Alt alanlar ve alanlar için ana düğüm ve alternatif ana düğümü seçen küme algoritması oluşturulmuştur. Ana düğümü belirlemek için bölge ayrılmış ve bu merkez nokta ana düğümü tarafından bölgenin orta noktası belirlenmiştir. Her bir bölünmüş alan için, gerekirse bölünmüş bölümlerdeki ana düğüm ve düğümlere bağlı olarak bir kez daha bölümlere ayrılmıştır.

[7] nolu çalışmada Güvenilir ağ yönlendirmesine (GBRR) dayalı yeni bir teknik geliştirilmiştir. [8] 'de elde edilen sonuç üzerine paketlerin sensör düğümleri tarafından iletilmesi gereken zaman dilimlerini düzenleyen, optimal bir zamanlama algoritması geliştirilmiştir. Zamanlama yöntemi, tüm paketlerin belirli bir zaman dilimi içerisinde gönderilmesini garanti eder ve böylece gecikme kısıtlamaları karşılanır ve her bir düğüm için aynı paket kaybı olasılığı sağlanmış olur.

[9] nolu çalışmada araştırmacılar uyku modu planlamasını kullanan yeni bir strateji sunmuşlardır. Bu strateji eski moda sensör düğümleri ile kablosuz sensör ağları için tasarlanmıştır. Bu stratejide, sensör ağının ömrünü uzatmak için alternatif olarak çalışacak çoklu örtüşme omurgaları oluşturulmuştur. Trafik, yalnızca sensör düğümlerini destekleyerek geliştirilmiş ve diğer tüm kalan düğüm radyoları, pil enerjisinden tasarruf etmek için kapanmıştır. Dönen çoklu omurgalar, kullanılan enerjinin tüm sensör düğümlerinde dengelendiğini, enerjinin tamamen tükendiğini ve mevcut diğer tekniklere kıyasla daha uzun bir ağ ömrünün elde edildiğini garanti etmektedir.

[10] nolu çalışmada yerel değiştirme ve sanal zamanlama grafiği tabanlı algoritmalarını bir araya getirerek sanal programlama omurga tekniği performansı sunulmuş, böylece birleşik algoritma sanal zamanlama omurga değiştirme algoritması tekniği olarak adlandırılmıştır. Pil enerjisine göre düğümün yenilenmesi, sensör ağı ömrünün iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Feng Luo ve ark. [1] Sistem Uzun Ömürlü Sistemini sistem ömrünün tamamında sağlarken, Sistem Ömrünü % 35'ten fazla genişletmek için Kümülatif Enerji Tüketimine (SECHC) dayanan Segment Senkronizasyonu Kümelenmesi adı verilen bir kümeleme algoritması önermiştir. Makalenin geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: Feng Luo ve ark. [1] düğüm kümeleme algoritmalarının ilgili çalışmalarını sunarlar. Daha sonra Feng Luo ve ark. [1] enerji tüketimini ayrıntılı olarak analiz eder ve bir düğüm bir küme başı (CH) olduğunda her zaman tüketilen enerjiye dayalı yeni bir kümeleme algoritması önerirler. Feng Luo ve ark. [1] simülasyon deneylerini yürütür ve önerilen algoritmanın performansını değerlendirir.

2.9. Ağ Modeli

Feng Luo ve ark. [23], WSN'de veri yakınsama sürecinde enerji tüketimine odaklanmaktadır. Kablosuz kanal enerji tüketimi modeli Denk. (2.2) ve (2.3) de gösterilmektedir.

$$E_{Tx}(l, d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\epsilon_{fs}d^2 & d < d_0 \\ lE_{elec} + l\epsilon_{mp}d^4 & d_0 < d \end{cases} \quad (2.2)$$

$$lE_{elec} = E_{Rx}(l) \quad (2.3)$$

Burada E_{elec} , verici veya alıcı devresini çalıştırmak için yayılan enerjidir. ϵ_{fs} ve ϵ_{mp} , sırasıyla farklı mesafe seviyesine sahip iletim amplifikatörünün dağıttığı enerjidir. l mesajın uzunluğu, d iletim mesafesidir.

S. Lindsey ve ark. LEACH için PEGASIS adı verilen bir algoritma önermişlerdir [4]. Yazarlar, bir düğümde, devreleri bir mesafe içinde almak veya göndermek için harcanan enerjinin, yükseltici devreler tarafından tüketilen enerjiden daha yüksek

olduğuna dikkat çekmektedir. Sensör düğümünün enerji tüketimini azaltmak için PEGASIS, sistemdeki tüm sensör düğümlerini bir zincire dönüştüren GREED algoritmasını kullanmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre, PEGASIS'in performansı özellikle sensör ağı ve hub düğümü arasındaki mesafe çok büyük olduğunda LEACH'den daha iyidir.

2.10. LEACH Protokolü Enerji Tüketim Analizi

Düğüm için birçok iletişim modeli vardır. Bu modelde, düğümlerin enerji tüketimi Tablo 2.1.'de gösterildiği gibi rollerine göre iki kısma ayrılabilir ve burada NN normal düğümdür. Tüm enerji tüketiminin hesapladığı Tablo 2.2.'deki enerji tüketiminin yüzdesini istatistiksel olarak değerlendirmek için simülasyon deneyleri yapılmıştır. Referans ağı 100 x 100 metrelik bir alanda rastgele dağıtılmış 100 düğümden oluşmaktadır. BS (50, 175) 'de yerleştirilmiştir. Şekil 2.1.'den anlaşılacağı gibi, CH enerji tüketimi, erken bitmiş düğümler söz konusu olduğunda, toplam enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır [44].

Şekil 2.7.'den, "BS maliyetinde CH" ve "CH alım maliyeti"nin enerji tüketimi CH düğümleri olarak hareket ettiğinde ana enerji tüketimi açıkça görülmektedir. Düğümlerin kalan enerjisi arttıkça maliyetler azalmaktadır. Diğer iki enerji tüketimi ihmal edilebilir. Sonuç olarak, düğümlerin enerji tüketiminin asimetrisinin iki ana nedeni vardır: bunlardan biri, düğümler ve BS arasındaki iletişimin enerji tüketimi, diğeri ise küme başının küme üyelerinden veriyi almak için harcanan enerji tüketimidir. Denklem 2.2 ve 2.3'e göre, eski enerji tüketimi BS ile düğüm arasındaki mesafe ile ilgilidir ve ikinci enerji tüketimi aynı CH kümesine ait düğüm sayısına bağlıdır.

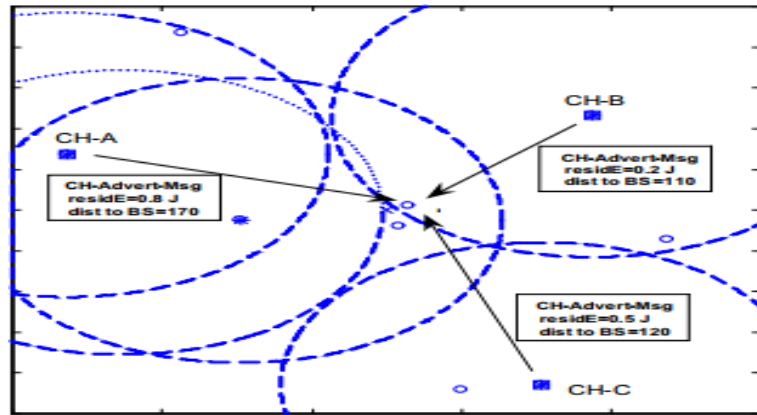
Nauman ve ark [23], çok kriterli optimizasyon yöntemine dayanan enerji verimli kümelerin oluşumu için yeni bir algoritma sunmuşlardır. Bu yöntem, küme başlığının giriş olarak yerleştirilmesi sırasında birkaç ayrı göstergeyi kullanabilmekteyken, ayrı ayrı sensör düğümlerinin enerji verimliliğini ve genel sistemi optimize etmektedir. Önerilen yöntem, her düğümün kendi kararını verdiği dağıtılmış bir protokol olarak uygulanmasıdır. Nauman ve ark. [23] yöntemlerinin simülasyon sonuçları ile uygulanabilirliğini göstermiştir. Nauman ve ark. [23] önerilen yöntemin LEACH,

EECS ve HEED protokollerinden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Tablo 2.1., kümelenme çalışması ile bir karşılaştırmayı göstermektedir .resmi Şekil 2.7.'de [23] gösterilmiştir.

Tablo 2.1. *LEACH algoritmasındaki düğümlerin enerji tüketimi.*

CH Enerji Tüketimi	Yayın CH msg
	NN'den katılım mesajı
	NN'ye kabul mesajı gönderimi
NN Enerji Tüketimi	NN'den veri alımı
	CH'den mesaj alımı
	CH'ye katılım mesajı gönderimi
	CH'ye veri gönderilmesi

Nauman ve ark [23], çok kriterli optimizasyon yöntemine dayanan enerji verimli kümelerin oluşumu için yeni bir algoritma sunmuşlardır. Bu yöntem, küme başlığının giriş olarak yerleştirilmesi sırasında birkaç ayrı göstereyi kullanabilmekteyken, ayrı ayrı sensör düğümlerinin enerji verimliliğini ve genel sistemi optimize etmektedir. Önerilen yöntem, her düğümün kendi kararını verdiği dağıtılmış bir protokol olarak uygulanmasıdır. Nauman ve ark. [23] yöntemlerinin simülasyon sonuçları ile uygulanabilirliğini göstermiştir. Nauman ve ark. [23] önerilen yöntemin LEACH, EECS ve HEED protokollerinden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Tablo 2.2, kümelenme çalışması ile bir karşılaştırmayı göstermektedir .resmi Şekil 2.7.'de [23]gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Nauman ve ark. tarafından yapılan bir sensör düğümünde CH seçimine yönelik mevcut seçenekler örneği.

Tablo 2.2. Kümelenme özelliklerine göre ilgili çalışmanın karşılaştırılması.

Kümelenme Protokolleri	Kümelenme Yöntemleri	CH Seçimi	Topoloji	Küme Oluşumu	Küme Hedefi	Enerji Dağıtımı
LEACH	Dağıtılmış	Rasgele	Tek durak	En yakın CH	Enerji Muhafazası	Dengesiz
HEED	Dağıtılmış	Rasgele	Tek durak	En yakın CH	Enerji Muhafazası	Dengesiz
EECS	Dağıtılmış	Rasgele	Tek durak	Üç parametreye dayalı maliyet	Enerji Muhafazası	Bir şekilde dengeli
FLOC	Dağıtılmış	Rasgele	Tek durak	En yakın CH	Kendiliğinden iyileşme ve yakınsama	NA
DWEHC	Dağıtılmış	Rasgele	Çoklu durak	En yakın CH	Enerji Muhafazası	NA
MOECS	Dağıtılmış	Rasgele	Tek durak	Çoklu parametreler	Enerji Muhafazası	Dengeli

2.11. WSNS için Çoklu Duraklı Veri Toplama Protokolü

Kablosuz bir sensör ağındaki aktif noktalar, yoğun trafik yükü altındaki yerler olarak görünür. Bu alandaki düğüm noktaları hızla enerji kaynaklarını dağıtmakta ve böylece şebeke hizmetlerinde parazite neden olmaktadır. Bu sorun, Küme Başlarının (CH) bilgi toplamak ve aktarmada ağır bir yük olduğu veri toplama senaryolarında yaygındır. CH'deki aktarma yükü, özellikle huba olan mesafe azaldığında yoğunlaşır. Çekişin yükünü ve şebekenin enerji tüketimini dengelemek için tüm düğümler arasında CH'nin rolü döndürülmeli ve kümelenme boyutları ağırlıklı olarak farklı bölümlerinde dikkatlice belirlenmelidir (Dali Wei ve ark. yaklaşık olarak eşit düğüm ömrü ve düşük enerji tüketimi seviyelerine ulaşırken, veri havuzuna olan mesafe için kümelenme boyutlarına dayalı dağıtılmış bir kümeleme algoritması olan Enerji Verimli Kümeleme (EC) önermektedir. Dali Wei ve ark. [45], AT'nin etkinliğini değerlendirmek ve bu protokolün uçtan uca enerji tüketimini hesaplamak için basit, enerji verimli bir çoklu veri toplama protokolü önermektedir. Bununla birlikte, EC, enerji tasarrufuna odaklanan herhangi bir veri toplama protokolü için uygundur. Performans sonuçları, AT'nin şebeke ömrünü uzattığını ve iyi dengelenmiş iki algoritma HEED ve UCR'den daha iyi bir şekilde enerji dengeleme sağladığını göstermektedir. Dali Wei ve ark., ölçeklendirilebilir, dağıtılmış ve enerji tasarruflu bir kümelenme algoritması olan Enerji Verimli Kümelenme (EC) önermektedir. EC, veri havuzuna sıçrama mesafeleri

için uygun kümelene boyutlarını belirlemiştir. Bir düğümün bir CH olma olasılığını ayarlayarak, EC, WSN'nin genel enerji kaynaklarını oluşturan küme boyutlarını etkin bir şekilde kontrol eder. EC'nin performansını değerlendirmek için, aynı zamanda enerji tasarruflu çokduraklı WSN veri toplama protokolü ve enerji tüketim miktarlarının hesaplanması önerilmektedir. Bu protokol düşük sinyal iletim maliyetini ve genellikle düşük enerji tüketimini hedefler. Bu nedenle, EC önerilen protokolü kullanarak enerji seviyelerini daha iyi koruyabilir. Ancak, EC, temel veri toplama protokolünden bağımsızdır ve herhangi bir veri dağıtım protokolüne uyarlanabilir.

2.12. Enerji Tüketim Hesaplamaları

Dali Wei ve ark. [45], bir DCR döneminde bir bölgenin enerji tüketiminin $ED(R_i)$ değerini vermektedir. Bu değer, eşitlenmiş yaşam süresi değerini ve bir CH olma olasılığının düğüm değerlerini hesaplamak için EC algoritması tarafından gerekli olduğu bilinmelidir. Toplam enerji olarak bir DCR sırasında toplam enerji tüketimini, (i) ve $0(R_i) = \sum_{j \in Ri} E_0(j) = \sum_{j \in Ri} E_0(1 + x_j)$ olarak initial başlangıçtaki toplam enerji dağıtımını belirtir, burada E_0 , ortalama yerleştirme enerjisi ve x_j j düğümündeki enerjinin varyasyonunu gösterir. Ömrü yaklaşık olarak $i(i) \approx E_0(R_i) EDCR(i)$ şeklindedir. Toplam enerji, $(i) = E_{clu}(i) + E_{route}(i) + E_{comm}(i)$ ile verilen küme oluşumu, yönler ve veri iletişim olayları için enerji tüketim değerlerinin toplamıdır. Aşağıda, (i) 'nin ayrı ayrı bölümleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Analiz boyunca, koyu renkli yazı tiplerinde rastgele bir değişken tasvir edilmektedir.

2.13. Küme Oluşumunda Enerji Tüketimi

CH'lerin seçimi, önceki Bölümde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi iki aşamalı bir süreçtir. Bir kontrol paketinin uzunluğunu l_o olarak belirleyerek, bir DCR sırasında R_i 'deki toplam kümelene enerji tüketimini şu şekilde elde ederiz:

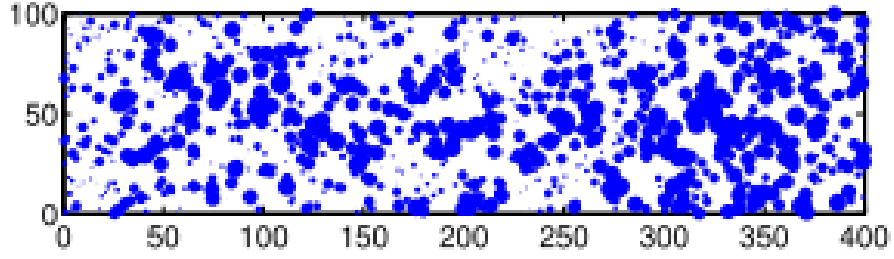
$$E_{cluster}(i) = W a \sigma T \left[l_o (e_t + \epsilon f s / \pi \sigma p_i) + \left(\frac{T}{p_i} - 1 \right) l_{oer} \right] + W a \sigma (1 - p_i) l_o (e_t + 4 \epsilon f s / 9 \pi \sigma p_i + e_r) \quad (2.4)$$

Bu denklem kısaca şu şekilde açıklanabilir. Başlangıçta tüm düğümlerin bir oranı her bölgedeki CH-adaylarıdır, yani $W_{a\sigma T}$ bölge başına adayları temsil eder. Aday düğümler birbirleriyle yarışarak CH olmaları ve adaylıklarını r_i yarıçapının aralığı içinde duyururlar. Bu adaylık duyuruları her bir bölgedeki eş düğümler tarafından alınır ve aday başına ortalama $\pi r^2 i\sigma T - 1$ sensörden oluşur. Denklem 2.4.'daki ilk terim, aday düğümlerin adaylıklarını duyurmak ve bu duyuruların bölgedeki akran düğümleri tarafından kabul edilmesidir. Seçildikten sonra, her bir CH, rolünü sadece duyuru kapsamındaki düğümler tarafından alınan bir CH-duyuru paketi ile duyurur. İkinci terim bu olayları temsil eder. Her CH olmayan düğümün bir CH ile ilişkilendirilmesi için bir kontrol paketi göndermesi gerekir, daha sonra üçüncü terimi oluşturan bir ilişkilendirme mesajı ile yanıt verir. Son olarak, son iki terim, bölgedeki bütün CH'ler için, zaman çizelgelerini küme düğümleri arasında dağıtmaktır.

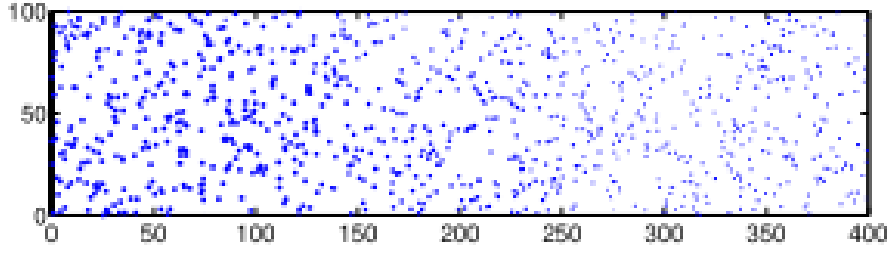
2.14. EC'lerin Performansının Değerlendirilmesi

Dali Wei ve ark [45], EC'nin performansını HEED [8] ve UCR [9] ile karşılaştırmıştır. HEED, CH'lerin çok açılı yönlendirme yoluyla bir düğüme veri aktardığı dağıtılmış bir kümeleme algoritmasıdır. Her bir düğümün, bir CH olması ihtimali ile artık enerjiye bağlandığı tekrarlayan bir CH seçim mekanizması vardır. Performans sonuçları, AT'nin şebeke ömrünü uzattığını ve bu bölgelerdeki çeşitli trafik yüklerine rağmen, hubın farklı sıçramalarda düğüm enerji seviyelerinin dengelenmesine olanak verdiğini göstermektedir. EC, HEED ve UCR gibi iyi bilinen ve popüler kümeleme algoritmalarından daha iyi performans göstermektedir. Şekil 2.8.'de, UCR'nin SOP'sundaki (1500 devir) sensör düğümlerinin kalan enerji seviyelerini gösterir. Nokta, sensör düğümlerini göstermektedir ve daha yüksek bir artık enerji seviyesi için daha büyük bir nokta kullanılmıştır. Açıkça görüldüğü gibi, HEED sensörleri büyük ölçüde değişen enerji seviyelerine sahipken, hem UCR hem de EC enerji tasarrufunda daha iyi performans gösteren EC'lerle enerji dengelemesi gerçekleştirmektedir. Şekil 2.9.'de, düğümün kalan enerji düzeylerinin varyasyon katsayısı, simülasyonun süresine karşı çizilmiştir. EC, HEED ve UCR, enerji seviyelerinde asgari değişim ile daha büyük dalgalanmalara sahiptir. Ayrıca, 1500 düğümden sonra, EC düğümleri UCR'deki sensörlerden çok daha fazla artık enerji stokuna sahiptir. Şekil 2.8.'de, SOP etrafında UCR için erken bir sıçrama da gözlemlenebilir. EC ve UCR'nin her ikisi de

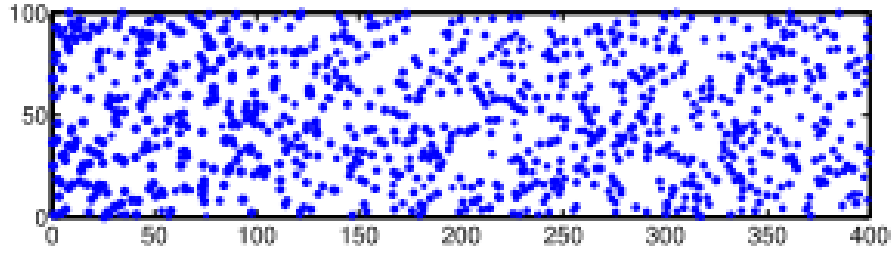
enerji denklığı elde etmesine rağmen, enerji kaynakları tükettiklerinde bir dizi sensörde sıçrama görülmüştür, EC kümelenme boyutlarının uygun bir seçimidir ve kümelenmelerin enerji verimliliği açısından UCR'den daha iyi performans gösterdiği mekanizmadır. Bu, Şekil 2.9.'de (a) 'da görülmektedir, burada sensör enerji kollarının ortalamasını göstermektedir.



(a) HEED

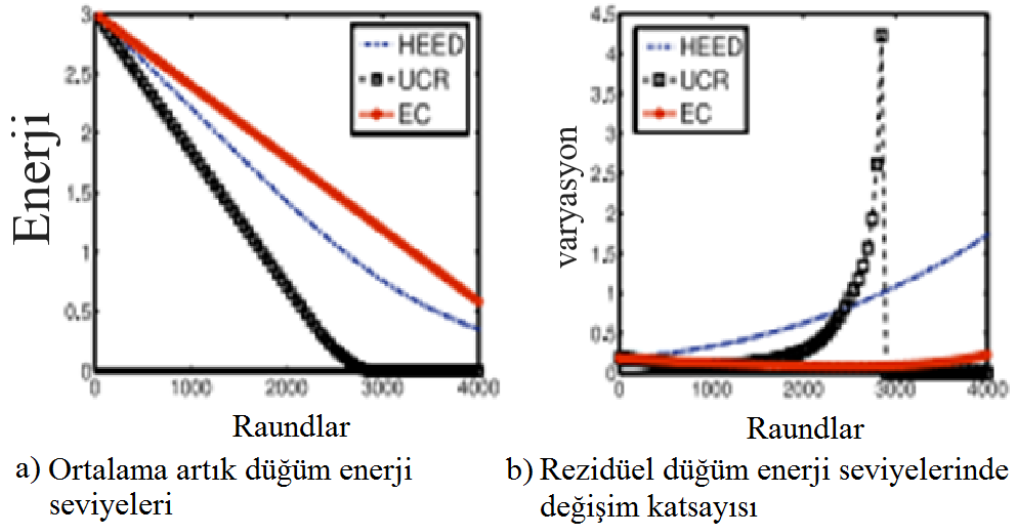


(b) UCR



(c) EC

Şekil 2.8. UCR'nin SOP örneğinde artık enerji haritaları.



Şekil 2.9. Artık düğüm enerjisi ve simülasyon raundları.

EAP'ta, yüksek bir artık enerji oranına sahip kümelenme kümesindeki tüm komşu düğümlerin ortalama kalıntı enerjisine kadar olan bir düğümün kümelenme başı olması muhtemeldir. Bu, heterojen enerji koşullarını, yalnızca kendi kalan enerjisine dayanan bir küme başlığını seçen mevcut kümeleme algoritmalarına göre daha iyi yönetebilir. Küme oluşumu aşamasından sonra, EAP kümelenme başları kümesinde bir örtü ağacı oluşturur. Bu ağacın sadece kök düğümü, tek geçişli iletişim yoluyla sink düğümü ile iletişim kurabilir. Ağdaki tüm haberleşmeler için tüketilen enerji, serbest alan modeli ile hesaplanabileceğinden, enerji aşırı derecede korunacak ve sensör ağının ömrü artacaktır.

$$P_{cover} = \sum_{i=k}^m C_m^i \left(\frac{r}{R}\right)^{2i} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)^{m-i} \quad (2.5)$$

Ming ve ark.'na göre [45] EAP, kümeler arası kapsama alanına sahip yeni, enerji verimli bir veri toplama protokolüdür. EAP, sensör düğümlerini gruplar halinde toplar ve enerji tasarrufu iletişimleri için küme başları arasında bir yönlendirme oluşturur. Ek olarak, EAP, ağ ömrünü uzatmak ve kümedeki çalışma düğümlerinin sayısını azaltmak için alan kapsamı sunar. Ming Lui ve ark.'na göre [45] EAP, LEACH'den daha iyi bir performans göstermektedir. HEED ile karşılaştırıldığında da, EAP, HEED'den daha iyi bir performansa sahiptir, ancak düğüm yoğunluğu düşük olduğunda HEED ile neredeyse aynı performansı vermektedir.

Zhang ve ark [23] ileri yönde fark faktörüne (FAF-EBRM) dayanan enerji dengeli bir yönlendirme yöntemi önermiştir. FAF-EBRM'de, bir sonraki atlama düğümü, bağlantı ağırlığı ve ileri enerji yoğunluğundaki farka göre seçilir. Ayrıca, yerel topoloji için kendiliğinden bir yeniden yapılandırma mekanizması da tasarlanmıştır. Deneyle, FAFBRM'nin LEACH ve EEUC ile karşılaştırıldığında, FAF-EBRM'nin enerji tüketimini dengeleyerek, fonksiyon ömrünü uzatan ve WSN'nin yüksek QoS'sini garanti eden LEACH ve EEUC'den daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir.

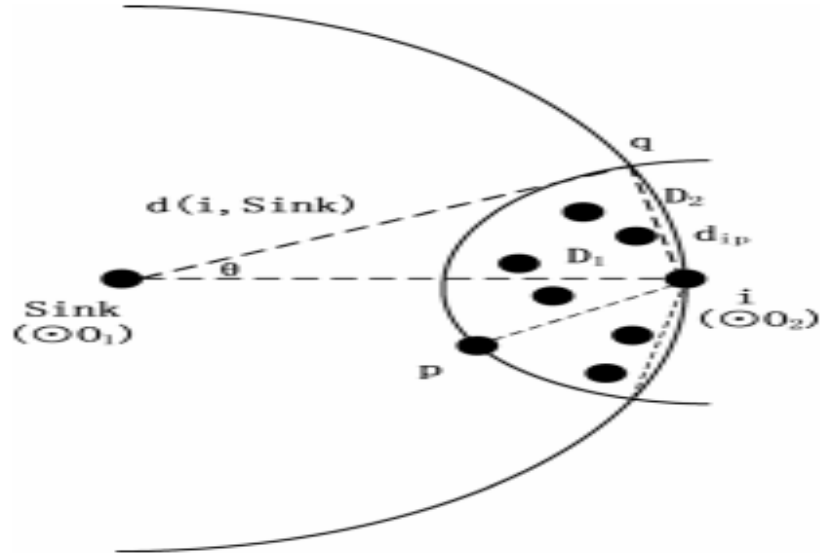
Bu protokolün ağ modelinde, tüm sensör düğümleri izomorftur ve verileri hesaplamak, iletmek ve saklamak için sınırlı yeteneklere sahiptir. Sensör düğümlerinin enerjisi sınırlıdır ve başlangıç enerjisi E_0 'dir. Enerji tükendiğinde düğümler ölür. Bununla birlikte, sink düğümünün enerjisi eklenebilir. Düğümler ve lavabo noktaları durağan olduklarında, değişmezler ve bir düğüm pozisyon cihazında mutlak pozisyona ulaşamaz. Düğümler, iletim gücünü alıcının mesafesine göre değiştirebilir. Sink düğümü, algılama alanındaki tüm sensör düğümlerine mesaj gönderebilir. Sinyal kaynağı ile alıcı arasındaki mesafe, alınan sinyal gücüne göre hesaplanır. Bölgesel merkez düğümleri başlangıçta seçilmez, ancak topoloji evrimi sırasında görünürler. Önemli düğümler, yoğunluk açısından komşu düğümlerden önemli ölçüde daha yüksek seviyelerde daha fazla bağlantıya sahiptir.

Modelin kurulmasında düğümün ileri iletim alanı $FTA(i)$ 'dir . Şekil 2.10.'de, \odot_1 'in merkeze ve yarıçap olarak, Sink'li bir dairenin merkezi olduğunu ve yarıçap olarak:

$$FTA(i) = \odot_{o_1} \cap \odot_{o_2} \quad (2.6)$$

$$d_i = \max(d_{ij}), j \in N_i \quad (2.7)$$

Burada N_i düğüm ile iletişim bağlantısı olan düğümler kümesidir



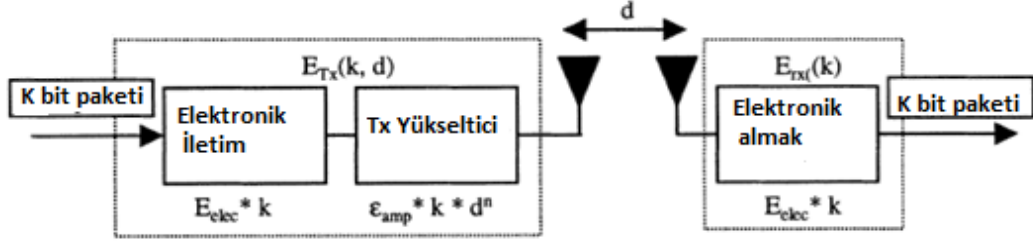
Şekil 2.10. İleri iletim alanı.

Şekil 2.10.'de Zhang ve ark., WSN kümelmiş hiyerarşik dağıtım protokollerinde, bazen kümelene düğümlerinin sinke kümelene başından daha yakın olduğunu, ancak baş düğüme veri aktarması gerektiğini göstermektedir. Bu geri iletim sıklığı (aslında, yaklaşık % 50 olasılık) ise, bu enerji israfına neden olur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Radyo Modeli ve PSO Yöntemi

Bu çalışmada Şekil 3.1.'de gösterilen radyo modeli kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Radyo modeli.

Sensörlerin tamamı, k bits bilgisini bir uzaklığa d iletmek ve k bittten bir bilgi paketini almak için enerjiye ihtiyaç duyar, bu durum şöyle verilir:

$$\begin{aligned} E_{Tx}(k, d) &= E_{Tx-elec}(k) + E_{Tx-amp}(k, d) \\ E_{Tx}(k, d) &= E_{elec} \times k + E_{amp} \times k \times d^n \end{aligned} \quad (4.1)$$

n değeri eşik mesafe değerleri arasındaki mesafeye bağlıdır. Eğer mesafe eşik değerden büyükse n , 4'e eşit olacak ve mesafe eşik değerinden daha az ise n , 2'ye eşit olacaktır. Burada E_{elec} , verici veya alıcı devresini çalıştırmak için yayılan enerjidir. f_s ve m_p , sırasıyla farklı mesafe seviyesine sahip iletim amplifikatörünün dağıttığı enerjidir.

$$\begin{aligned} E_{Rx}(k) &= E_{Rx-elec}(k) E_{Rx}(k) = E_{elec} \times k \\ E_{Rx}(k) &= E_{elec} \times k \end{aligned} \quad (4.2)$$

PSO algoritmasının temel bir varyantı, aday çözümlerin (parçacıklar olarak adlandırılan) bir popülasyona (bir sürü olarak adlandırılır) sahip olmasıyla çalışır. Bu parçacıklar, birkaç basit formüle göre arama alanında dolaşırlar. Parçacıkların hareketleri, arama alanındaki en iyi bilinen pozisyona ve tüm sürünün en iyi bilinen pozisyonuna göre yönlendirilir. İyileşmiş konumlar keşfedildiğinde, bu, sürünün

hareketlerine rehberlik edecektir. Süreç tekrarlanır ve bu sayede tatmin edici bir çözümün keşfedileceği umulur, ancak garanti edilmez.

Usul gereği, $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ minimize edilmesi gereken maliyet fonksiyonu olsun. Fonksiyon, argüman olarak bir aday çözümünü gerçek sayıların bir vektörü biçiminde alır ve verilen aday çözümün hedef işlev değerini gösteren çıktı olarak gerçek bir sayı üretir. F'nin gradyanı bilinmemektedir. Amaç, arama uzayındaki tüm \mathbf{b} için $f(\mathbf{a}) \leq f(\mathbf{b})$ için bir çözüm bulmaktır, bu, \mathbf{a} 'nın genel minimum olduğu anlamına gelir. Maksimizasyon, bunun yerine $h = -f$ fonksiyonu dikkate alınarak gerçekleştirilebilir.

S, sürüdeki parçacıkların sayısı olsun, her biri arama alanında $\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^n$ pozisyonuna ve hız $\mathbf{v}_i \in \mathbb{R}^n$ 'e sahip olsun. P_i parçacık i 'nin bilinen en iyi pozisyonu olsun ve \mathbf{g} tüm sürünün en iyi bilinen pozisyonu olsun. Bu noktada Temel bir PSO algoritması geçerli olur.

3.2. Genetik Algoritma

Genetik Algoritma (GA) 1970'lerin ortalarında John Hollan, meslektaşları ve Michigan Üniversitesi'ndeki öğrenciler tarafından geliştirilmiştir. GA, genetik ve evrim ilkelerinden ilham almış ve biyolojik popülasyonlarda gözlemlenen üreme davranışını taklit etmiştir. GA, arama sürecindeki “en uygun olanın hayatta kalması” prensibini, çevrelerine (tasarım hedefleri / kısıtları) uyum sağlamış bireyleri (tasarım çözümleri) seçmek ve oluşturmak için kullanır. Bu nedenle, bir dizi jenerasyon (iterasyon) boyunca arzu edilen özellikler (tasarım özellikleri), zayıf istenmeyen özelliklere sahip olan özellikler üzerinde popülasyonun genom bileşiminde (her bir yinelemenin oluşturduğu tasarım çözümleri seti) gelişecek ve kalacaktır.

Hem ayrı hem de sürekli değişkenleri ve doğrusal olmayan nesneyi işleyebilmesi ve gradyan bilgisi gerektirmeden fonksiyonları kısıtlayabilmesi nedeniyle GA, karmaşık tasarım optimizasyon problemlerini çözmek için uygulanır.

Bir genetik algoritmada, bir optimizasyon problemine aday çözümlerini (fenotip olarak adlandırılır) kodlayan bir dizi (kromozomlar veya genomun genotipi) daha iyi

çözümlere doğru evrilir. Çözümler, 0 ve 1'lerin dizileri olarak ikili sistemde temsil edilir, ancak diğer kodlamalar da mümkündür. Evrim, genellikle rastgele oluşturulmuş bireylerin bir popülasyonundan başlar ve nesiller halinde gerçekleşir. Her jenerasyonda, popülasyondaki her bireyin formları değerlendirilir, birden fazla birey mevcut popülasyondan (formlarına göre) rasgele olarak seçilir ve yeni bir popülasyon oluşturmak için modifiye edilir (yeniden birleştirilip ve muhtemelen rastgele mutasyona uğramış şekilde). Yeni popülasyon daha sonra algoritmanın bir sonraki yinelemesinde kullanılır. Algoritma, azami sayıda kuşak üretildiğinde veya popülasyon için tatmin edici bir form seviyesine ulaşıldığında sona erer. Algoritma, azami sayıda nesle bağlı olarak sonlandırıldıysa, tatmin edici bir çözüme ulaşılmış olabilir veya olmayabilir [46].

Tipik bir genetik algoritma şunları gerektirir:

- Çözüm alanının genetik bir temsili.
- Çözüm alanını değerlendirmek için bir form işlevi.

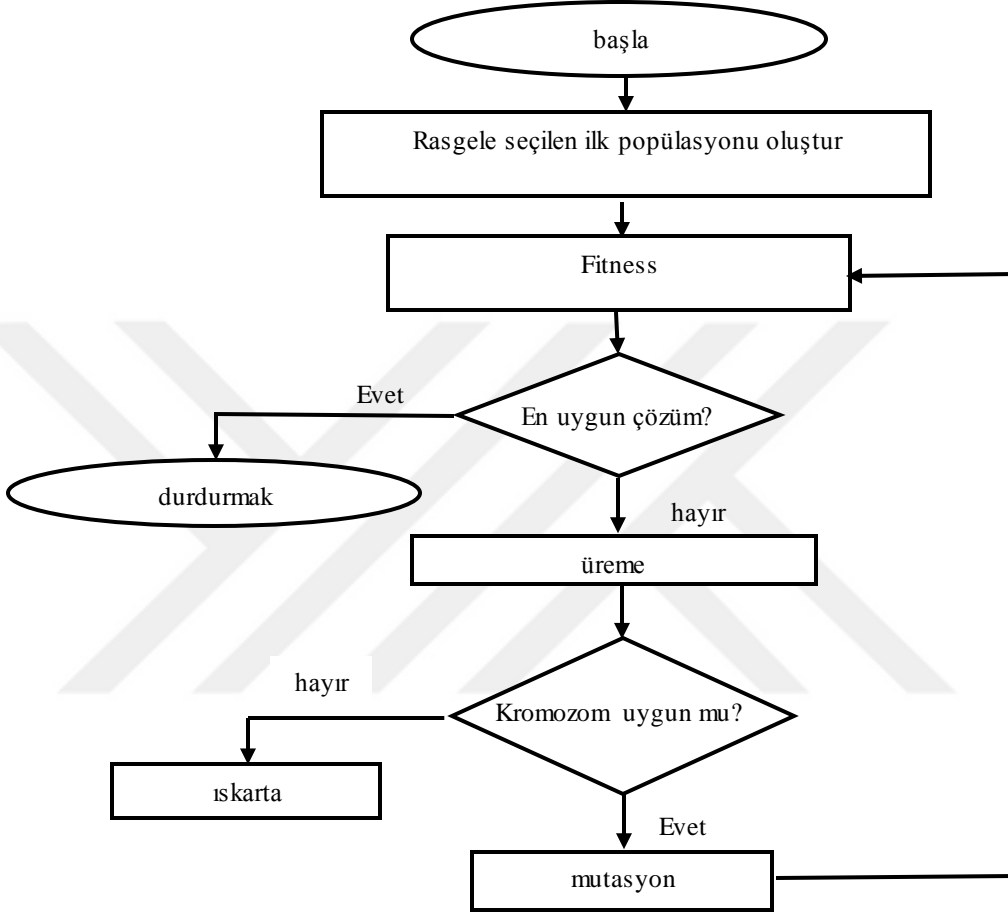
Çözümün standart bir temsili bit dizisinden oluşur. Bu genetik gösterimleri uygun kılan ana özellik, parçalarının sabit boyutlarından dolayı kolayca hizalanabilmeleridir, bu da basit çapraz geçiş işlemlerini kolaylaştırır. Değişken uzunluk gösterimleri de kullanılabilir, ancak bu durumda genetik değişim uygulaması daha karmaşık olur.

Ağaç benzeri temsiller genetik programlamada incelenir ve grafik biçimindeki temsiller evrimsel programlamayla keşfedilir.

Genetik Algoritmanın Amaç Fonksiyonu: Form işlevi genetik temsil üzerinden tanımlanır ve temsil edilen çözümün kalitesini ölçer. Form işlevi her zaman probleme bağlıdır. Örneğin, sırt çantası probleminde, biri sabit bir kapasiteye sahip bir sırt çantası içine konulabilen nesnelerin toplam değerini maksimize etmek ister.

Bir çözümün temsili, her bitin farklı bir nesneyi temsil ettiği bir bit dizisi olabilir ve bitin değeri (0 veya 1), nesnenin sırt çantasında olup olmadığını gösterir. Nesnelerin boyutu sırt çantasının kapasitesini aşabileceğinden, bu tür her temsil geçerli değildir. Çözümün uygunluğu, temsilin geçerli olup olmadığını veya sırt çantasındaki tüm

nesnelerin değerlerinin toplamıdır. Aksi takdirde bazı problemlerde, form ifadesini tanımlamak zor, hatta imkansızdır; Bu durumlarda, etkileşimli genetik algoritmalar kullanılır Şekil 3.2.'de görülmektedir



Şekil 3.2. Genetik algoritmanın akış şeması.

Genetik temsile ve tanımlanan form fonksiyonuna sahip olduktan sonra, GA, rastgele bir çözüm popülasyonunu başlatmaya ve daha sonra, mutasyon, çaprazlama ve inversiyon ve seçim operatörlerinin tekrarlı uygulanması yoluyla bunu geliştirmeye devam eder.

Uygulama Algoritması: Genetik algoritma, en uygun üyelere oluşan yeni bir popülasyon yaratmak için kromozomun uyum değerini kullanır. GA'nın akış şeması Şekil 3.2.'de verilmiştir.

3.3. Parçacık Sürüsü Optimizasyonu

Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO), 1990'ların ortasında Kennedy ve Eberhart tarafından geliştirilmiş, biyolojik popülasyonlarda “kollektif zeka” kavramını araştıran bir sosyo-bilişsel çalışmanın parçası olarak kuş sürülerinin koreografisini ve zarif hareketlerini simüle etmeye çalışmıştır. PSO'da, rastgele oluşturulmuş bir dizi çözüm (başlangıç sürüsü), tasarım alanındaki sürüler tarafından asimile edilen ve tüm üyeler tarafından paylaşılan tasarım alanı hakkında büyük miktarda bilgiye dayanan bir dizi iterasyon (hamle) boyunca en uygun çözüme doğru ilerler. PSO, kuş sürülerinin, balık sürülerinin ve hayvan sürülerinin çevrelerine uyum sağlama, zengin besin kaynakları bulma ve “bilgi paylaşımı” yaklaşımlarını uygulayarak yırtıcılardan kaçınma, dolayısıyla evrimsel bir avantaj sağlama yeteneğinden ilham alır.

PSO ilk olarak “mısır tarlası vektörü” olarak tanımlanan yiyecek arayan kuşları simüle etmek için tasarlandı. Kuş, etrafındaki diğer kuşlarla (çevresindeki) sosyal işbirliği yoluyla yiyecek bulabilirken daha sonra çok boyutlu aramaya genişletildi.

Parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO), belirli bir kalite ölçüsüne ilişkin olarak aday bir çözümü geliştirmeye çalışarak problemi optimize eden bir hesaplama yöntemidir. Bu tür yöntemler, optimize edilen problem hakkında çok az veya hiç varsayım yapmadıkları ve çok geniş aday aday alanlarını araştırabildikleri için genellikle metaheuristik olarak bilinirler. Bununla birlikte, PSO gibi metaheuristikler, en iyi çözümün bulunduğunu garanti etmez.

PSO optimize edilmekte olan sorunun gradyanını kullanmamaktadır, yani PSO, optimizasyon probleminin, gradyan alçalma ve Nnewton benzeri yöntemleri gibi klasik optimizasyon yöntemlerinin gerektirdiği gibi farklılaştırılabilmesini gerektirmemektedir. Bu nedenle PSO, kısmen düzensiz, gürültülü, zamanla değişebilen, vb. optimizasyon problemlerinde de kullanılabilir [47].

3.4. Algoritmaların Karşılaştırmalı Çalışması

PSO, bir problemi aday çözümlerinin popülasyonuna sahip olarak, burada düzeltilen parçacıklar, bu parçacıkları basit matematiksel formlere göre arama alanında hareket

ettirerek optimize eder. Parçacıkların hareketleri, daha iyi konumlar parçacıklar tarafından bulunduğu güncellenen arama alanında en iyi bulunan konumlarla yönlendirilir.

PSO algoritması, aday çözümlerin (parçacıklar olarak adlandırılan) bir popülasyonuna (sürü olarak adlandırılan) sahip olarak çalışır. Bu parçacıklar, birkaç basit formüle göre arama alanında dolaşırlar. Parçacıkların hareketleri, arama alanındaki en iyi bilinen pozisyona ve tüm sürünün en iyi bilinen pozisyonuna göre yönlendirilir. İyileşmiş konumlar keşfedildiğinde, bu, sürünün hareketlerine rehberlik edecektir. Tatmin edici bir çözüme ulaşmaya kadar süreç tekrarlanır.

PSO Varyantları: Temel bir PSO algoritmasının çeşitli varyantları olabilir. Optimizasyon performansını iyileştirmek için yeni ve bazı daha gelişmiş PSO çeşitleri sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu araştırmada diğer optimizasyon teknikleriyle birlikte PSO kullanan bir hibrid optimizasyon yöntemi kullanma eğilimi vardır [48, 49].

- Ayrık PSO
- Kısıtlama Katsayısı
- Sınırlı PSO
- Tamamen bilgilendirilmiş PSO.

Uygulamalar: PSO'nun ilk pratik uygulaması sinir ağı eğitimi alanındaydı ve algoritmanın kendisi ile birlikte rapor edildi (Kennedy ve Eberhart 1995). Telekomünikasyon, kontrol, veri madenciliği, tasarım, kombinasyonel optimizasyon, güç sistemleri, sinyal işleme ve diğerleri dahil olmak üzere pek çok uygulama alanı keşfedilmiştir. PSO algoritmaları şu noktaları çözmek için geliştirilmiştir:

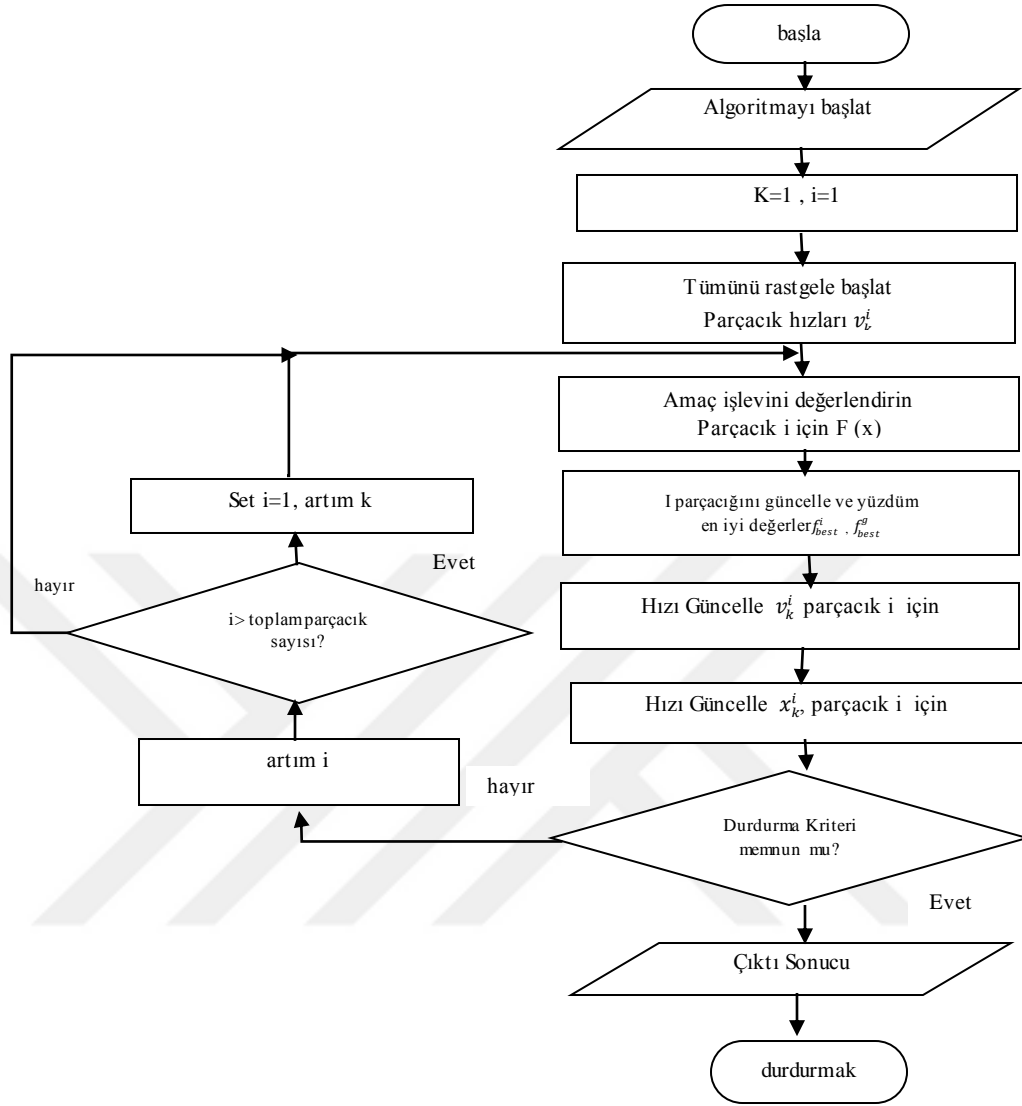
- Sınırlı optimizasyon sorunları
- Min-max sorunları
- Çok hedefli optimizasyon sorunları
- Dinamik izleme.

Uygulama Algoritması: PSO algoritması, konsepti basit, uygulaması kolay ve etkin hesaplamaya sahiptir. Orijinal PSO senkronize bir şekilde uygulanır, ancak uyumsuzluk oranı asenkron PSO algoritması Şekil 3.3. ile elde edilir [50, 51].

3.5. IV. Genetik Algoritma ve Parçacık n Sürüsü Optimizasyonu

GA, doğası gereği ayrıktır, yani tasarım değişkenlerini 0 ve 1'lerin bitlerine kodlar, dolayısıyla farklı tasarım değişkenlerini kolayca işler ve PSO doğal olarak süreklidir ve ayrı tasarım değişkenlerini işlemek için değiştirilmelidir.

PSO'daki ikili kodlaması ile GA'nın aksine, tasarım değişkenleri, tasarım alanındaki mevcut konumlarına ve hesaplanan hız vektörüne bağlı olarak, yan kısıtlamalarının dışında bile herhangi bir değer alabilir.



Şekil 3.3. Senkron PSO algoritması (Paralel İşleme).

3.6. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) Algoritması

Parçacık Sürü Optimizasyonu, çözümleri n boyutlu bir çözüm alanında bir nokta olarak gösterilebilecek sorunlara bir yaklaşımdır. Bu boşlukta rastgele bir dizi parçacık harekete geçirilir. Her yinelemede, kendilerinin ve komşularının "zindeliğini" gözlemlerler ve başarılı komşularını (şu anki pozisyonları soruna kendisinden daha iyi bir çözüm teşkil eden) kendilerine doğru hareket ederek "taklit eder". Partikülleri rakip, yarı-bağımsız sürülerde gruplandırmak için çeşitli şemalar kullanılabilir veya tüm partiküller tek bir küresel sürüye ait olabilir. Bu son derece basit yaklaşım, çeşitli problem alanlarında şaşırtıcı şekilde etkili olmuştur.

PSO, 1995 yılında James Kennedy ve Russell Eberhart tarafından, biyolog Frank Heppner tarafından yapılan kuş sürüsü davranış çalışmalarından ilham alınarak geliştirilmiştir. Genetik algoritmalar gibi evrimden esinlenen problem çözme teknikleri ile ilgilidir.

Daha önce belirtildiği gibi, PSO, kuş sürüsü davranışlarını simüle eder. Aşağıdaki senaryoyu varsayalım: bir grup kuş rastgele bir alanda yiyecek arıyor. Aranılan alanda sadece bir parça yiyecek var. Bütün kuşlar yemeğin nerede olduğunu bilmiyor. Peki, yiyecek bulmak için en iyi strateji nedir? Etkili olan, yiyeceğe en yakın olan kuşu takip etmektir.

PSO senaryodan öğrendi ve optimizasyon problemlerini çözmek için kullandı. PSO'da her bir çözüm, arama alanındaki bir "kuş". Biz buna "parçacık" diyoruz. Bütün parçacıklar, uygunluk fonksiyonu tarafından optimize edilecek uygunluk fonksiyonu tarafından değerlendirilen ve parçacıkların uçuşunu yönlendiren hızlara sahip olan uygunluk değerlerine sahiptir. Parçacıklar, mevcut optimum parçacıklar izlenerek sorunlu alanda uçar.

PSO, bir grup rasgele parçacık (çözümler) ile başlatılır ve sonra nesiller güncellenerek optima arar. Her yinelemede, her parçacık iki "en iyi" değer izlenerek güncellenir. İlki, şimdiye kadar elde ettiği en iyi çözüm (fitness). (Uygunluk değeri de saklanır.) Bu değere pbest denir. Parçacık sürüsü optimize edicisi tarafından izlenen bir başka "en iyi" değer, popülasyondaki herhangi bir parçacık tarafından şimdiye kadar elde edilen en iyi değerdir. Bu en iyi değer, küresel bir en iyisidir ve en iyisidir. Bir parçacık topolojik komşular olarak nüfusun bir parçası olduğunda, en iyi değer yerel bir en iyisidir ve en iyisi olarak adlandırılır.

En iyi iki değeri bulduktan sonra, parçacık (a) ve (b) denklemleriyle hızını ve konumlarını günceller.

$$v[] = v[] + c1 * rand() * (pbest[] - present[]) + c2 * rand() * (gbest[] - present[]) \quad (a)$$

$$present[] = present[] + v[] \quad (b)$$

v [], parçacık hızıdır, mevcut [], mevcut parçacıktır (çözüm). $pbest$ [] ve $gbest$ [] daha önce belirtildiği gibi tanımlanır. $rand()$ (0,1) arasında rastgele bir sayıdır. $c1$, $c2$ öğrenme faktörleridir. genellikle $c1 = c2 = 2$ 'dir.

Prosedürün sözde kodu aşağıdaki gibidir:

For each particle

Initialize particle

END

Do

For each particle

Calculate fitness value

If the fitness value is better than the best fitness value ($pBest$) in history

set current value as the new $pBest$

End

Choose the particle with the best fitness value of all the particles as the $gBest$

For each particle

Calculate particle velocity according equation (a)

Update particle position according equation (b)

End

While maximum iterations or minimum error criteria is not attained

Parçacıkların her boyuttaki hızları, maksimum V_{max} hızına bağlanır. İvme toplamı, bu boyuttaki hızın, kullanıcı tarafından belirtilen bir parametre olan V_{max} 'i aşmasına neden olursa. O zaman bu boyuttaki hız V_{max} ile sınırlıdır.

3.6.1. Genetik Algoritma ve PSO Arasındaki Karşılaştırmalar

Evrimsel tekniklerin çoğu aşağıdaki prosedürlere sahiptir:

1. İlk popülasyonun rastgele üretimi
2. Her konu için uygunluk değerinin hesaba katılması. Direkt olarak optimum olan mesafeye bağlı olacaktır.
3. Fitness değerlerine göre nüfusun çoğaltılması.
4. Gereksinimler karşılanırsa, durun. Aksi takdirde 2'ye geri dönün.

Prosedürden PSO'nun GA ile ortak noktaları paylaştığını öğrenebiliriz. Her iki algoritma da rastgele oluşturulmuş bir popülasyon grubuyla başlar, her ikisi de popülasyonu değerlendirmek için uygunluk değerlerine sahiptir. Her ikisi de popülasyonu günceller ve rastgele tekniklerle optimum arar. Her iki sistem de başarımın garantisi değildir.

Bununla birlikte, PSO'nun geçit ve mutasyon gibi genetik operatörleri yoktur. Parçacıklar iç hız ile kendilerini günceller. Ayrıca algoritması için önemli olan hafızaya sahiptirler.

Genetik algoritmalarla (GA) karşılaştırıldığında, PSO'daki bilgi paylaşım mekanizması önemli ölçüde farklıdır. GA'larda, kromozomlar birbirleriyle bilgi paylaşırlar. Böylece tüm nüfus tek bir grup gibi en uygun alana doğru ilerliyor. PSO'da sadece gBest (veya lBest) bilgileri başkalarına verir. Bu tek yönlü bir bilgi paylaşım mekanizmasıdır. Evrim, sadece en iyi çözümü arar. GA ile karşılaştırıldığında, tüm parçacıklar çoğu durumda yerel versiyonda bile hızlı bir şekilde en iyi çözüme dönüşme eğilimindedir.

3.6.2. PSO Parametre Kontrolü

Yukarıdaki durumdan, PSO'yu optimizasyon problemlerine uygularken iki önemli adım olduğunu öğrenebiliriz: çözümün ve uygunluk fonksiyonunun gösterimi. PSO'nun avantajlarından biri, PSO'nun gerçek sayıları partikül olarak almasıdır. İkili kodlamaya geçmesi gereken GA ya da özel genetik operatörlerin kullanılması zorunlu değildir. Örneğin, $f(x) = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$ için çözümü bulmaya çalışıyoruz, parçacık (x_1, x_2, x_3) olarak ayarlanabilir ve uygunluk fonksiyonu $f(x)$ olur. Ardından,

optimum olanı bulmak için standart prosedürü kullanabiliriz. Arama, bir tekraralama işlemidir ve durma kriterleri, maksimum yineleme numarasına ulaşılmış veya minimum hata koşulunun yerine getirilmiş olmasıdır.

PSO'da ayarlanması gereken çok fazla parametre yoktur. Partikül sayısı: tipik aralık 20 - 40'tır. Aslında problemlerin çoğu için 10 partikül iyi sonuçlar almak için yeterince büyüktür. Bazı zor veya özel problemler için, 100 veya 200 partikül de denenebilir.

Parçacıkların boyutu: Optimize edilecek problem ile belirlenir,

Parçacıkların aralığı: Ayrıca, optimize edilmesi gereken problemle belirlenir, farklı parçacık boyutları için farklı aralıklar belirleyebilirsiniz.

Vmax: Bir parçanın bir yineleme sırasında alabileceği maksimum değişikliği belirler. Genellikle partikül aralığını Vmax, örneğin partikül (x1, x2, x3) olarak belirleriz.

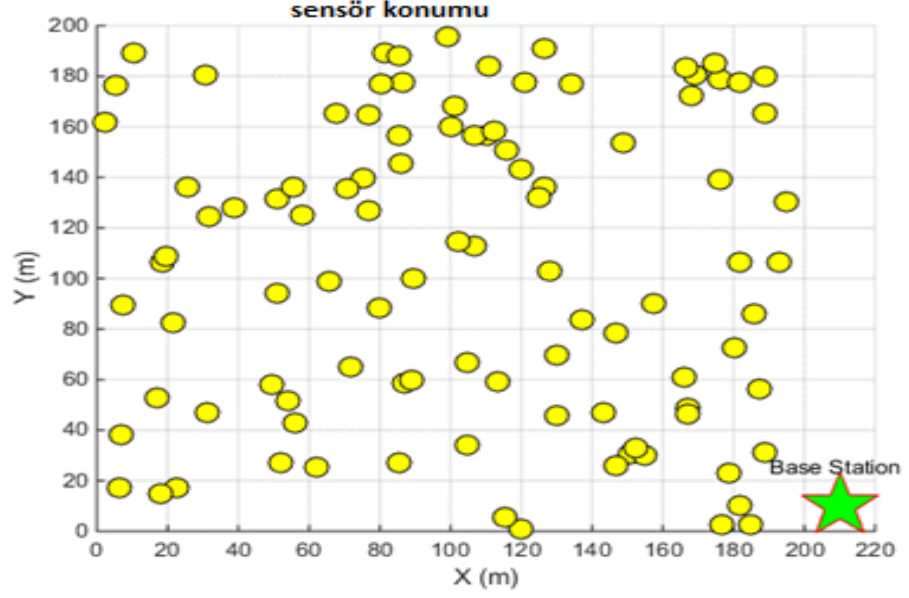
X1 [-10, 10] 'a ait, sonra Vmax = 20

Öğrenme faktörleri: c1 ve c2 genellikle 2'ye eşittir. Bununla birlikte, farklı kağıtlarda başka ayarlar da kullanılmıştır. Fakat genellikle c1, c2'ye eşittir ve [0, 4] arasında değişir

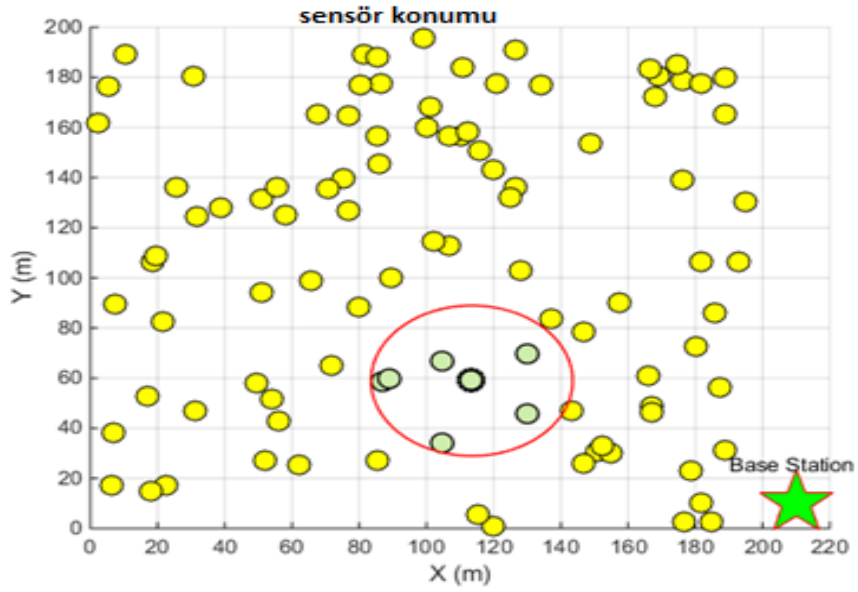
Durma koşulu: PSO'nun yürüttüğü azami yineleme sayısı ve minimum hata gereksinimi. örneğin, önceki bölümdeki YSA eğitimi için, minimum hata gereksinimini bir yanlış sınıflandırılmış düzen olarak ayarlayabiliriz. en fazla yineleme sayısı 2000 olarak ayarlanır. bu durma koşulu, optimize edilecek soruna bağlıdır.

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. DeneY Sonuçları

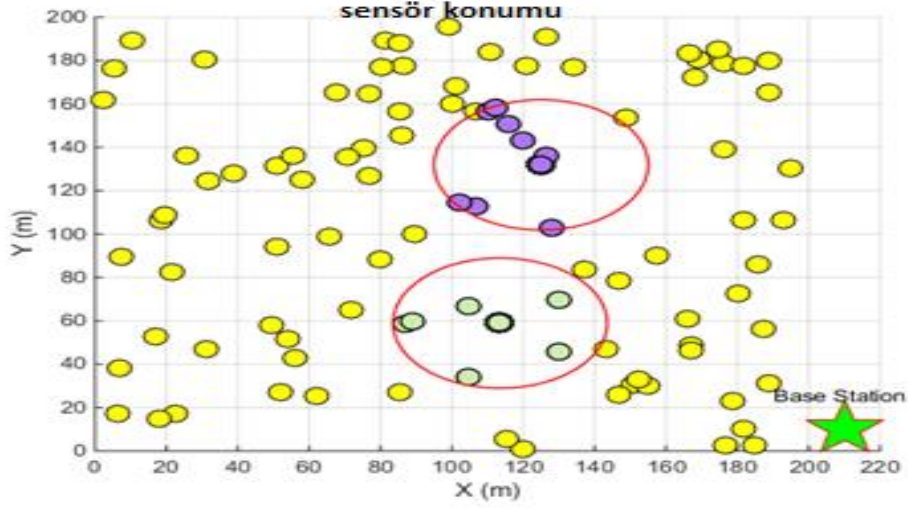


Şekil 4.1. Sensör kurulum alanı.

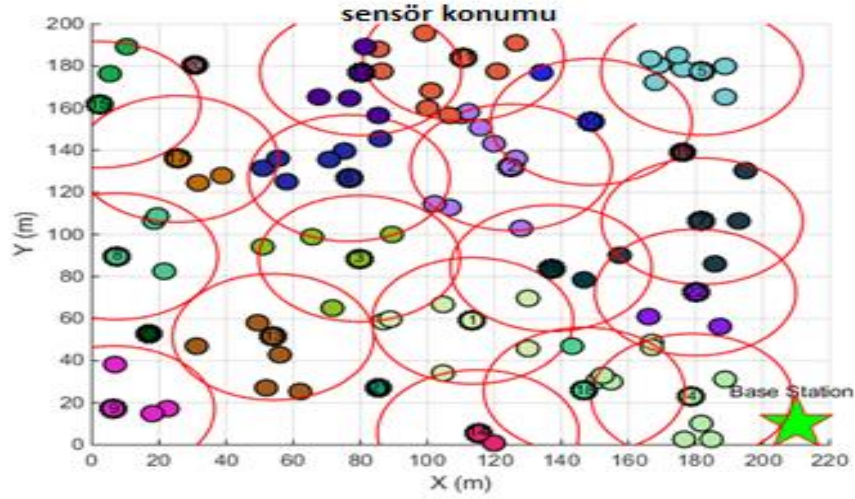


Şekil 4.2. İlk küme ve küme lideri.

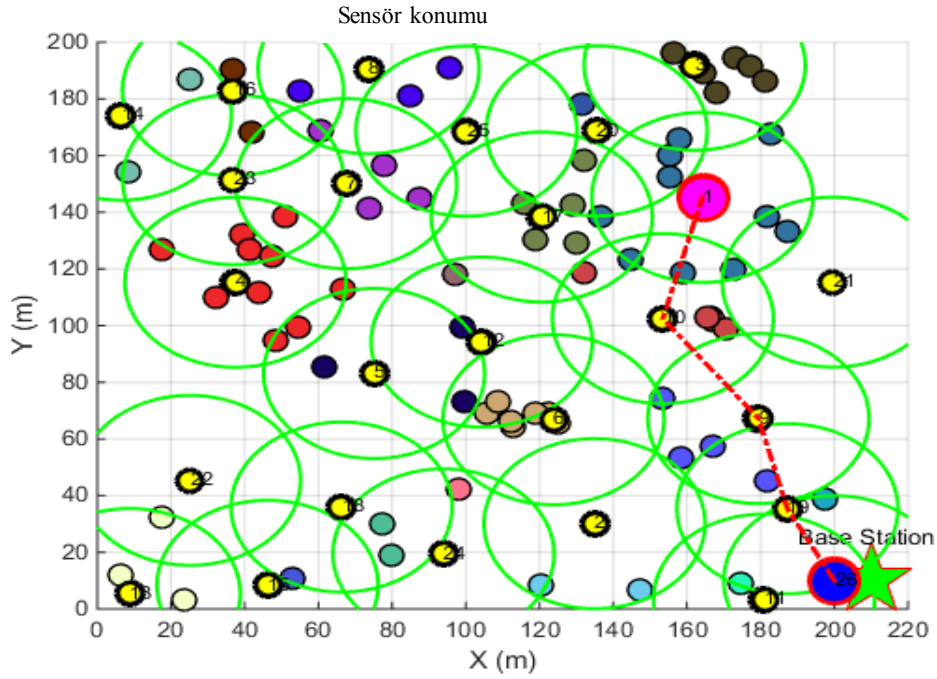
Bu çalışmada önerilen yöntemin değerlendirilmesi için MATLAB 2017a versiyonunu kullanılmıştır. 100 sensör, 200x200 metre kare alana göre seçildi. Sensör kurulum alanı Şekil 4.1.'de gösterilmektedir. İlk küme ve küme lideri Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. İkinci küme ve küme lideri, Şekil 4.3.'te gösterilmiştir. Tüm küme ve küme liderleri Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. İkinci küme ve küme lideri.



Şekil 4.4. Tüm küme ve küme liderleri.



Şekil 4.5. Küme lideri sensöründeki ilk yönlendirme.

Bu şekilde gösterildiği gibi, en kısa yol küme kafaları arasından seçilecektir. Bilgilerin baz istasyonuna gönderilmesi için toplam 5 küme başı seçilir. Bu, 5 küme başının bilgiyi göndermek için enerjiyi kullanacağı anlamına gelir. Eğer bu süre uzunsa, kullanılan enerji kısa yoldan daha fazla olacaktır. Örneğin, enerjiyi göndermek için yalnızca bir küme kafası varsa, bu küme kafası düşük enerji kullanacaktır. Bu senaryo Şekil 4.5.'de gösterilmiştir. Bu çalışmada uygulanan yazılım kodları ekte verilmiştir.

4.2. Dijkstra'nın Algoritması

Dijkstra'nın Algoritması, her düğüm j 'ye bir çift etiket (p_j, d_j) atar; burada p_j , j 'den mevcut en kısa yoldaki 1'den j 'a kadar olan düğümdür, d_j bu en kısa yolun uzunluğudur. d_{jk} ile arc (j,k) uzunlukları gösterilir. Etiketlerin bazılarına geçici denir, yani gelecekteki bir adımda değişebilirler; bazı etiketler kalıcı olarak adlandırılır, yani bunlar sabittir ve 1'den kalıcı olarak etiketlenmiş bir düğüme giden en kısa yol bulunmuştur [53].

Adım 1. Dügüm 1'i kalıcı etiketlerle etiketleyin ($\emptyset,0$). Her düğüm j 'yi $(1, j)$ grafikte bir yay olacak şekilde, geçici etiketlerle $(1, d_{1j})$ etiketleyin. Grafikteki diğer tüm düğümleri geçici etiketlerle etiketleyin (\emptyset,∞).

Adım 2. j , asgari d_j etiketine sahip geçici olarak etiketlenmiş bir düğüm olsun, yani,

$d_j = \min\{d_l : \text{düğüm } l \text{ geçici olarak etiketlenmiştir}\}$.

Her düğüm k için, (j, k) grafikte olacak şekilde, eğer $d_k > d_j + d_{jk}$ ise k 'yi tekrar etiketleyin:

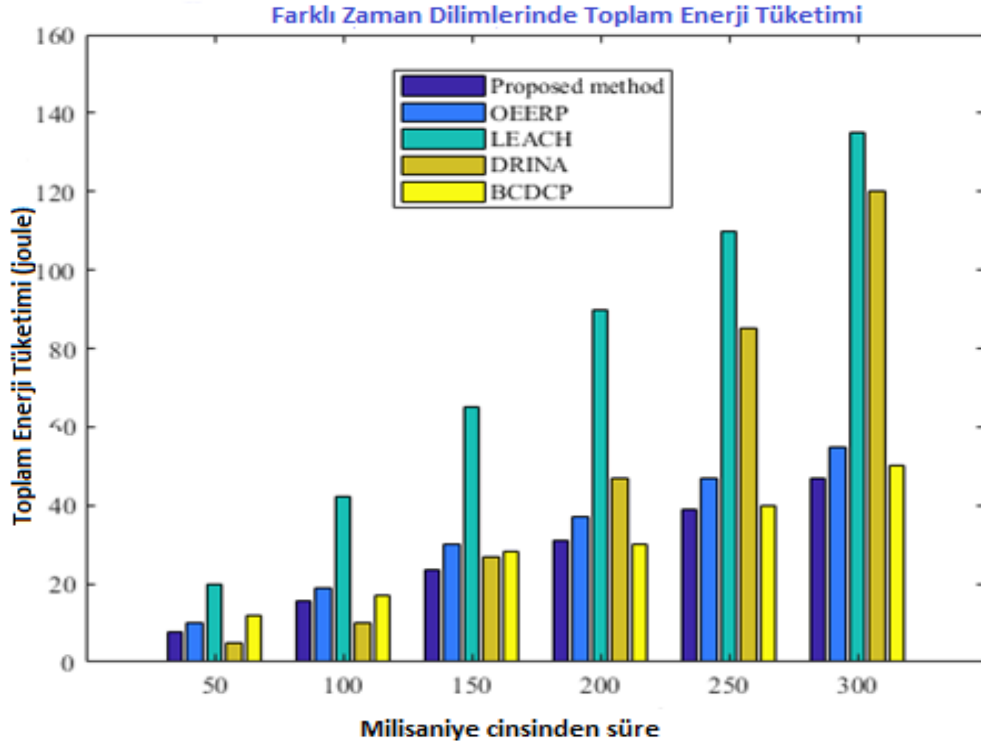
$$p_k = j, d_k = d_j + d_{jk}.$$

J düğümü etiketlerinin kalıcı olduğunu düşünün.

Adım 3. Grafikteki tüm düğümler kalıcı olarak etiketlenene kadar 2. adımı tekrarlayın. En kısa yollar p_j etiketlerini okuyarak bulunabilir.

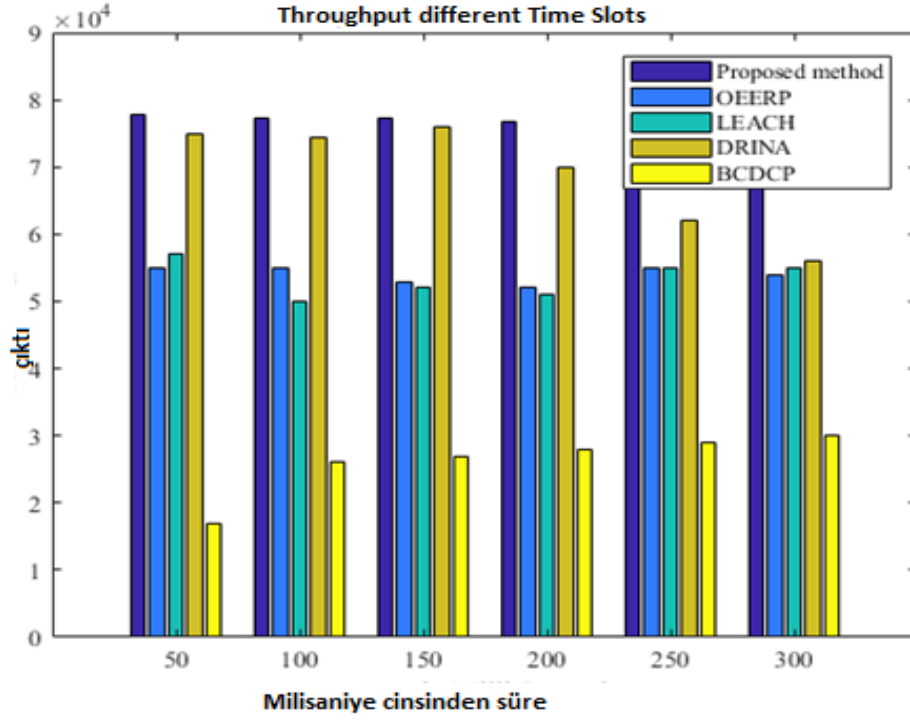
Farklı zaman dilimlerindeki toplam enerji tüketimi Şekil 4.6.' de gösterilmiştir. Bu tezde kablosuz sensör ağı için akıllı parçacık sürüsü kullanılmıştır. Bu alanda rastgele $200 * 200$ metre alan ve 100 sensör seçilmiştir.

Tekrarlayarak en kısa yollar p_j etiketlerini okuyarak bulunabilir.



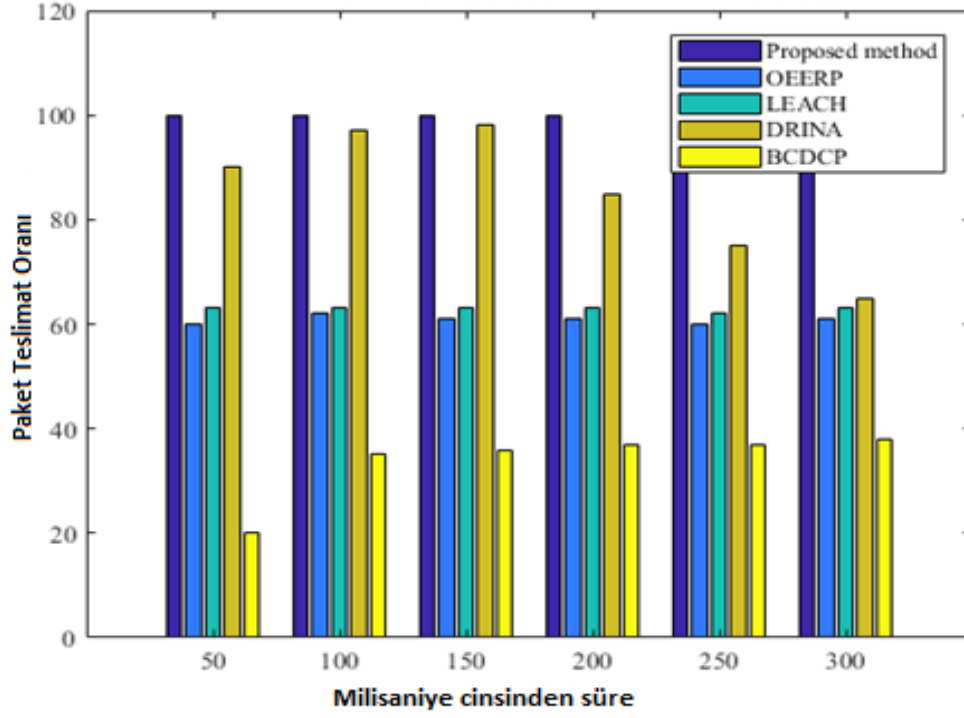
Şekil 4.6. Farklı zaman aralıklarında toplam enerji tüketimi

Bu şekilde görüldüğü üzere, OEERP için en yüksek değer elde edilmiştir. Ayrıca önerilen yöntem en düşük olmaktadır. Farklı zaman dilimlerindeki veriler, Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



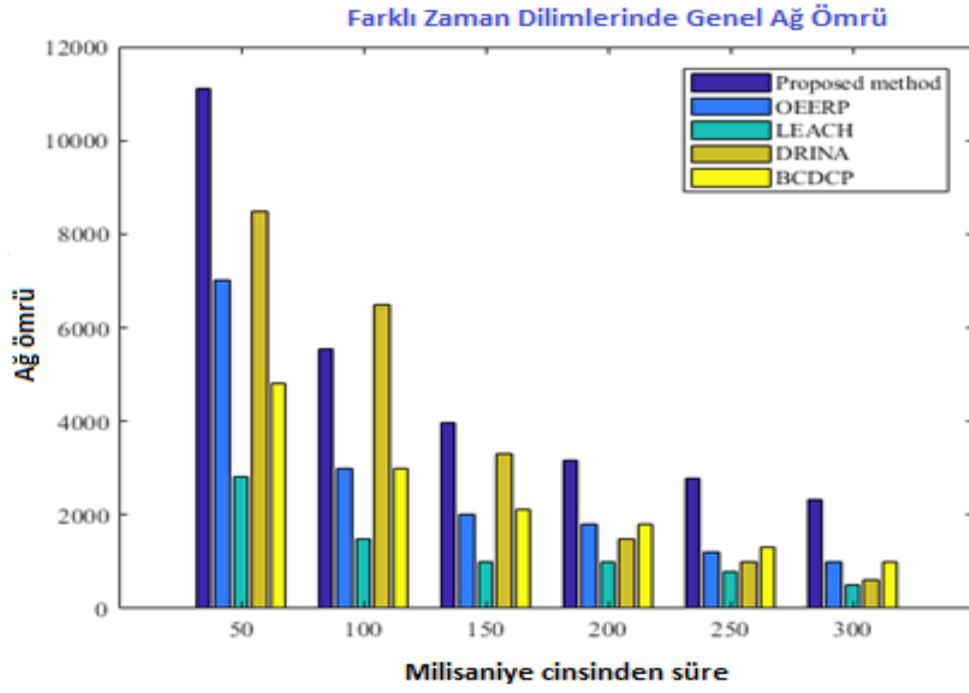
Şekil 4.7. Farklı zaman dilimlerindeki veriler.

Bu şekilde gösterildiği gibi, önerilen yöntem, veri açısından en yüksek değere sahiptir. Şekilden anlaşıldığı üzere BCDCP yöntemi için en düşük değer elde edilmiştir. Küme başları arasında en kısa yol seçilmiştir. Verilerin baz istasyonuna gönderilmesi için toplam 6 küme başı seçilmiştir. Bu, 6 küme başının bilgiyi göndermek için enerji kullandığı anlamına gelir. Rota uzunsa, kullanılan enerji kısa yoldan daha fazla olacaktır. Örneğin, enerjiyi gönderecek sadece bir küme başı varsa o zaman bu küme başı düşük enerji kullanacaktır. Farklı zaman dilimlerindeki Paket teslimat oranı, Şekil 4.8.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Farklı zaman dilimlerindeki paket teslimat oranı.

Önerilen yöntem paket tesliminde maksimum değere sahiptir. Bu tezde önerilen teknikte LEACH ve Optimize Enerji Verimli Yönlendirme Protokolü (OEERP) yöntemleri karşılaştırılmıştır. OEERP yönteminde [30], bir WSN'nin ömrü, her bir yuvada zaman içinde küme başlığı olarak hareket eden düğümün kullandığı küme tabanlı bir protokol kullanılarak geliştirilir. Bu WSN yaşam döngüsü çoğunlukla iki nedenden dolayı gelişir. İlk neden, pilin bitmesinin düğümlerde aynı olması ve ikinci nedenin, kızılötesi vericiler için uzun bir süre boyunca hiçbir düğümün erişim noktasına erişime bağlı olmamasıdır. Farklı zaman dilimlerindeki genel ağ ömrü, Şekil 4.9.' da gösterilmiştir..



Şekil 4.9. Farklı zaman dilimlerindeki genel ağ ömrü.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ağın boyutu arttıkça, düğüm sayısı artar ve tüketilen enerji miktarı buna göre artar ve ömür tersine azalır. Düğümler arasında çok sayıda bağlantı olduğu için, paketlerin iletilmesinde çok fazla enerji tüketilir, sensör düğümleri çok kısa bir zamanda ve ağ ömrü boyunca enerjilerini kaybeder. Sensör düğümlerinin yarıçapı arttığında, sensör düğümlerinin enerjisi daha hızlı kaybolur ve şebekenin ömrü kısalmır. Düğümler enerjilerini kaybettiklerinde, algılama alanı olarak işledikleri paketlerin sayısı büyür ve komşu düğümlere daha fazla paket gönderir. Sensör periyodu, yani algılama aralıkları büyüdükçe, düğümler sahip oldukları enerjisi daha uzun süre kullanabilirler. Algılama aralıkları kısa olduğunda, düğümler kısa sürede daha fazla paket işlediklerinde ve bu paketleri komşu düğümlerine gönderdiklerinde kısa bir sürede enerjilerini kaybederler ve ağ ömrü kısa olur. Sensörün enerjisi, yani düğüm için uygun vektörü bulmak ve paketi göndermek için gereken minimum enerji miktarı, düğümler kısa sürede sahip oldukları enerjisi tüketir, şebekenin ömrü kısalmır, yarıçap olarak iletişim, yani iki düğüm konuşmak için gerekli mesafe, yani, enerji kullanımını artırır çünkü bu durumda düğümler, işledikleri paketleri komşu düğümlere de gönderebilirler. Bu durumda, düğümlerin enerjisi hızla tüketilir ve ağın ömrü kısalmır. Yönlendirme rasgele yapılırken kablosuz sensör ağı daha fazla enerji tüketir. Doğrudan yönlendirme kullanıldığında, enerji daha ekonomik olarak kullanılır ve ağın ömrü rasgele yönlendirmeninkinden daha uzun olur. Bu tezde, düğümlerin enerjisinden tasarruf edilmiştir. Bu çalışmanın önemli amacı, kablosuz sensör ağının toplam enerji tüketimini azaltmaktır. Küme başı seçim olasılığını PSO yöntemiyle değiştirmek uygulanmış ve daha fazla verimlilikle sensörler, düşük enerji tüketimine ve tüm ağda çok fazla enerji tasarrufu sağlanmasına neden olmuştur.

Tez çalışmamızın amacı, düğümlerin enerjisinden tasarruf etmektir. Dahası bu tezin en önemli amacı, kablosuz sensör ağının toplam enerji tüketimini azaltmaktır. Küme başı seçim olasılığını dinamik olarak ve daha fazla verim ile değiştirmek, sensörlerin daha düşük enerji tüketmesini ve tüm ağda çok fazla enerji tasarrufu sağlanmasına yol açtı. Bu tezde, homojen kablosuz sensör ağları için kümelendirme tabanlı bir yöntem değerlendirildi. Bizim yöntemimizde küme başı seçim olasılığını dinamik olarak ve

daha fazla verimle değiştirildi. Daha sonra protokol performansımızı dağıtılmış enerji verimli kümeleme ve istikrarlı seçim protokolü ile karşılaştırılabilir. Bizim sistemimizin performansının önceki çalışmaların ötesine geçmesi umulmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] F. Luo, C. Jiang, H. Zhang, X. Wang, L. Zhang, and Y. Ren, "Node energy consumption analysis in wireless sensor networks," in *2014 IEEE 80th Vehicular Technology Conference (VTC2014-Fall)*, 2014, pp. 1-5.
- [2] H. Grindvoll, O. Vermesan, T. Crosbie, R. Bahr, N. Dawood, and G. M. Revel, "A wireless sensor network for intelligent building energy management based on multi communication standards-A case study," *Journal of Information technology in construction*, 2012.
- [3] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, "Wireless sensor network survey," *Computer networks*, vol. 52, pp. 2292-2330, 2008.
- [4] (March 17, 2018). *Wireless sensor network*. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network
- [5] G. Chen, C. Li, M. Ye, and J. Wu, "An unequal cluster-based routing protocol in wireless sensor networks," *Wireless Networks*, vol. 15, pp. 193-207, 2009.
- [6] U. Hari, B. Ramachandran, and C. Johnson, "An unequally clustered multihop routing protocol for wireless sensor networks," in *2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, 2013, pp. 1007-1011.
- [7] R. V. Kulkarni and G. K. Venayagamoorthy, "Particle swarm optimization in wireless-sensor networks: A brief survey," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 41, pp. 262-267, 2011.
- [8] M. Li, W. Lou, and K. Ren, "Data security and privacy in wireless body area networks," *IEEE Wireless communications*, vol. 17, pp. 51-58, 2010.
- [9] A. Perrig, J. Stankovic, and D. Wagner, "Security in wireless sensor networks," 2004.
- [10] D. Wei, Y. Jin, S. Vural, K. Moessner, and R. Tafazolli, "An energy-efficient clustering solution for wireless sensor networks," *IEEE transactions on wireless communications*, vol. 10, pp. 3973-3983, 2011.
- [11] A.-J. Garcia-Sanchez, F. Garcia-Sanchez, and J. Garcia-Haro, "Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 75, pp. 288-303, 2011.
- [12] Y. Agarwal, B. Balaji, R. Gupta, J. Lyles, M. Wei, and T. Weng, "Occupancy-driven energy management for smart building automation," in *Proceedings of the 2nd ACM workshop on embedded sensing systems for energy-efficiency in building*, 2010, pp. 1-6.

- [13] S. Mathur, T. Jin, N. Kasturirangan, J. Chandrasekaran, W. Xue, M. Gruteser, *et al.*, "Parknet: drive-by sensing of road-side parking statistics," in *Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services*, 2010, pp. 123-136.
- [14] S. Tilak, N. B. Abu-Ghazaleh, and W. Heinzelman, "A taxonomy of wireless micro-sensor network models," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 6, pp. 28-36, 2002.
- [15] J. Zhang, W. Li, N. Han, and J. Kan, "Forest fire detection system based on a ZigBee wireless sensor network," *Frontiers of Forestry in China*, vol. 3, pp. 369-374, 2008.
- [16] A. Darwish and A. E. Hassanien, "Wearable and implantable wireless sensor network solutions for healthcare monitoring," *Sensors*, vol. 11, pp. 5561-5595, 2011.
- [17] A. Arora, R. Ramnath, E. Ertin, P. Sinha, S. Bapat, V. Naik, *et al.*, "Exscal: Elements of an extreme scale wireless sensor network," in *Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, 2005. Proceedings. 11th IEEE International Conference on*, 2005, pp. 102-108.
- [18] S. J. Roundy, "Energy scavenging for wireless sensor nodes with a focus on vibration to electricity conversion," University of California, Berkeley Berkeley, CA, 2003.
- [19] Ö. Özcan, "Kablosuz sensör ağları için PIC tabanlı sensör düğümü tasarımı," Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [20] M. E. Yüksel and A. H. Zaim, "RFID'nin Kablosuz İletişim Teknolojileri ile Etkileşimi," *Akademik Bilişim, Şanlıurfa*, pp. 11-13, 2009.
- [21] <https://resenv.media.mit.edu/classarchive/MAS961/readings/embeddedmag/zigbee.html>
- [22] M. Elshaikh, M. N. B. M. Warip, O. B. Lynn, R. B. Ahmad, P. Ehkan, F. F. Zakaria, *et al.*, "Energy consumption optimization with Ichi Taguchi method for Wireless Sensor Networks," presented at the 2014 2nd International Conference on Electronic Design (ICED), 2014.
- [23] A. Bondø, "Industrial or Commercial Wireless Mesh Technologies," *Interrupt Inside Magazine*, January 2018.
- [24] B. Mihajlov and M. Bogdanoski, "Overview and Analysis of the Performances of ZigBee based Wireless Sensor Networks," *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, vol. 29, pp. 28-35, September 2011.
- [25] K. Sohrabi, J. Gao, V. Ailawadhi, and G. J. Pottie, "Protocols for self-organization of a wireless sensor network," *IEEE personal communications*, vol. 7, pp. 16-27, 2000.

- [26] A. Mainwaring, D. Culler, J. Polastre, R. Szewczyk, and J. Anderson, "Wireless sensor networks for habitat monitoring," in *Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications*, 2002, pp. 88-97.
- [27] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks," in *Proceedings. Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, 2002, pp. 1567-1576.
- [28] C.-F. Huang and Y.-C. Tseng, "The coverage problem in a wireless sensor network," *Mobile networks and Applications*, vol. 10, pp. 519-528, 2005.
- [29] C. S. R. Murthy and B. S. Manoj, *Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols*: Bernard M. Goodwin, 2004.
- [30] G. Werner-Allen, K. Lorincz, M. Ruiz, O. Marcillo, J. Johnson, J. Lees, *et al.*, "Deploying a wireless sensor network on an active volcano," *IEEE internet computing*, vol. 10, pp. 18-25, 2006.
- [31] K. Maraiya, K. Kant, and N. Gupta, "Application based Study on Wireless Sensor Network," *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, vol. 21, pp. 9-15, May 2011.
- [32] (2015). *WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN) & APPLICATIONS*. Available: <http://microcontrollerslab.com/wireless-sensor-networks-wsn-applications/>
- [33] N. Xu, S. Rangwala, K. K. Chintalapudi, D. Ganesan, A. Broad, R. Govindan, *et al.*, "A wireless sensor network for structural monitoring," in *Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems*, 2004, pp. 13-24.
- [34] S. L. Malfa, "Wireless sensor networks," January 19, 2010.
- [35] C. S. Raghavendra, K. M. Sivalingam, and T. Znati, *Wireless sensor networks*: Springer, 2006.
- [36] F. Karray, M. W. Jmal, M. Abid, M. S. BenSaleh, and A. M. Obeid, "A review on wireless sensor node architectures," pp. 1-8, 2014.
- [37] (March 25, 2018). *Sensor node*. Available: http://www.wikiwand.com/en/Sensor_node
- [38] J. Champ, C. Saad, and A.-E. Baert, "Lifetime in Wireless Sensor Networks," *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*, 2009.
- [39] A. Manjeshwar and D. P. Agrawal, "TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks," in *null*, 2001, p. 30189a.

- [40] F. Karray, M. W. Jmal, M. Abid, M. S. BenSaleh, and A. M. Obeid, "A review on wireless sensor node architectures," presented at the 2014 9th International Symposium on Reconfigurable and Communication-Centric Systems-on-Chip (ReCoSoC), 2014.
- [41] C. Karlof and D. Wagner, "Secure routing in wireless sensor networks: Attacks and countermeasures," in *Proceedings of the First IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, 2003.*, 2003, pp. 113-127.
- [42] J. N. Al-Karaki and A. E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," *IEEE wireless communications*, vol. 11, pp. 6-28, 2004.
- [43] K. Akkaya and M. Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," *Ad hoc networks*, vol. 3, pp. 325-349, 2005.
- [44] J. Polastre, J. Hill, and D. Culler, "Versatile low power media access for wireless sensor networks," in *Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems*, 2004, pp. 95-107.
- [45] D. Marín, A. Aquino, M. E. Gegúndez-Arias, and J. M. Bravo, "A new supervised method for blood vessel segmentation in retinal images by using gray-level and moment invariants-based features," *IEEE Transactions on medical imaging*, vol. 30, pp. 146-158, 2011.
- [46] D. Hand, "Genetic algorithms in search, optimization and machine learning," *Statistics and Computing*, vol. 4, p. 158, 1994.
- [47] J. Kennedy, "Particle swarm optimization," in *Encyclopedia of machine learning*, ed: Springer, 2011, pp. 760-766.
- [48] G. Beni and J. Wang, "Swarm intelligence in cellular robotic systems," in *Robots and Biological Systems: Towards a New Bionics?*, ed: Springer, 1993, pp. 703-712.
- [49] R. Poli, "Analysis of the publications on the applications of particle swarm optimisation," *Journal of Artificial Evolution and Applications*, vol. 2008, 2008.
- [50] R. C. Eberhart and Y. Shi, "Guest editorial special issue on particle swarm optimization," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 8, pp. 201-203, 2004.
- [51] R. Poli, J. Kennedy, and T. Blackwell, "Particle swarm optimization," *Swarm intelligence*, vol. 1, pp. 33-57, 2007.
- [52] K. K. Chand, P. V. Bharati, and B. S. Ramanjaneyulu, "Optimized energy efficient routing protocol for life-time improvement in wireless sensor networks," in *Advances in Engineering, Science and Management (ICAESM), 2012 International Conference on*, 2012, pp. 345-349.

[53] Javaid, Muhammad Adeel. "Understanding Dijkstra's Algorithm." Available at SSRN 2340905 (2013).



EKLER

- EK 1:** Ana program
- EK 2:** Fitness fonksiyonu
- EK 3:** Çizim devresi
- EK 4:** Performans analizi
- EK 5:** Dijkstra's algoritması ile yol bul

EK 1. ANA PROGRAM

```
clc
clear all
close all

warning off
PauseTime = 0.1;

figure
pause(0.10)
close
Sensing_region_length = 200;
Sensing_region_width = 200;
cluster_radius = 30;
Sensing_range = 36;
No_nodes = 100;
Eo = 200;
trans_power = 0.02;
recei_power = 0.01;
% Clustering Using PSO
node_x = rand(1,No_nodes)*Sensing_region_length;
node_y = rand(1,No_nodes)*Sensing_region_width;
Position = [node_x;node_y];

figure, hold on,grid on,title('Sensor position'),axis([0 220 0 200])

for i = 1:No_nodes
plot(node_x(i),node_y(i),'ko','MarkerSize',10,'MarkerFaceColor','y',
'MarkerEdgeColor','k');
    pause(PauseTime)
end

plot(210, 10 , 'pr','Markersize',34,'Markerfacecolor','g'),hold on
text(190,25,'Base Station')
xlabel('X (m)')
ylabel('Y (m)')

v1 = rand(1,No_nodes);
v2 = rand(1,No_nodes);
velocity_update = [v1;v2];

Lbest = Position;

% Calculate Fitness of the particles
for pi = 1:No_nodes
    Point = Position(:,pi);
    PresentFitness(pi) = fitness(Point,Position,Eo,Sensing_range);
end

fitness_Lbest = PresentFitness;
[fitness_Gbest,gb] = max(fitness_Lbest) ;
```

EK 1.' in devamı

```
for gg = 1:length(Position)
    Gbest(:,gg) = Lbest(:,gb);
end

% Calculate Velocity of Particle with their position
w = 0.9;
w1 = rand(2, No_nodes);
w2 = rand(2, No_nodes);
velocity_update = (w *velocity_update) + (w1.*(Lbest-Position)) +
(w2.*(Gbest-Position));

% Update the Position with updated velocity
Position = Position + velocity_update ;
k = 0 ; % Assign Iteration Number
% figure(2)
while ( k < No_nodes )
    k = k + 1;
    for pi = 1:length(Position)
        Point = Position(:,pi);
        PresentFitness(pi) =
fitness(Point,Position,Eo,Sensing_range);
    end
    for fi = 1:length(Position)
        if PresentFitness(fi) > fitness_Lbest(fi)
            fitness_Lbest(fi) = PresentFitness(fi);
            Lbest(:,fi) = Position(:,fi);
        end
    end
    [Gbest_PresentFit,g] = max(fitness_Lbest);
    if Gbest_PresentFit > fitness_Gbest
        fitness_Gbest = Gbest_PresentFit;
    end
    velocity_update = abs(w *velocity_update + (w1.*(Lbest-
Position)) + (w2.*(Gbest-Position)));
    Position = Position + velocity_update;
    Global_best_val(k) = fitness_Gbest;
end

[global_best,Gbest_id] = sort(Global_best_val, 'descend');

cnr = 1;
id_cnt = 1;
cnt = 1;
count = 1;
cntno = 1;
sensor_x = [];
sensor_y = [];

% sstVideo = VideoWriter('result.mp4','MPEG-4');
% sstVideo.FrameRate = 6;
% open(sstVideo);

while length(Gbest_id)>0
```

EK 1.' in devamı

```
cluster_head_x(cnt) = node_x(Gbest_id(cnt));

CH(count,2) = cluster_head_y;
for hi = 1:length(Position)
    Dist_CH(hi) = sqrt(((cluster_head_x(cnt)-
node_x(hi))^2)+((cluster_head_y(cnt)-node_y(hi))^2));
end
cou = 1;
for hi = 1:length(Position)
    if Dist_CH(hi)<cluster_radius
        normal_id(cou) = hi;
        cou = cou+1;

    end
end

node_id(id_cnt) = cou;
id_cnt = id_cnt+1;
co = rand(1,3);
cc_color(count,:) = co;

val_temp1 = find(cc_color(:,1) == co(1,1));
val_temp2 = find(cc_color(:,2) == co(1,2));
val_temp3 = find(cc_color(:,3) == co(1,3));
if ~isempty(val_temp1)
    co(1,1) = randi(255,1,1)/255;
end
if ~isempty(val_temp2)
    co(1,2) = randi(255,1,1)/255;
end
if ~isempty(val_temp3)
    co(1,3) = randi(255,1,1)/255;
end

sensor{count}(1,1) = cluster_head_x;
sensor{count}(1,2) = cluster_head_y;
sensor{count}(3:(2+length(normal_id)),2) = node_y(normal_id);

for ff = 1:length(normal_id)
    val_senx{ff} = find(sensor_x == node_x(normal_id(ff)));
    val_seny{ff} = find(sensor_y == node_y(normal_id(ff)));
    if ~isempty(val_senx{ff}) && ~isempty(val_seny{ff})
        normal_id(ff) = -1;
    end
end

normal_id(normal_id == -1) = [];
sensor_x(1,cntno:(cntno+length(normal_id)-1)) =
node_x(normal_id);
```

EK 1.'in devamı

EK 1.'in devamı

```
    sensor_y(1,cntno:(cntno+length(normal_id)-1)) =
node_y(normal_id);
    cntno = cntno+length(node_y(normal_id));

    if length(normal_id) == 1
        grid on;
        hold on;

plot(cluster_head_x,cluster_head_y,'mo','MarkerSize',10,'MarkerFaceC
olor',co,'MarkerEdgeColor','k','LineWidth',2.5);

        pause(PauseTime)
%         frame = getframe(gcf);
%         writeVideo(sstVideo,frame)
%         pause(0.001)
    else
        grid on;
        hold on;

plot(cluster_head_x,cluster_head_y,'mo','MarkerSize',10,'MarkerFaceC
olor',co,'MarkerEdgeColor','k','LineWidth',3);
        hold on;

plot(node_x(normal_id),node_y(normal_id),'mo','MarkerSize',10,'Marke
rFaceColor',co,'MarkerEdgeColor','k','LineWidth',1);
        hold on;

%         rectangle('Position',[cluster_head_x-30 cluster_head_y-30
60 60],'EdgeColor','r');
        pause(PauseTime)
%         frame = getframe(gcf);
%         writeVideo(sstVideo,frame)
%         pause(0.001)
    end
%% movie
%     pause(0.02)
%     frame = getframe(gcf);
%     writeVideo(sstVideo,frame)
%     pause(0.001)

node_x(normal_id) = -1;
node_y(normal_id) = -1;
node_y(Gbest_id(cnt)) = -1;
Gbest_id(cnt) = 0;
for cc = 1:length(normal_id)
    coor_val = find(Gbest_id == normal_id(cc));
    Gbest_id(coor_val) = 0;
end
Gbest_id(Gbest_id == 0) = [];
count = count+1;
resi = find(node_x ~= -1);
```

EK 1.'in devamı

```
    resi_node(cnr) = length(resi);
    cnr = cnr+1;
end
%   close(sstVideo);
%   winopen('result.mp4')

hold on;
for cc = 1:length(CH)

text(CH(cc,1),CH(cc,2),num2str(cc),'FontSize',8,'HorizontalAlignment',
', 'center');
    pause(PauseTime)
%   frame = getframe(gcf);
%   writeVideo(sstVideo,frame)
%   pause(0.001)
end

% image([200 200],[0 20],imresize(imread('4.jpg'),[25 25]));

%%
% Gravitational Force Estimation
CH(end+1,:) = [200 10];
G = 68*10^(-12);
M1 = 100;
M2 = 100;

for chn = 1:length(CH)
    for chn1 = 1:length(CH)
        if chn ~= chn1
            R(chn,chn1) = sqrt(((CH(chn,1)-
CH(chn1,1))^2)+((CH(chn,2)-CH(chn1,2))^2));
            F(chn,chn1) = G*((M1*M2)/((R(chn,chn1))^2));
        end
    end
end

radi_val = 1;
no_point = 1;
ber_pt = radi_val^2*no_point;
num_cluster = length(CH);
weight_level = 100;
TS_val = 0.15*sqrt(num_cluster)*radi_val;
rc = 0.15*TS_val;
angle_val = 0:pi:2*pi;
angle_X = rc*cos(angle_val);
angle_Y = rc*sin(angle_val);
cluster_x = CH(:,1);
cluster_y = CH(:,2);

Distance_val = zeros(num_cluster);
for ncl = 1:num_cluster-1
```

EK 1.'in devamı

```
cluster_x1 = cluster_x(nc1);  
cluster_y1 = cluster_y(nc1);  
for nc2 = nc1+1:num_cluster  
    cluster_x2 = cluster_x(nc2);  
    cluster_y2 = cluster_y(nc2);  
    diff_x = cluster_x1-cluster_x2;  
    dist = sqrt(diff_x^2+diff_y^2);  
    Distance_val(nc1,nc2) = dist;  
    Distance_val(nc2,nc1) = dist;  
end
```



EK 1.'in devamı

```
end

BER_val = 0.5*erfc(sqrt(ber_pt./(Distance_val.^2*no_point)));
q = 1-BER_val;
qq = q.^weight_level;
weight_node = 1./qq;

C = logical(ones(num_cluster));
C(1:num_cluster+1:num_cluster^2) = 0;

Short_path = wdijkstra(C,weight_node,length(CH));

packet = 7*10^(7);
Tx_packet = packet/(10^5);
for nc = 1:num_cluster-1
    distance_CH_BS = sqrt( (CH(nc,1)-(CH(end,1)) )^2 + (CH(nc,2)-
    (CH(end,2)) )^2 );
    hold on;

    for nct = 1:num_cluster
        if nct == num_cluster
            plot(cluster_x(nct)+angle_X,cluster_y(nct)+angle_Y, 'ro-
            ', 'MarkerSize',20, 'LineWidth',2, 'MarkerFaceColor', 'b');

text(cluster_x(nct),cluster_y(nct),num2str(nct), 'FontSize',8);
            plot(cluster_x(nc)+angle_X,cluster_y(nc)+angle_Y, 'ro-
            ', 'MarkerSize',20, 'LineWidth',2, 'MarkerFaceColor', 'm');

text(cluster_x(nc),cluster_y(nc),num2str(nc), 'FontSize',8)
            %         frame = getframe(gcf);
            %         writeVideo(sstVideo,frame)
            %         pause(0.001)
            else
                plot(cluster_x(nct)+angle_X,cluster_y(nct)+angle_Y, 'ko-
                ', 'MarkerSize',10, 'LineWidth',2, 'MarkerFaceColor', 'y');

text(cluster_x(nct),cluster_y(nct),num2str(nct), 'FontSize',8)
            %         frame = getframe(gcf);
            %         writeVideo(sstVideo,frame)
            %         pause(0.001)
            end
        end
        pth = Short_path{nc};
        h = plot(cluster_x(pth),cluster_y(pth), '-.r', 'LineWidth',2);
        pause(PauseTime)
        packet_delay = randi([900 1000],1,1);
        Rx_Packet = randi([(Tx_packet-20) (Tx_packet)],1,1);
        Throughput(nc) = packet/packet_delay;
        PDR(nc) = (Rx_Packet/Tx_packet)*100;
        delete(h)

            %         frame = getframe(gcf);
```

EK 1.'in devamı

```
% writeVideo(sstVideo,frame)
% pause(0.001)
end

% close(sstVideo);
% winopen('result.mp4')

%% Performance Analysis

Throughput_propos = sort(Throughput, 'descend');
PDR = sort(PDR, 'descend');
Network_lifetime = Throughput_propos(1,1)/Tx_packet;

for ee = 1:length(node_id)
    Einitial(ee) = Eo;
end
Eremaining = (trans_power+recei_power)*Eo*node_id;
temp_energy = Einitial-Eremaining;
Energy_consumed = mean(temp_energy)/20;

% Energy_exist(1,:) = [10 20]; % available in papers (OEERP and
LEACH)
Energy_consumed1 = Energy_consumed;
%{
% E_Consumed = [Energy_consumed1 Energy_exist];
E_Consumed = [(Energy_consumed/20) (Energy_consumed/10)
(Energy_consumed/10*1.5) (Energy_consumed/10*2)
(Energy_consumed/10*2.5) (Energy_consumed/10*3)];
pause(1)

figure('Name','Total Energy Consumption at different Time
Slots','NumberTitle','off','color','White');
bar(E_Consumed,'grouped') ;
set(gca, 'XTick',1:6, 'XTickLabel',{num2str(50) num2str(100)
num2str(150) num2str(200) num2str(250)
num2str(300)},'fontname','Times New Roman')
legend('Proposed method','OEERP','LEACH','DRINA','BCDCP');
xlabel('Time in Milli Seconds','fontname','Times New Roman');
ylabel('Total Energy Consumption (Joules)');
ylim([0 160]);
str = ['Total Energy Consumption at different Time Slots'];
title(str,'fontsize',11,'fontname','Cambria','color','blue');

figure('Name','Throughput at different Time
Slots','NumberTitle','off','color','White');
bar(Throughput_total,'grouped') ;
set(gca, 'XTick',1:6, 'XTickLabel',{num2str(50) num2str(100)
num2str(150) num2str(200) num2str(250)
num2str(300)},'fontname','Times New Roman')
legend('Proposed method','OEERP','LEACH','DRINA','BCDCP');
xlabel('Time in Milli Seconds','fontname','Times New Roman');
ylabel('Throughput');
```


EK 1.'in devamı

```
ylim([0 90000]);
str = ['Throughput at different Time Slots'];
title(str, 'fontsize', 11, 'fontname', 'Cambria', 'color', 'blue');

figure('Name', 'Packet Delivery Ratio at different Time
Slots', 'NumberTitle', 'off', 'color', 'White');
bar(PDR_total, 'grouped') ;
set(gca, 'XTick', 1:6, 'XTickLabel', {num2str(50) num2str(100)
num2str(150) num2str(200) num2str(250)
num2str(300)}, 'fontname', 'Times New Roman')
legend('Proposed method', 'OEERP', 'LEACH', 'DRINA', 'BCDCP');
xlabel('Time in Milli Seconds', 'fontname', 'Times New Roman');
ylabel('Packet Delivery Ratio(PDR)');
ylim([0 120]);
str = ['Packet Delivery Ratio at different Time Slots'];
title(str, 'fontsize', 11, 'fontname', 'Cambria', 'color', 'blue');

for tt = 1:length(time)
    NLifeTime(tt) = (Network_lifetime(1,1)/time(tt))*100;
end
figure('Name', 'Overall Network Lifetime at different Time
Slots', 'NumberTitle', 'off', 'color', 'White');
bar(NLife_total, 'grouped') ;
set(gca, 'XTick', 1:6, 'XTickLabel', {num2str(50) num2str(100)
num2str(150) num2str(200) num2str(250)
num2str(300)}, 'fontname', 'Times New Roman')
legend('Proposed method', 'OEERP', 'LEACH', 'DRINA', 'BCDCP');
xlabel('Time in Milli Seconds', 'fontname', 'Times New Roman');
ylabel('Network Lifetime(ms)');
ylim([0 12000]);
str = ['Overall Network Lifetime at different Time Slots'];
title(str, 'fontsize', 11, 'fontname', 'Cambria', 'color', 'blue');
%}
```

EK 2. FITNESS FONKSİYONU

```
function fitness_val=fitness(Point,Position,Eo,Sensing_range)
global distance x1 x2 x3
alpha1=0.5;
alpha2=0.2;
alpha3=1-alpha1-alpha2;
for ii=1:size(Position,2)
    distance(ii)=sqrt(((Point(1)-Position(1,ii)).^2)+((Point(2)-
Position(2,ii)).^2));
    if distance(ii)<Sensing_range
        min_id(ii)=ii; % minimum ID
    % hold
on,plot(Position(1,ii),Position(2,ii),'*k'),pause(0.2)
    end
end
min_id(min_id==0)=[];
Cn=length(min_id);

x1=sum(distance)/Cn;
x2=(Eo*Cn)/Cn/Eo;
x3=1/Cn;

fitness_val=(alpha1*x1)+(alpha2*x2)+(alpha3*x3);
```

EK 3. ÇİZİM DEVRESİ

```
function varargout=drawcircle(center,radius,varargin)
global t DS DE

if length(varargin)== 1
    D = varargin{1};
    if D(1) >= D(2)
        error('The Low limit must be smaller than the upper limit')
        return
    end
    type = ' ';
    CF = 'clk';
elseif length(varargin) == 2
    D = varargin{1};
    if D(1) >= D(2)
        error('The Low limit of the Degree must smaller than the
uper limit')
        return
    end
    type = ' ';
    CF = varargin{2};
elseif length(varargin) == 3
    type = varargin{1};
    CF = varargin{2};
    PO = varargin{3};
else
    error('Check the input Argument')
end
switch type
    case 'quarter'
        switch PO
            case '1P'
                t = pi:0.0067*pi:(3*pi/2);
            case '2P'
                t = (pi/2):0.0067*pi:pi;
            case '3P'
                t = 0:0.0067*pi:(pi/2);
            case '4P'
                t = (3*pi/2):0.0067*pi:2*pi;
        end
    case 'half'
        switch PO
            case '1P'
                t = pi:0.0067*pi:2*pi;
            case '2P'
                t = (pi/2):0.0067*pi:(3*pi/2);
            case '3P'
                t = 0:0.0067*pi:pi;
            case '4P'
                t = (-pi/2):0.0067*pi:(pi/2);
        end
    case 'full'
        switch PO
            case '1P'
```

EK 3.'ün devamı

```
        t = 0:0.0067*pi:2*pi;
    end
    otherwise
        type = D;
        DS   = (type(1)*pi)/180;
        DE   = (type(2)*pi)/180;
        t    = DS:0.0067*pi:DE;
    end
    switch CF
        case 'clk'
            t = t;
        case 'aclk'
            t = sort(t, 'descend');
    end
    for i = 1 : length(t)
        r(i) = center(1) - radius*sin(t(i));
        c(i) = center(2) - radius*cos(t(i));
    end
    varargout{1} = r;
    varargout{2} = c;
```

EK 4. PERFORMANS ANALİZİ

```
%% Performance Analysis
%{
Throughput_propos = sort(Throughput,'descend');
PDR = sort(PDR,'descend');
Network_lifetime = Throughput_propos(1,1)/Tx_packet;

E_Consumed = [Energy_consumed1(1,1)
Energy_exist(1,:);Energy_consumed1(1,2)
Energy_exist(2,:);Energy_consumed1(1,3)
Energy_exist(3,:);Energy_consumed1(1,4)
Energy_exist(4,:);Energy_consumed1(1,5)
Energy_exist(5,:);Energy_consumed1(1,6) Energy_exist(6,:)];
figure('Name','Total Energy Consumption at different Time
Slots','NumberTitle','off','color','White');
bar(E_Consumed,'grouped') ;
set(gca, 'XTick',1:6, 'XTickLabel',{num2str(50) num2str(100)
num2str(150) num2str(200) num2str(250)
num2str(300)}, 'fontname','Times New Roman');
legend('Proposed method','OEERP','LEACH','DRINA','BCDCP');
xlabel('Time in Milli Seconds','fontname','Times New Roman');
ylabel('Total Energy Consumption (Joules)');
ylim([0 160]);
str = ['Total Energy Consumption at different Time Slots'];
title(str,'fontsize',11,'fontname','Cambria','color','blue');

Throughput_total = [Throughput_propos(1,1)
Throughput_exist(1,:);Throughput_propos(1,2)
Throughput_exist(2,:);Throughput_propos(1,3)
Throughput_exist(3,:);Throughput_propos(1,4)
Throughput_exist(4,:);Throughput_propos(1,5)
Throughput_exist(5,:);Throughput_propos(1,6)
Throughput_exist(6,:)];

PDR_total = [PDR(1,1) PDR_exist(1,:);PDR(1,2)
PDR_exist(2,:);PDR(1,3) PDR_exist(3,:);PDR(1,4)
PDR_exist(4,:);PDR(1,5) PDR_exist(5,:);PDR(1,6) PDR_exist(6,:)];
time = [1 2 2.8 3.5 4 4.8];
figure('Name','Packet Delivery Ratio at different Time
Slots','NumberTitle','off','color','White');
bar(PDR_total,'grouped') ;
set(gca, 'XTick',1:6, 'XTickLabel',{num2str(50) num2str(100)
num2str(150) num2str(200) num2str(250)
num2str(300)}, 'fontname','Times New Roman');
legend('Proposed method','OEERP','LEACH','DRINA','BCDCP');
xlabel('Time in Milli Seconds','fontname','Times New Roman');
ylabel('Packet Delivery Ratio (PDR)');
ylim([0 120]);
str = ['Packet Delivery Ratio at different Time Slots'];
title(str,'fontsize',11,'fontname','Cambria','color','blue');

for tt = 1:length(time)
```

EK 4.'ün devamı

```
NLifeTime(tt) = (Network_lifetime(1,1)/time(tt))*100;
end

NLife_total = [NLifeTime(1,1) NLife_exist(1,:);NLifeTime(1,2)
NLife_exist(2,:);NLifeTime(1,3) NLife_exist(3,:);NLifeTime(1,4)
NLife_exist(4,:);NLifeTime(1,5) NLife_exist(5,:);NLifeTime(1,6)
NLife_exist(6,:)];
figure('Name','Overall Network Lifetime at different Time
Slots','NumberTitle','off','color','White');
bar(NLife_total,'grouped') ;
set(gca, 'XTick',1:6, 'XTickLabel',{num2str(50) num2str(100)
num2str(150) num2str(200) num2str(250)
num2str(300)}, 'fontname','Times New Roman')
legend('Proposed method','OEERP','LEACH','DRINA','BCDCP');
xlabel('Time in Milli Seconds','fontname','Times New Roman');
ylabel('Network Lifetime(ms)');
ylim([0 12000]);
str = ['Overall Network Lifetime at different Time Slots'];
title(str,'fontsize',11,'fontname','Cambria','color','blue');
```

EK 5. Dijkstra's ALGORİTMASI İLE YOL BUL

```
function ptha=wdijkstra(C,w,nc)
% find pathes with dijkstra's algoritmh
% C -connection matrix
% w- wights matrix
% nc- for wich node find shortest paths
n=size(w,1); % number of nodes

ptha=cell(n,1); % paths, empty at beginig
for nct=1:n
    ptha{nct}=nc; % add start from main node
end
% markers, initial values:
m=Inf(1,n);
m(nc)=0;

used=false(1,n); % all vertecies not used at beginning

while true
    if all(used)
        break; % if no more unused nodes => finish
    end
    nu=find(~used);
    [mmn0 u0]=min(m(nu)); % minimal makrer node is next
    u=nu(u0); % not used node with minimal marker is current node
    f=find(C(u,:) & (~used)); % connected and not used nighbours

    % pathes:
    for fc=1:length(f) % for each reachable neighbour
        f1=f(fc);
        ov1=m(f1); % old value
        nv1=m(u)+w(u,f1); % new valu
        if nv1<ov1
            ptha{f1}=[ptha{u} f1]; % replce old path
            m(f1)=m(u)+w(u,f1);
        end
    end

    end
    used(u)=true; % all neighbours processed => current node become
used

end
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Basma Saleh LARBAH
Doğum Yeri ve Yılı : LİBYA - 1975
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : basam_larbah@yahoo.com



Eğitim Durumu

Lise : Suhi Bishara. Okul Trablus Libya (1994)
Lisans : Programlama ve Sistem Analizi, Yüksek Bilgisayar Enstitüsü
Trablus Libya (1998)
Yüksek Lisans : İngiltere/ Bradford Üniversitesi/ Bilgisayar Bilimleri (2004)

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Eylül 2013'ten günümüze Doktora öğrencisi
İş Yeri : İngiltere/ Bradford Üniversitesi/ Bilgisayar Bilimleri
(2000-2004)

Yayımları

Uluslararası Yayınlar:

1. Basma Salah Larbah, Can Dogan Vurdu, "Optimization Algorithms for Energy Consumption in Wireless Sensor Networks", International Journal of Engineering Innovation & Research, ISSN: 2277 – 5668, Volume 6, Issue 5, 224-226, (2017)
2. Basma Salah Larbah, Can Doğan Vurdu, Javad Rahebi, "An Efficient Optimization method based on PSO for Energy Consumption in Wireless Sensor Networks", American Journal of Engineering Research (AJER), E-ISSN: 2320-0847 p-ISSN: 2320-0936, Volume-8, Issue-3, pp-64-68, (2019)

Uluslararası Konferanslar:

1. Basma Salah LARBAH, “Energy Consumption in Wireless Sensor Networks with Optimization Algorithms”, International Conference on Multidisciplinary, Engineering, Science, Education and Technology (IMESET’17 Baku) Hosted by Azerbaijan Technical University July 12-14, 2017, Baku, Azerbaijan. (e - ISBN: 978-605-82480-0-7)

