

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KABLOSUZ SENSÖR AĞLARDA ENERJİ ETKİLİ HEDEF TAKİP
SİMÜLASYONU GERÇEKLEŞTİRME**

SERTAÇ ŞALÇINI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT

EDİRNE-2017

SERTAÇ ŞALÇINI'nin hazırladığı “Kablosuz Sensör Ağlarda Enerji Etkili Hedef Takip Simülasyonu Gerçekleştirme” başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT

Yrd. Doç. Dr. Özlem UÇAR

Yrd. Doç. Dr. Hakan ÜSTÜNEL

İmza

Tez Savunma Tarihi: 31/10/2017

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT

Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Murat YURTCAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

31/10/2017

Sertaç ŞALÇINI

İmza

Yüksek Lisans Tezi

Kablosuz Sensör Ağlarda Enerji Etkili Hedef Takip Simülasyonu Gerçekleştirme

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Sensör ağları günümüz teknolojisinin gelişiminde yerini almaya başladığından beri hızla gelişmiş ve yönelimlerini kablolu yerine kablosuz sistemlere çevirmiştir. Ağ içerisindeki sensörler bulundukları ortamdaki nem, basınç, sıcaklık, hava değişimleri, ses, hareket gibi değerleri ölçebilmekte ve elde ettiği bu bilgileri diğer sensörlere ya da baz istasyonuna iletebilmektedir. Sensör ağlarının bu özelliklerinden dolayı askeri alanlarda örneğin hareket izleme, sınır güvenliği ve sivil alanlarda örneğin orman yangınlarının tespiti, çevre kirliliği analizi gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Kablosuz sensör ağlarda, enerji sağlayacak birimlerin fiziksel sınırlamalarının bir sonucu olarak karşılaşılan başlıca sıkıntılardan biri kısıtlı enerjidir. Kendi kendine organize olabilen, hataya toleranslı, optimum şekilde çalışan bir sensör yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasında ulaşılmak istenen hedef; kablosuz sensör ağlarda enerji verimliliğini dikkate alarak düğümlerin konumlarını belirlemek için en uygun algoritmaları araştırmak ve simülasyonu gerçekleştirmektir.

Yıl : 2017

Sayfa Sayısı : 85

Anahtar Kelimeler : Kablosuz Sensör Ağları, Enerji Etkili, Hedef Takip, Konumlandırma.

Master's Thesis

Realization of Energy Effectively Target Tracking Simulation in Wireless Sensor Networks

Trakya University Institute of Natural Sciences

Computer Engineering

ABSTRACT

One of the major problems of wireless sensor networks is limited energy resources of sensors. Sensors in the network can measure values such as humidity, pressure, temperature, air changes, sound, motion in the environment and this information can be transferred to other sensors or base station. For these features of sensor networks, they are used in military fields such as movement monitoring, border security and civilian areas or forest fires detection, environmental pollution analysis, etc. In a wireless sensor network, one of the main difficulties encountered as a result of the physical limitations of energy-supplying units is limited energy. Due to the effect that sensors consume their energy and they are generally placed in remote or inhabited places, it is usually impossible to replace the batteries or recharge them. Thus it is crucial to increase the network lifetime by using the energy efficiently.

In this study we researched which algorithms are energy efficiently for wireless sensor networks and what sort of simulations can be made.

Year : 2017

Number of Pages : 85

Keywords : Wireless Sensor Network, Energy Efficient, Target Tracking, Localization.

TEŞEKKÜR

Bir yabancı uyruklu olarak bize en iyi eğitimi almamızı sağlayan Türkiye Cumhuriyeti'ne ve Trakya Üniversitesi'ne, eğitim hayatım boyunca benim yolumu aydınlatan saygıdeğer hocalarıma ve tez çalışmam sırasında engin bilgi ve tecrübeleri ile destek olan sayın Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT'a, ilgi ve önerilerini göstermekten kaçınmayan sayın Arş. Gör. Serkan GİLANLI'ya sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Çalışmalarım boyunca beni maddi ve manevi olarak hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailem ve nişanlıma sonsuz teşekkürlemini sunmayı bir borç bilirim.

Sertaç ŞALÇINI

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
1. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI	1
1.1. Kablosuz Sensör Kavramı ve Gelişimi	1
1.1.1. Kablosuz Sensör Kavramı	1
1.1.2. Kablosuz Sensörlerin Yapısı	3
1.2. Kablosuz Sensörlerin Ağ Topolojileri.....	5
1.2.1. Yıldız Topolojisi	5
1.2.2. Örgü Topolojisi	6
1.2.3. Yıldız – Örgü Hibrid Topolojisi.....	6
1.2.4. Doğrusal Topolojisi.....	7
1.2.5. Ağaç Topolojisi	8
1.2.6. Halka Topolojisi.....	8
1.2.7. Dairesel Topolojisi	9
1.2.8. Izgara Topolojisi	9
1.2.9. Kablosuz Sensör Ağ Topolojilerinin Karşılaştırılması	10
1.3. Kablosuz Sensör Çalışmaları	10
1.3.1. Tıp Alanında Kablosuz Sensör Ağları	11
1.3.2. Askeri Alanında Kablosuz Sensör Ağları	14

1.3.3. Meteoroloji Alanında Kablosuz Sensör Ağları	17
1.3.4. Çevresel Alanlarda Kablosuz Sensör Ağları	20
1.3.5. Sınır Güvenliği Alanında Kablosuz Sensör Ağları	25
1.3.6. Endüstri Alanında Kablosuz Sensör Ağları	28
2. ENERJİ ETKİLİ KABLOSUZ SENSÖR AĞLARININ HEDEF TAKİP ALGORİTMALARI	31
2.1. Kendini Organize Eden Ağ: Enerji Verimliliği.....	32
2.1.1. Uyku Zamanlaması	32
2.1.2. Düğüm Seçimi.....	32
2.1.3. Dinamik Kümeleme	33
2.2. Hedef İzlemede Güç Yönetimi.....	33
2.2.1. Dinamik Güç Yönetimi	33
2.2.2. Kooperatif Uyumlu Güç Yönetimi.....	34
2.3. Hiyerarşik ağlarda Hedef İzleme Yaklaşımları	34
2.3.1. Küme Tabanlı Yaklaşımlar	35
2.3.2. Ağaç Tabanlı Yaklaşımlar.....	41
2.3.3. Hibrid Kümeleme Yaklaşımı	41
2.3.4. Aktivasyon (Etkinleştirme) Yaklaşımı.....	43
3. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARDA HEDEF TAKİP ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖRNEK BİR SİMÜLASYON GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	46
3.1. Kablosuz Sensör Ağlarda Algoritmaların Karşılaştırılması.....	46
3.2. Kablosuz Sensör Ağlarda Simülasyonun Gerçekleştirilmesi.....	52
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
KAYNAKÇA.....	66
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

2D	2 Dimensions	2 Boyutlu
ACT	Arranging Cluster sizes and Transmission ranges	Küme boyutlarını ve İletim aralıklarını ayarlama
ADV-MAC	Advertisement-Based Medium Access Control	Duyuruya Dayalı Ortam Erişim Kontrolü
APIT	Approximate Point in Triangle	Üçgende Yaklaşık Nokta
CCM	Chain Cluster-based Mixed	Zincir Küme Tabanlı Karıştırılması
DARPA	The Defense Advanced Research Project Agency	İleri Savunma Araştırma Proje Ajansı
Db	Decibel	Desibel
DDAR	Dynamic clustering and distance aware routing	Dinamik kümeleme ve uzaktan farklı yönlendirme
DV	Distance Vector	Mesafe Vektörü
ECG	Electrocardiography	Elektrokardiografi
EEHC	Energy Efficient Heterogeneous Clustered	Enerji Etkili Heterojen Kümeleme
EMG	Electromyography	Elektronöromiyografi
EPEGASIS	Enhanced Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems	Sensör Bilgi Sistemlerinde Daha Verimli Güç Toplama
GEAR	Geographical and Energy-Aware Routing	Coğrafi ve Enerji Kaynaklı Yönlendirme
GPRS	General Packet Radio Service	Paket kuralına dayalı radyo servisi
GPS	Global Positioning System	Küresel Konumlama Sistemi
GSM	Global System for Mobile Communications	Mobil İletişim İçin Küresel Sistem

HCTE	Hierarchical clustering based routing algorithm with applying the two cluster heads in each cluster for energy balancing	Enerji dengelemesi için her bir kümede iki küme başı uygulanarak Hiyerarşik Kümeleme tabanlı yönlendirme algoritması
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
LEACH	Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy	Düşük Enerjiye Uyarlanabilir Kümeleme Hiyerarşisi
LEACH-TLCH	İmproved LEACH	Geliştirilmiş LEACH
Leach-VF	LEACH with Virtual Force	Sanal Güç ile LEACH
MAC	Media Access Control	Ortam Erişim Yönetimi
MDS	Multidimensional scaling	Çok Boyutlu Ölçekleme
MHz	Megahertz	Megahertz
MWBCA	Multi-Weight Based Clustering Algorithm	Çok Ağırlıklı Kümeleme Algoritması
PEGASIS	Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems	Sensör Bilgi Sistemlerinde Verimli Güç Toplama
RF	Radio Frequency	Radyo Frekansı
RSSI	Received signal strength indication	Alıcı Sinyal Seviyesi Göstergesi
SENSIT	The Sensor Information	Sensör Bilgilendiricisi
SLGC	Select Grid Clustering	Izgaralı Kümeleme Seçimi
SMAC	Sensor Medium Access Control	Sensör Ortam Erişim Kontrolü
SMS	Short Message Service	Kısa Mesaj Hizmeti
SPIN	Sensor Protocols for Information via Negotiation	Bilgi İçin Anlaşma Yoluyla Sensör Protokolleri
TA-MAC	Task Aware Medium Access Control	Göreve Ait Ortam Erişim Kontrolü

TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol	İletim Denetimi Protokolü / Internet Protokolü
TDMA	Time-Division Multiple Access	Zaman bölümlü çoklu erişim
TDOA	Time Difference of Arrival	Varış Zaman Farkı
TEEN	Threshold Sensitive Energy Efficient Sensor Network	Eşiğe Duyarlı Enerji Etkili Sensör Ağı
TMAC	Timeout Medium Access Control	Zaman Aşımli Ortam Erişim Kontrolü
ToA	Time of Arrival	Varış Zamanı Yöntemi
TRAMA	Traffic-Adaptive Medium Access Control	Trafik Uyumlu Ortam Erişim Kontrolü
UDP	User Datagram Protocol	Kullanıcı Veribloğu İletişim Kuralları
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi
WCA	Weighted Clustering Algorithm	Ağırlıklı Kümeleme Algoritması
WLAN	Wireless Local Area Network	Kablosuz Yerel Alan Ağı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Sensör Düğümü.....	2
Şekil 1.2 Sensör Düğümü Mimarisi	3
Şekil 1.3 Mikro Sensör Düğümünün Sistem Mimarisi	3
Şekil 1.4 Kablosuz Sensör Ağ Mimarisi	4
Şekil 1.5 Sensör Ağ Haberleşme Mimarisi	4
Şekil 1.6 Yıldız Topolojisi	5
Şekil 1.7 Örgü Topolojisi.....	6
Şekil 1.8 Yıldız-Örgü Hibrit Topolojisi	7
Şekil 1.9 Doğrusal Topolojisi	7
Şekil 1.10 Ağaç Topolojisi.....	8
Şekil 1.11 Halka Topolojisi.....	8
Şekil 1.12 Dairesel Topoloji	9
Şekil 1.13 Izgara Topolojisi	10
Şekil 1.14 Monon ve Arkadaşlarının Geliştirmiş Oldukları Çalışma	12
Şekil 1.15 Figueredo ve Arkadaşlarının Geliştirmiş Oldukları Çalışma.....	13
Şekil 1.16 Keskin Nişancı Tipi 1.Mimari	16
Şekil 1.17 Keskin Nişancı Tipi 2.Mimari	16
Şekil 1.18 Keskin Nişancı Tipinde Sensör.....	16
Şekil 1.19 Otomatik İstasyon	18
Şekil 1.20 Rüzgâr Yön ve Hız Algılayıcısı.....	19
Şekil 1.21 Rüzgâr Hız Algılayıcısı	19
Şekil 1.22 Rüzgâr Yön Algılayıcısı	20
Şekil 1.23 Great Duck Island Habitat İzleme Ağının İki Katmanlı Mimarisi	21
Şekil 1.24 Kolombiya Nehrinde Algılayıcı İstasyonlar	22
Şekil 1.25 ZebraNet	23
Şekil 1.26 Yanardağda Kullanılan Algılayıcı Düğümü	24
Şekil 1.27 Yangın Tespit Sistemi.....	25
Şekil 1.28 Sınır Devriyesi İçin Hibrit Kablosuz Sensör Ağlarının Ağ Mimarisi .	27
Şekil 1.29 Mason Sistem Mimarisi	28
Şekil 1.30 FabApp Mimarisi	30

Şekil 2.1 Hedef İzleme Şemasının Sınıflandırılması	31
Şekil 2.2 Hiyerarşik Ağ.....	34
Şekil 2.3 Algılama Aralığına Karşı Etkinleştirme İzleme Hatası	44
Şekil 2.4 Algılama Aralığına Karşı Rastgele Etkinleştirme İzleme Hatası	45
Şekil 3.1 Ağ Özelliklerinin Girilmesi	53
Şekil 3.2 Simülasyon Oluşumu	53
Şekil 3.3 Simülasyon Oluşumu-2.....	54
Şekil 3.4 Ağın ilk kurulum aşamasında harcanan zaman ve enerji.....	54
Şekil 3.5 Ağın Kapsam Bağlantısına Karşı Oranı.....	55
Şekil 3.6 Kritik düğümlerin toplam ağ bağlantısına etkisi.....	55
Şekil 3.7 Tarama sayısının toplam ağ bağlantısına etkisi	56
Şekil 3.8 Düğüm yoğunluğunun sınır bağlantılarına etkisi.....	56
Şekil 3.9 Sınır bağlantılarında tarama sayısının etkisi	57
Şekil 3.10 Gecikme	57
Şekil 3.11 Başarı Oranı	58
Şekil 3.12 Yedek düğümlerin ağ ömrü üzerindeki etkisi.....	58
Şekil 3.13 Simülasyon Ağ Görünümü	59
Şekil 3.14 LEACH ve LEACH-TLCH Algoritmasının Ağ Ömrü.....	60
Şekil 3.15 Algoritmaların Yaşam Döngüsü	61
Şekil 3.16 LEACH Protokolünün İletim Gecikmesi.....	62
Şekil 3.17 PEGASIS Protokolünün İletim Gecikmesi	62
Şekil 3.18 Algoritmaların İletim Gecikmeleri.....	63
Şekil 3.19 Rastgele 100 düğümün Konumlanması	63
Şekil 3.20 K-means Algoritması ile Yeni Küme Başı Seçilmesi.....	64
Şekil 3.21 NS2 ile EPEGASIS Algoritmasının Simülasyonu.....	64

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1 Kablosuz Sensör Ağ Topolojilerinin Karşılaştırılması	10
Çizelge 3.1 Sensör Ağlarda Kullanılan Protokollerin Karşılaştırılması	46
Çizelge 3.2 Sensör Ağlarda Kullanılan Protokollerin Karşılaştırılması	47
Çizelge 3.3 Enerji Etkin Ortam Erişim Protokolleri	48
Çizelge 3.4 Enerji Etkin Ortam Erişim Protokollerinin Türü ve Özellikleri	48
Çizelge 3.5 Güvenli Ortam Erişim Protokolleri.....	49
Çizelge 3.6 Hareketli Ortam Erişim Protokolleri.....	49
Çizelge 3.7 Kablosuz Sensör Ağlarında Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Karşılaştırılması	50
Çizelge 3.8 Kablosuz Sensör Ağlarında Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Karşılaştırılması	50
Çizelge 3.9 Kablosuz Sensör Ağlarının Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Avantajları ve Dezavantajları	51
Çizelge 3.10 Kablosuz Sensör Ağlarının Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Avantajları ve Dezavantajları	51
Çizelge 3.11 Kablosuz Sensör Ağlarının Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Avantajları ve Dezavantajları	52

BÖLÜM 1

1. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI

1.1. Kablosuz Sensör Kavramı ve Gelişimi

Sensör ağları, basınç, nem, ses, ışık, sıcaklık ve hareketlilik gibi durumsal değişiklikleri takip edebilecek yapıda olan sismik, termik, görsel ve manyetik gibi birçok farklı tipteki algılayıcıyı içerebilmektedir. Kablosuz sensör ağlarda yeni bir dalga, DARPA'nın (The Defense Advanced Research Project Agency) SENSIT (The Sensor Information) araştırması ile başlamıştır. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) olayları incelemiş ve kablosuz kişisel alan ağları için IEEE 802.15.4 standardını tarif etmiştir. Daha sonralarda ise Zigbe Alliance tarafından yüksek düzeyde iletişim protokol standardı IEEE 802.15.4'e dayanarak yayınlanmıştır. 21. Yüzyılın en önemli projelerinden biri kablosuz algılayıcı ağlar olarak görülmektedir. Çin ve bu gibi ülkeler kendi stratejik araştırma programlarına yer vermektedir. Ayrıca Crossbow gibi ticari kuruluşlar da bu sistemlerin yaygınlaşmasını sağlamaktalar.

Kablosuz algılayıcılar konusundaki 1978 yılından itibaren meydana gelen teknolojik gelişmeler ile birlikte kablosuz sistemler ortam şartlarını gözlemleyen ve veri aktarımında kullanılan algılayıcılarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ökdem ve Karaboğa, 2007, Türker ve Tarımer, 2011, Şeker, 2016).

1.1.1. Kablosuz Sensör Kavramı

Sayısal elektronik ve kablosuz iletişim teknolojisindeki gelişmeyle birlikte kablosuz sensör ağlarda askeri, meteoroloji, sağlık ve jeoloji gibi daha birçok alanda uygulama imkânına sahiptir. Enerji kaynaklarının sınırlı olması, bu ağ

yapılarının işlevlerini gerçekleştirirken enerji tasarrufu ve yönlendirmeye oldukça önem vermesini sağlamıştır. Mikro elektromekanik ve kablosuz haberleşme sistemlerindeki gelişmelerle birlikte kablosuz sensör ağ uygulamaları 1990 yıllarında önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir (Ökdem, vd, 2007, Türker, vd, 2011).

Bu sistemlerin kullanılmasındaki en önemli sebepler; düşük güç tüketimi, veri işleme, düşük maliyet, sınırlı sayıda ekipman kullanımı, kablosuz iletişim kapasiteleri ve küçük algılayıcılar olmasıdır. Bu özellikleri sebebiyle kablosuz algılayıcılar, veri aktarımı ve gözlem alanında önemli bir yere sahiptir (Şeker, 2016).

Bununla birlikte ticari veya ortam şartlarından kaynaklanan sorunlar da kablosuz algılayıcıların tercih edilmesine neden olmuştur. Kablolu sistemlerin en önemli sorunları, yüksek kablo maliyetleri, kablo kırılmaları veya kopmaları ve yüksek güç tüketimi sayılabilmektedir. Algılayıcılar toplum veya çevreyle bütünleşik olarak kullanılabilir (Şeker, 2016).

Kablosuz sensör ağlarda kullanılan ve algısal bilgi toplama, hesaplama ve ağdaki diğer bağlantılı düğümlerle haberleşme yeteneklerine sahip olan düğümlere sensör düğümü denmektedir. (Bkz. Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Sensör Düğümü

1998 yılındaki Smartdust projesiyle birlikte sensör düğümlerinin geliştirilmesine başlanmıştır. Projenin amacı iletişim ve kübik milimetre içerisinde otonom algılama yaratmaktır. Projenin erken bitmesine rağmen birkaç araştırma projesinin doğmasına neden olmuştur. Bu projeler CENS2 ve Berkeley NEST1 projeleridir. Proje araştırmacıları sensör düğümü için mote terimini kullanmaktadırlar. Kablosuz sensör ağlardaki sensör düğümü ana bileşenleri (Bkz. Şekil 1.2) alıcı-verici, dışsal bellek, mikrodenetleyici, güç kaynağı ve bir veya daha fazla sensördür (Kalaycı, 2009).

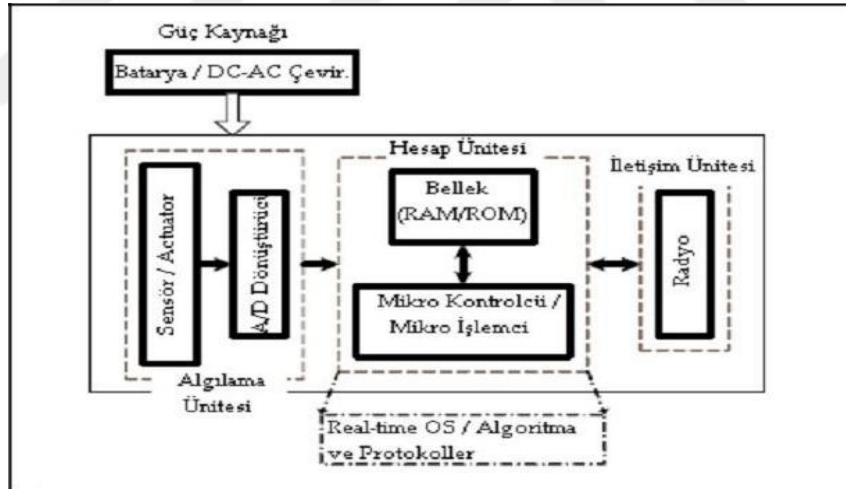


Şekil 1.2 Sensör Düzümü Mimarisi

1.1.2. Kablosuz Sensörlerin Yapısı

Kablosuz sensör ağların mimari yapısı genel olarak şu katmanlar altında toplanabilir;

- Sensör ağ düğümlerinin üzerindeki bileşenler (haberleşme ünitesi, bellek, işlemci, güç kaynağı, sensör ve/veya erişim düzeneği)
- Dağıtılmış Ağ Sistemi düzeyi
- Düzüm düzeyi



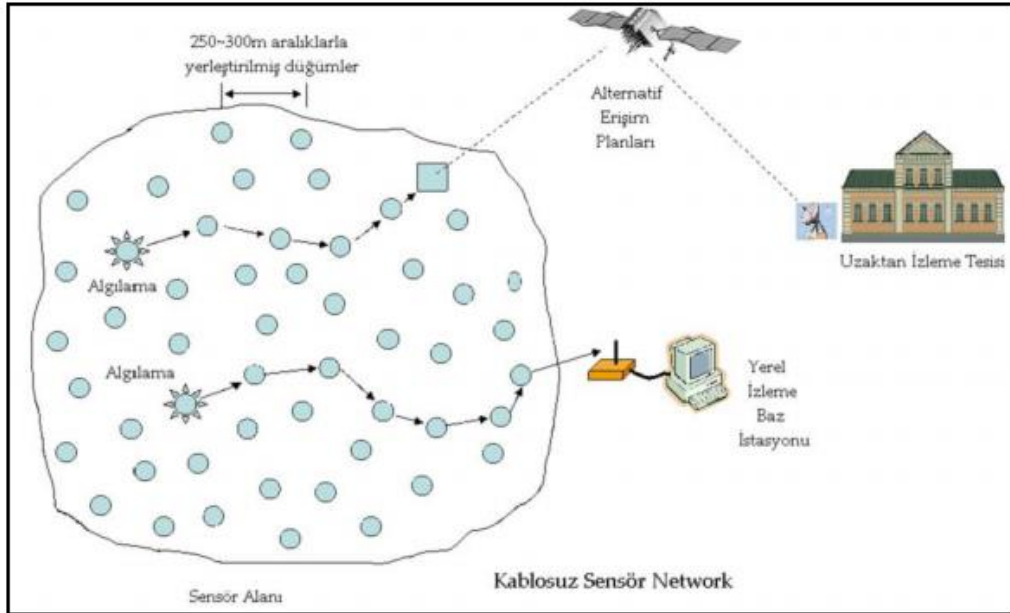
Şekil 1.3 Mikro Sensör Düzümünün Sistem Mimarisi

Algılama, veri işleme ve haberleşme özelliğine sahip sensör düğümleri kablosuz sensör ağların temel elemanlarıdır. Sensör düğümleri, kablosuz olarak izleyecekleri ortama rastgele saçılmış şekilde bulunurlar. Şekil 1.2, kablosuz sensör ağ mimarisini ifade etmektedir. İzlemenin gerçekleştiği ortamda toplanan veriler genellikle 3 seviyede işlenmektedir (Kalaycı, 2009).

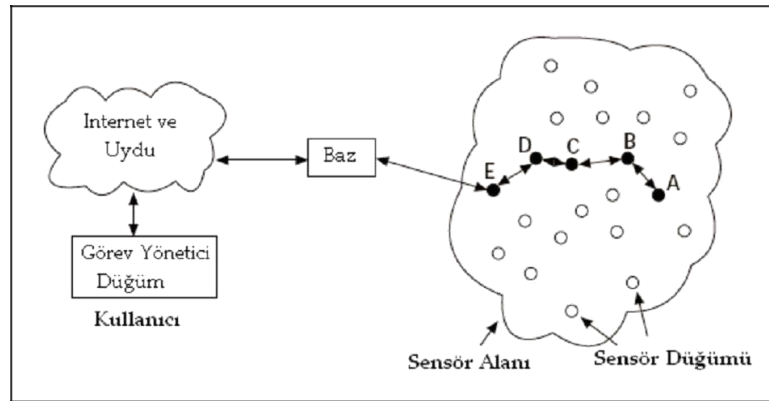
Ortamdaki izlenen olaylar, sensör düğümleri tarafından algılanmaktadır. Her sensör düğümü, elde etmiş olduğu veriyi ayrı ayrı işlemektedir. İkinci seviyede her düğüm algılayıp işlemiş oldukları veriyi komşularına göndermektedirler.

Sensör ağı haberleşmesi en üst katmanı işlenmiş olan verinin baz olarak adlandırılmış merkeze gönderilmesidir. Bazen gönderilmiş veri başka amaçlar için kullanılacaksa veya başka kıstaslar eşliğinde tekrar analiz edilecekse bu işlemlerin yapılacağı sistem ya da merkezlere iletimi sağlanmaktadır (Kalaycı, 2009).

Sensör düğümleri genellikle Şekil 1.4'te gösterildiği gibi sensör alanına dağıtılmış haldedir. Dağıtılmış bu düğümlerin her birinin veriyi toplayıp baz istasyonuna gönderme yeteneği vardır. Şekil 1.5'te ise verinin herhangi bir mimari altyapıya sahip olmadan gönderilmesi gösterilmektedir. Baz, görev yönetici düğümle uydu ya da internet aracılığıyla haberleşebilmektedir (Kalaycı, 2009).



Şekil 1.4 Kablosuz Sensör Ağ Mimarisi



Şekil 1.5 Sensör Ağ Haberleşme Mimarisi

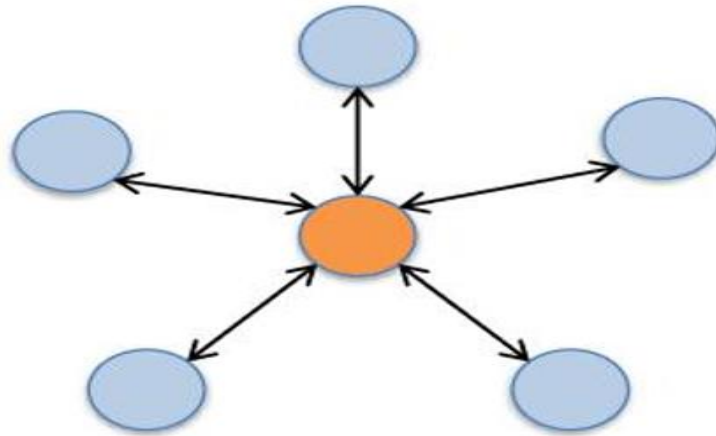
Sensör düğümlerinin tasarımı birçok etkenden etkilenir. Bu etkenler; ölçeklenebilirlik, çalışma ortamı, hata toleransı, üretim maliyetleri, sensör ağ topolojisi, çalıştırma ortamı, donanım kısıtlamaları, güç tüketimi ve iletim ortamıdır (Kalaycı, 2009).

1.2. Kablosuz Sensörlerin Ağ Topolojileri

Kablosuz sensör iletişimde birçok farklı ağ iletişim yöntemleri vardır. Kablosuz sensör ağların yapısı diğer uygulama alanlarından farklı olduğu için genelde aşağıdaki ağ topolojileri kullanılır (Soylu, 2012).

1.2.1. Yıldız Topolojisi

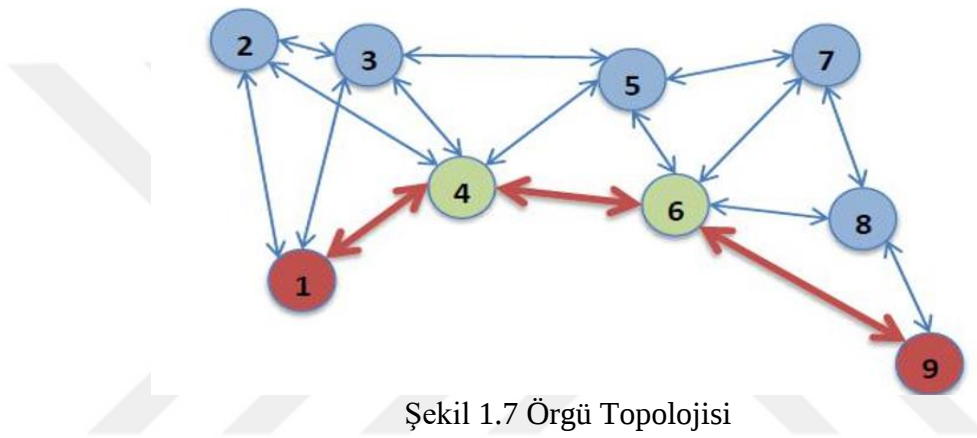
Yıldız topoloji ağ türünde bilgi aktarımları sadece baz istasyon ve düğümlerden gerçekleşebilir. Bu ağ türü düğümlerin baz istasyonundan bilgi alması ve baz istasyonuna bilgi aktarılması için yapılmıştır. Düğümler kendi aralarında bilgi alışverişi yapamaz, bu nedenle yıldız ağ topolojisi düğümlerin enerji tüketimini çok kolay bir şekilde kontrol altına alabilmektedir. Ayrıca düğümlerin ve baz istasyonunun arasındaki bilgi aktarım süreleride oldukça düşüktür. Düğümlerin merkez istasyonunun kapsama alanı içerisinde bulunma gereksinimi olumsuz yanını oluşturmaktadır (Soylu, 2012).



Şekil 1.6 Yıldız Topolojisi

1.2.2. Örgü Topolojisi

Mesafesi geniş olan kablosuz sensör ağlarda oldukça fazla tercih edilen bir ağ topolojisidir. Bu yöntemde, düğümler kendi aralarında iletişim yapabilmektedirler. Fakat belirlenen alanın dışındaki düğümlerle iletişim kurulması isteniliyorsa etrafındaki düğümleri köprü olarak kullanarak istenilen düğümle iletişim sağlanılabilir. Bu yöntemle oldukça az enerji harcayarak ve geniş mesafelerde iletişim kurmak mümkün olmaktadır (Soylu, 2012).

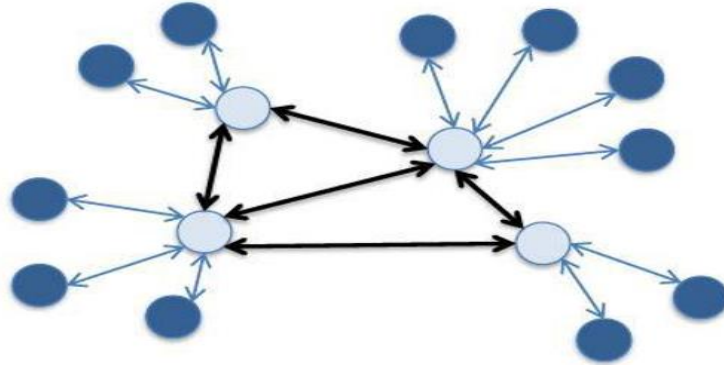


Şekil 1.7 Örgü Topolojisi

Örgü topolojisini kullanan kablosuz algılayıcılar arasındaki veri aktarımı Şekil 1.7’de gösterilmektedir. Mesela 1. ve 9. düğüm birbirleriyle iletişim sağlamak için aralarında olan 4. ve 6. düğümleri köprü olarak kullanılarak iletişimi gerçekleştirmiştir. Örgü topolojisinde yeni bir düğüm eklenmesi çok kolaydır ve örgü topolojisi ağının maksimum düğüm kapasitesi 255’dir. Yıldız topolojisine göre çok daha az enerji harcamaktadır (Soylu, 2012).

1.2.3. Yıldız – Örgü Hibrid Topolojisi

Örgü topolojisi ve Yıldız topolojisi yapısını birlikte kullanarak enerji tüketiminin minimum; kapsama alanının ise maksimum seviyede tutulmasını sağlayan topoloji yöntemidir (Soylu, 2012).

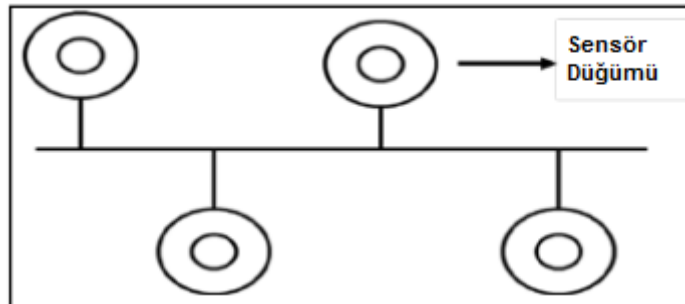


Şekil 1.8 Yıldız-Örgü Hibrit Topolojisi

Bu ağ topolojisi ZigBee olarak da bilinir. Bu ağ topolojisinde enerjisi düşük olan düğüm sadece veri aktarımını yapmaktadır, diğer düğümlerin köprü görevini üstlenmez. Enerjisi yüksek olan düğüm ise istediği düğümle doğrudan iletişim kurabilir. Bu nedenle geniş mesafelerde kullanılan yöntem çok az enerji tüketmektedir (Soylu, 2012).

1.2.4. Doğrusal Topolojisi

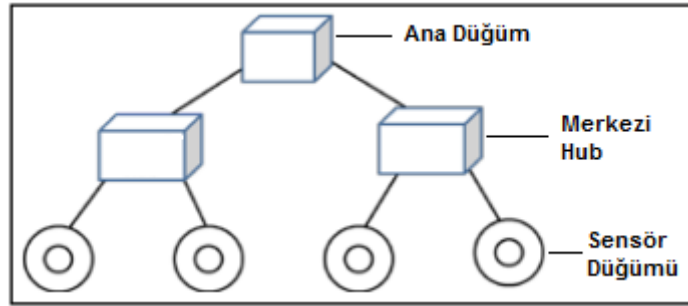
Bu topolojide ağıdaki bütün düğümler arasında iletişimi sağlayan bir düğüm bulunmakta ve bu düğüm ağda bir mesaj yayınlamaktadır ancak mesajı sadece isteyen düğüm kabul etmekte ve işlemektedir. Kurulması kolay bir topolojidir, ancak iletişim tek yönlü olunca trafik sıkışıklığına neden olur. Bununla beraber, veri yolu şebekeleri sınırlı sayıda düğümle en iyi şekilde çalışır. Bu ağ veri yoluna fazladan birkaç düğüm eklenirse büyük ihtimalle performans sorunları ortaya çıkacaktır (Sharma ve Verma, 2013).



Şekil 1.9 Doğrusal Topolojisi

1.2.5. Ağaç Topolojisi

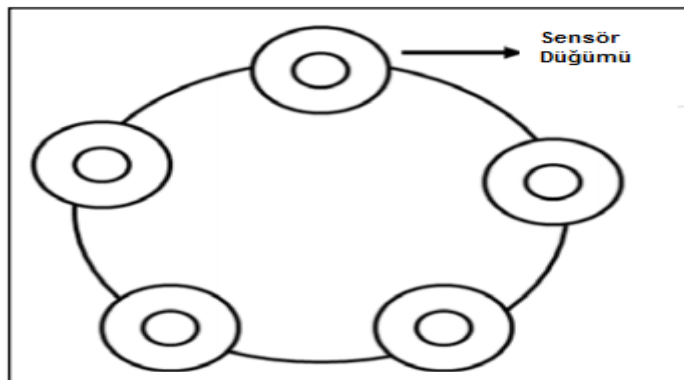
Bu topoloji, kök düğüm ismi verilen merkezi bir hub'ı ana iletişim yönlendiricisi olarak kullanır. Hiyerarşide merkezi hub, kök düğümden bir düzey aşağıda bulunur ve bu alt seviye bir yıldız ağı oluşturur. Ağaç ağı, Şekil 1.10'da gösterildiği gibi Yıldız ve Eşler arası ağ topolojilerinin bir karışımı olarak görülebilir. Sensör ağ yolunda, veriyi çevreye duyarlı hale getirmek için sensör düğümü, tek atlamalı veya çoklu atlama ile veriyi merkez istasyona gönderir ve sensör çocuklarından veri mesajını aldıktan sonra bu mesajı ebeveynlerine iletir. Maksimum enerji tasarrufu ve daha kısa gecikme ile ağaçta en kısa yolu bulmak önemlidir (Sharma, vd, 2013).



Şekil 1.10 Ağaç Topolojisi

1.2.6. Halka Topolojisi

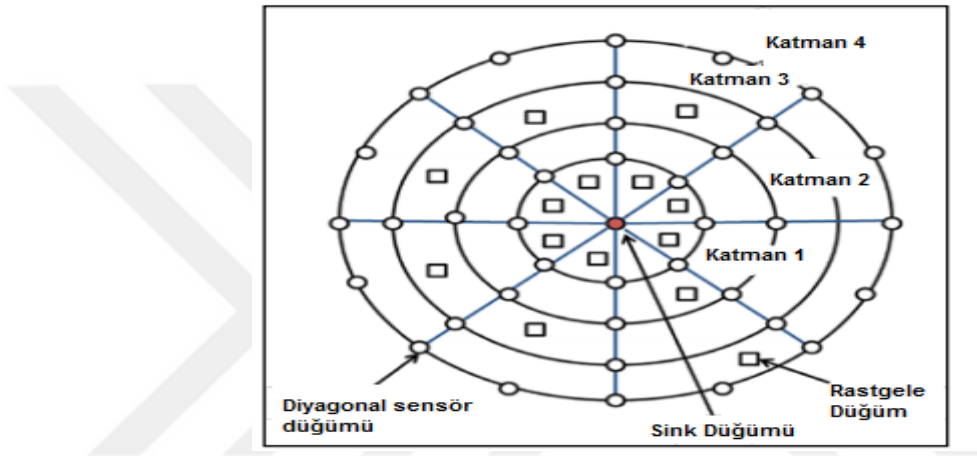
Bir halka ağında, her düğümün iletişim sağlamak için tam iki komşusu vardır. Tüm mesajlar halka içerisinde ve aynı yönde geçer ("saat yönünde" veya "saat yönünün tersine"). Düğümlerden birinde ağıza olduğunda tüm ağ çöker (Sharma, vd, 2013).



Şekil 1.11 Halka Topolojisi

1.2.7. Dairesel Topolojisi

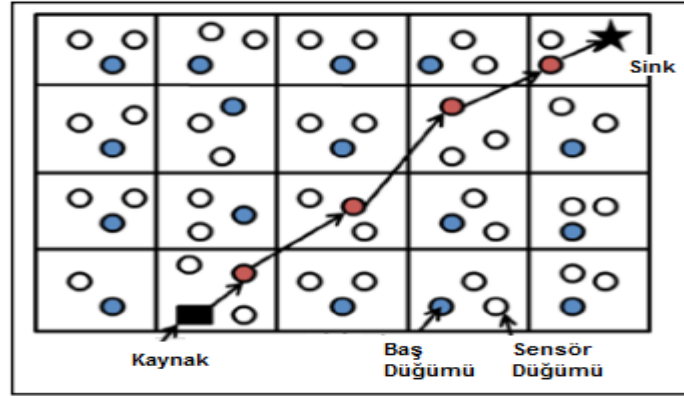
Bu topolojide, merkezi sink düğümünde bulunan dairesel bir algılama alanı vardır. Sensör düğümleri ilgili olayı algılayıp sink düğümüne gönderir. Şekil 1.12’de görüldüğü gibi düğümler sink düğümünün tamamına rast gele ve eşit yoğunlukta dağıtılır. Sink düğümünden farklı bir düğümün mesafesi ve düğümlerin iletim aralığına bağlı olarak veriler, sink düğümü tarafından alınmadan önce tek veya birden fazla şeritten geçmelidir. Bu topoloji, kurulumu kolay, bakımı kolay ve daha verimli bir topolojidir (Sharma, vd, 2013).



Şekil 1.12 Dairesel Topoloji

1.2.8. Izgara Topolojisi

Sensör ağ alanı Şekil 1.13’te gösterildiği gibi 2 ızgara parçasına bölünmüştür. Ağ alanı aynı boyutta çakışmayan kare ızgaraya bölünmüştür. Çalışma durumundaki her bir şebekede en az bir düğüm olmalıdır. Izgaradaki var olan düğümlerin sırayla çalışması, ağ ömrünün uzatılmasını sağlamaktadır. Her ızgara parçasının içinde, yönlendiren ve yönlendirme bilgisini tutan bir düğüm ve veri paketleri ileten baş düğüm seçilir (Sharma, vd, 2013).



Şekil 1.13 Izgara Topolojisi

1.2.9. Kablosuz Sensör Ağ Topolojilerinin Karşılaştırılması

Kablosuz algılayıcı ağının topolojileri arasındaki karşılaştırma aşağıdaki çizelgede gösterildiği gibidir:

Çizelge 1.1 Kablosuz Sensör Ağ Topolojilerinin Karşılaştırılması

Performans	Doğrusal	Ağaç	Yıldız	Halka	Örgü	Dairesel	Izgara
Yol	Tek	Tek	Tek	Bazı Durumda	Çoklu	Çoklu	Çoklu
Düğüm Arızısı	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	En Düşük
Yük Dengeleme	Düşük	Doğrusaldan fazla	Ağaçtan Az	Düşük	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Paket Yolunda Tıkanıklık	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	En Düşük
Paket Alma Oranı	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Enerji Tüketimi	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	En Düşük
Ağ Ömrü	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Güvenirlilik	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek

1.3. Kablosuz Sensör Çalışmaları

Kablosuz sensör ağları ilk zamanlarda sadece askeri alanlarda kullanılmaktaydı. Daha sonra sensörlerin maliyetlerinin düşmesi ile birlikte sağlık, ev ve çevre gibi birçok alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan araştırmaya göre kablosuz sensör ağlarının kullanım alanlardaki yapılan çalışmalar genel olarak bu bölümde anlatılmıştır.

1.3.1. Tıp Alanında Kablosuz Sensör Ağları

İletişim teknolojilerinin gelişmesi ve maliyetlerin düşmesiyle birlikte sadece askeri alanda kullanılan kablosuz iletişim teknolojileri ve algılayıcıları artık sağlık, çevre, ev ve diğer ticari alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kablosuz algılayıcı ağıyla elde edilen gelişmeler, sağlık sistemleri için yeni fırsatlar yarattı. Sensör tabanlı teknoloji, hastanelerdeki cihazlara bağlanan binlerce telin yerini alarak tıbbi cihazları istila etti. Bu teknoloji gelişmiş mobilite yanında güvenilirlik yeteneğine de sahiptir (Eriş, Korkmaz, Toker ve Buldu, 2010).

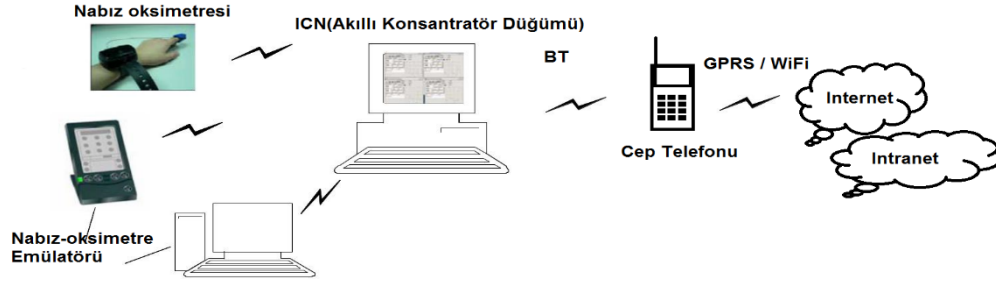
Ayrıca kablosuz sensörler ve sensör ağları, yapısal mühendislik alanının geleneksel bağlayıcı izleme sistemlerinin yerini almaya başladığı algılama paradigmaları olarak ortaya çıkmaktadır (Ahmad, Shah ve Ullah, 2016).

Tıbbi alanlar için tasarlanan kablosuz algılayıcı ağlar, tıbbi sensör ağları olarak adlandırılmaya başlanmıştır. 21. Yüzyılda, sağlık sektöründeki önemli gelişmeler kablosuz medikal sensör ağları ile sağlanmıştır. Hastanın vücuduna yerleştirilen kablosuz tıbbi sensörler hastaların fizyolojik durumlarının yakından izlenmesi için kullanılabilir (Eriş, vd, 2010).

Tıp Alanı İçin Yapılan Bazı Çalışmalar

Günümüzde uzaktan hasta takibi, teletıp, mobil sağlık gibi kavramların literatürde sıkça ele alındığı görülmektedir. Bu kavramların ele alındığı çalışmalar, giriş bölümünde sıralanan üç başlığa göre farklılık göstermektedir.

Monon ve arkadaşlarının geliştirdiği çalışmada ise, bir veya birçok kullanıcıdan bluetooth ile Oksijen Saturasyonu (SpO2) ve nabız işareti alınmakta ve alınan tıbbi sinyalleri GPRS (General Packet Radio Service) veya WLAN (Wireless Local Area Network) ile yeniden iletilebilir. Şekil 1.14 Monon ve Arkadaşlarının Geliştirmiş Oldukları Çalışma, prototipin basit yapısını göstermektedir (Eriş, vd, 2010).

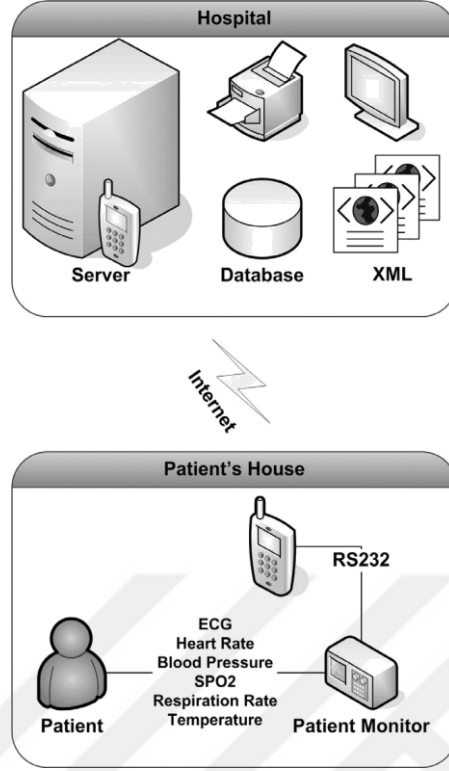


Şekil 1.14 Monon ve Arkadaşlarının Geliştirmiş Oldukları Çalışma

Aslında, cep telefonu ticari olarak piyasaya çıktığından beri teletıp için olası bir araç olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle telefonlar, örneğin hasta monitörleri gibi elektromedik cihazlarla (EMD'ler) etkileşim kurabilir ve TCP / IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) ve UDP (User Datagram Protocol) gibi internet protokolleri yoluyla sağlık sinyallerini iletebilir. Sistem hasta monitörleri için genel bir arayüz uygulamak için yeni cep telefonlarında bulunan seri bağlantı noktasından yararlanmaktadır. Yaşamsal sinyaller, RS232 arayüzü kullanılarak elektromedik cihazlardan (EMD'den) edinilir ve internet üzerinden iletilir.

Figuerdo ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada kan basıncı, nabız, ECG (Electrocardiography), solunum değerleri, SpO2, vücut değerleri mobil telefona aktarılmakta ve mobil telefon TCP/IP protokolü ile hastanedeki sunucuya gönderilmektedir.

Sunucu tarafında Java tabanlı bir yazılım çalışmaktadır, bu yazılım elde edilen tıbbi verilerin doktorlar tarafından arşivlenmesini, görüntülenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Ayrıca kullanıcılar için hasta tarafında da bir istemci yazılım çalışmaktadır (Eriş, vd, 2010). Figueredo ve ekibinin yaptığı çalışmanın şeması şu şekildedir:



Şekil 1.15 Figueredo ve Arkadaşlarının Geliştirmiş Oldukları Çalışma

Avantajları:

Taşınabilir teknolojilerin tıbbi bakıma dâhil edilmesinin başlıca faydaları arasında şunları söyleyebiliriz:

- 1) Mobil çözümlerin hasta güvenliğini artırmaya, hastalığa yakalanma riskini azaltmaya, tıbbi hatalar ve hekimin üretkenliğini ve verimliliğini artırmak
- 2) Kablosuz sensörler, hastaların hareket özgürlüğünü sağlar (hastanın kablolar tarafından engellenmesini önler) ve ev izleme gibi yeni hasta izleme yollarını teşvik eder. Sağlık bakımının "hizmet sürekliliği", hemşireliğe izin verir, çünkü hastalık yönetim sürecinde yardımcı olabilecek tıbbi uzmanlarla sürekli bir bağlantıyı tanımlar.
- 3) Hastanın uzaktan izlenmesi, pahalı sağlık tesislerine ihtiyaç duyulmaksızın, sağlık hizmetlerinin uzak ve seyrek nüfuslu alanlara yayılmasını kolaylaştırır.
- 4) Doktorlar mobil teknolojilerle hasta bilgilerine herhangi bir yerden hızlı, verimli ve güvenli bir şekilde erişebilirler. Hekim ve klinisyenlerin hasta bilgilerine ve tıbbi referanslara kablosuz olarak erişebilmeleri, hasta çizelgelerini bulup okumamasını veya diğer bölümlerden laboratuvar sonuçlarını aramamasını büyük

ölçüde ortadan kaldırmaktadır. Doktorlar kablosuz el aygıtlarını kullanarak hasta öyküsünü, ilaçları, laboratuvarları vb. görüntüleyebilir, yeni tedaviler ekleyebilir ve reçete yazabilir. Bilgi yönetiminde daha yüksek bir verimlilik doğrudan önemli maliyet tasarruflarıyla ve insan kaynaklarının daha iyi kullanılmasıyla bağlantılıdır.

- 5) Acil durum senaryolarında tıbbi varlığı artırır ve olası uzaktan teşhis imkânı sağlar.

1.3.2. Askeri Alanında Kablosuz Sensör Ağları

Sensör ağları başlangıçta askeri operasyonlar ve gözlem için tasarlanmıştır. Kablosuz sensör ağları askeri uygulamalar için mükemmel bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Saldırı tespiti, çeşitli parametre izleme, bilgi toplama ve bilinmeyen bir alanda akıllı lojistik desteği. Bu ağlar, bilgi toplama, savaş gözetimi ve saldırı tespiti gibi askeri hava kuvvetlerine farklı hizmetler sağlayabilir. Gerçek zamanlı iletim yetenekleri nedeniyle, kablosuz sensör ağları askeri operasyonlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu ağlar, hata toleransı, dayanıklılık ve düşük bütçeli dağıtım gibi geleneksel sensör aygıtlarına kıyasla birçok avantaj sunar (Ahmad, vd, 2016).

Kablosuz sensör ağlar uzak bölgelerdeki askeri faaliyetin izlenmesi ve kuvvet koruması gibi bir takım amaçlarla askeri birimler tarafından kullanılabilir. Kablosuz algılayıcı ağları için askeri kullanım örnekleri çeşitlidir. Bunlar, aşağıdaki belirtilen uygulamaları kapsar:

-Uzak ilgi alanlarına yönelik askeri faaliyetlerini izleme (örneğin: ana yollar, köyler).

-Kuvvet koruması (örneğin temizlenen binaların düşman tarafından sızdırıldıklarından emin olmalarını sağlama).

Kablosuz sensör ağlarının askeri alandaki bazı uygulamaları şunlardır (Windkler, Tuchs, Hughes ve Barday, 2008):

1.3.2.1. Smart Dust

Kablosuz ağların ilk uygulamalarından biri Smart Dust'tur. Proje, DARPA tarafından finanse edilen ve asıl amacı düşman sahasında kullanılacak kablosuz ağlar için teknoloji sağlamaktır. Kablosuz ağların kendi kendine ayarlanabilmesi,

sağlam kalabilmesi ve kendi kendine organize olabilmesi kritik durumları değerlendirebilmek için gerekli olan bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Projenin öncelikli hedeflerinden biri de mikro denetleyici tasarımı yerine 1 milimetre küplük algılayıcı platformu ve ayrı ayrı algılayıcı haberleşme birimi geliştirmektedir (Ata ve Balık, 2011).

1.3.2.2. VigilNet

VigilNet, düşman yetenekleri ve düşman hedeflerin konumları hakkında bilgi edinen ve doğrulayan askeri bir kablosuz algılayıcı ağıdır (Stankovic, Wood ve He, 2011).

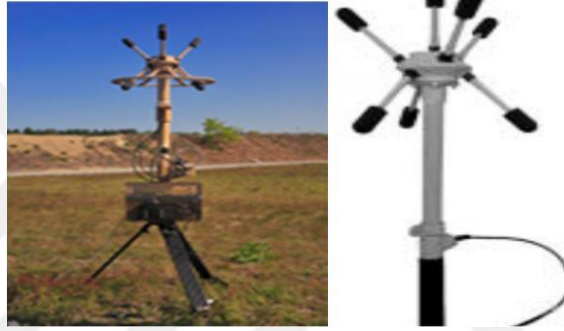
VigilNet zorlu ortamlarda, enerji tasarruflu ve gizli hedef izleme için tasarlanmış büyük ölçekli bir gözetim ağıdır. VigilNet ağ ortamı ve uygulaması manyetik alanın tespiti için manyetik sensörler ile donatılmış 70 Mica2 düğümleri ile oluşturulmuştur. VigilNet uygulamasının temel amacı dağıtılan sensör düğümleri aracılığıyla enerji açısından verimli gözetim desteği sağlamaktır (Stankovic, vd, 2011).

VigilNet'in ömrü, ağdaki hiyerarşik bir düğüm yapısı aracılığıyla geliştirilmiştir. Nöbetçi olarak belirtilen bazı düğümler, çoklu atlama yollarını korumak ve bir olay meydana gelene kadar düşük güç durumunda kalan nöbetçi olmayan düğümlerin olay temelli işlemlerini yönetmekle sorumludur. Bir olayın, örneğin bir grup düğümü geçen bir araç olması durumunda, ağ, nöbetçilerin yardımıyla ilişkili düğüm grubu dâhil olmak üzere kümelere yeniden düzenlenir. Bu düzen, uzun bir ağ ömrüyle olaya dayalı işbirlikçi izleme imkânı sağlar (Akyildiz, Su ve Cayirci, 2002).

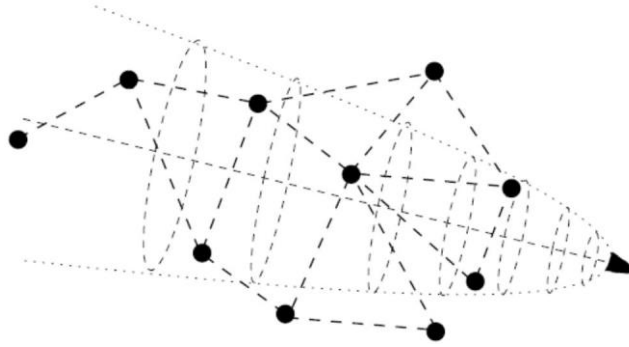
1.3.2.3. Keskin Nişancı Tespiti

Boomerang keskin nişancı tespit sistemi, kanun uygulayıcı kurumlar, askeriye ve belediyeler tarafından kullanılan ve keskin nişancının kesin olarak tespit etmek için geliştirilen bir sistemdir. Uygulamanın gerçekleştirilmesi iki farklı mimariyle sağlanmaktadır. Birinci mimari, Şekil 1.16 Keskin Nişancı Tipi 1.Mimari'da görüldüğü gibi mikrofon dizisinden oluşan bir sistemdir. Bu cihaz sabit bir yere yerleştirilebildiği gibi hareketli bir araca da yerleştirilebilmektedir.

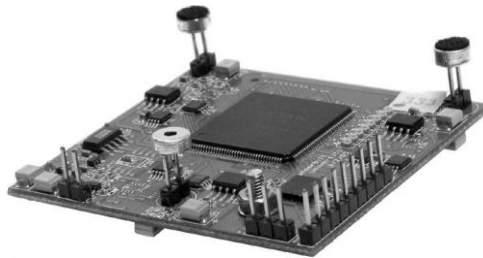
Pasif akustik mikrofonlar sayesinde sistem, ateş açılan yeri tespit edebilir. Mikrofonlardan algılanan ses işlenir ve mevcut pozisyona göre ateş açılan yer hesaplanarak tahmin edilir. Sistem hareketteki araçlarda da gerçekleştirilebilir. Uygulamanın ikinci mimarisinde ise Şekil 1.17 Keskin Nişancı Tipi 2.Mimari’de görüldüğü üzere geniş bir alanda dağıtık ağ mimarisi kullanılmıştır. Şekil 1.18 Keskin Nişancı Tipinde Sensör’deki algılayıcılar, ateş edildiğinde gelen sesi algılayıp yüksek hızlı sayısal işaret işleme ünitelerinde değerlendirip merkeze gönderir. Merminin yörüngesi hakkında edinilen bilgiler kullanılıp keskin nişancının yeri tespit edilmektedir (Ata, vd, 2011).



Şekil 1.16 Keskin Nişancı Tipi 1.Mimari



Şekil 1.17 Keskin Nişancı Tipi 2.Mimari



Şekil 1.18 Keskin Nişancı Tipinde Sensör

1.3.2.4. Omni kuşu

Omni kuşu projesinin temel amacı insansız savaş hava taşıtları ve video senörleriyle yerleşik gözetim ve güverte işleme için geliştirilmekte olan projedir. Bu proje Navair tarafından desteklenmektedir. Ayrıca Omni Bird algılayıcısında son derece hassas bir yakın kızılötesi (NIR) algılayıcı bulunmaktadır (Hussain, Khan ve Sup, 2009).

1.3.3. Meteoroloji Alanında Kablosuz Sensör Ağları

Kablosuz sensör ağları askeri alanlarından başlasada günümüzde meteoroloji alanlarında da çok fazla kullanılmaktadır. Meteoroloji alanında yapılan bazı çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

1.3.3.1. Otomatik Gözlem İstasyonu

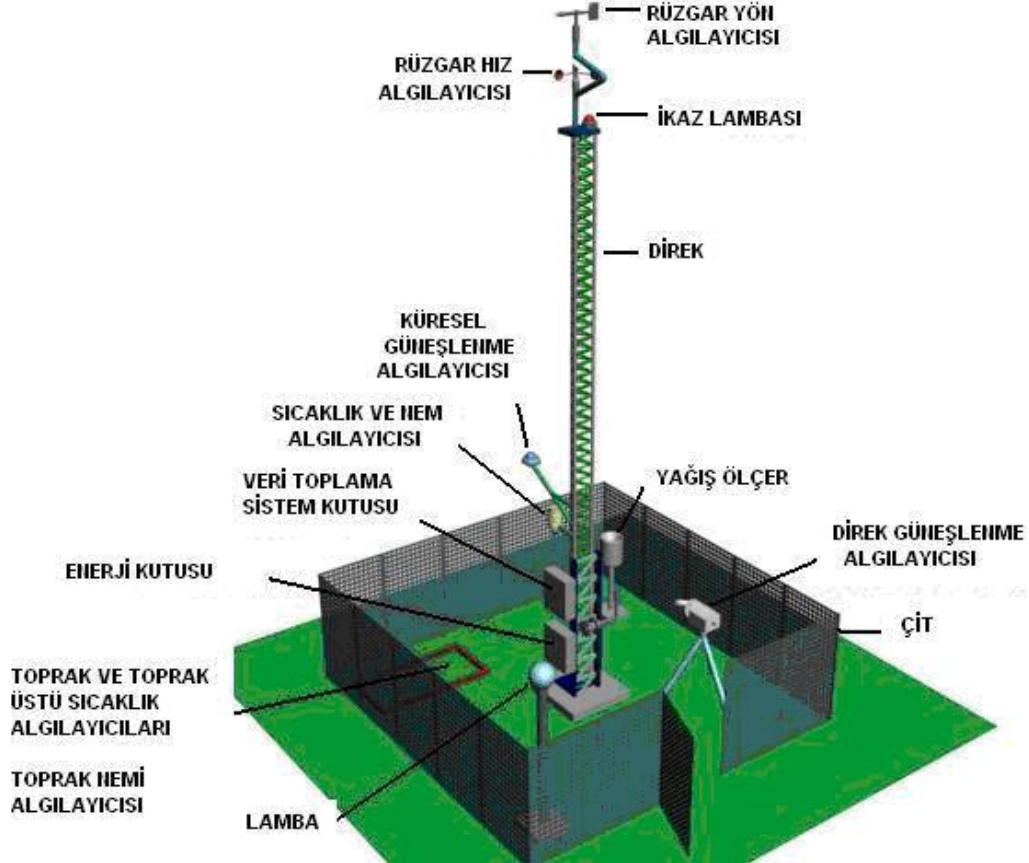
Otomatik meteoroloji istasyonları; meteorolojik parametre değişimlerdeki miktarı ölçen ve parametre değişimlerine duyarlı algılayıcılardan oluşmaktadır. Algılayıcıların üretmiş oldukları mühendislik birimlerini meteorolojik birim ve bilgiye dönüşmesi için gereken çevirmeleri ve hesaplamaları yapan ana işlem ünitesi ve buna benzer işlemleri yapan farklı ünitelerin hepsi otomatik istasyon bünyesinde bulunmaktadır. Otomatik istasyon, hesaplanan ve ölçülen çeşitli meteoroloji parametrelerinin belirlenmiş formatlarda meteorolojik mesajlara dönüştürülmesi işlemini yapmakta ve bu bilgilerin grafiklere dönüştürülmesi, belirli formatlarda saklanması işlerini de yapmaktadırlar. Bu şekilde, bilgiler kaydedilmeksizin, meteorolojik parametrelerinin en doğru şekilde ve sürekli olarak elde edilmesi sağlanır (T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı). Otomatik gözlem istasyonları genel olarak aşağıdaki belirtilen ünitelerden oluşmaktadır:

- Algılayıcılar ve algılayıcı ara yüzleri
- Veri toplama ünitesi
- Merkezi kontrol ve işlem ünitesi
- Görüntüleme ünitesi
- İletişim ara yüzleri

- Güç kaynakları

Otomatik Gözlem Sisteminin Avantajları:

- Gözlemlere bir standart getirir
- Parametreler hem gündüz ve hemde gece sürekli ölçülebilir
- Yüksek derecede doğruluk ve güvenlik sağlamaktadır
- Meteorolojik verilerin görüntülenmesi sağlar
- Veri arşivine hem yerel hemde uzaktan erişilebilir
- Çevre şartlarından etkilenmeme

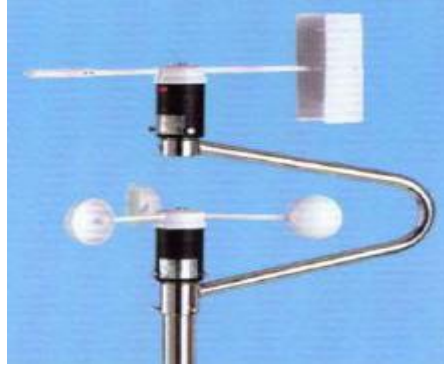


Şekil 1.19 Otomatik İstasyon

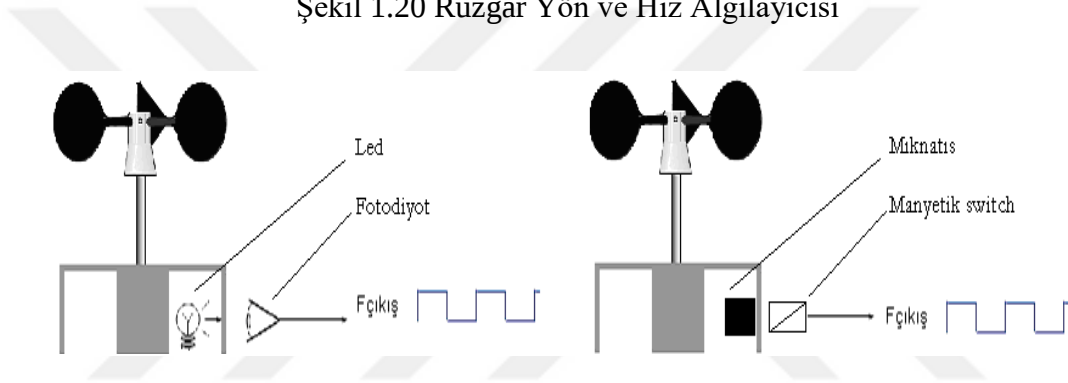
1.3.3.1.1. Rüzgâr Hız Algılayıcısı

Rüzgârın hız ölçümünde kepçeli anemometre kullanılmaktadır. Hız, rüzgâr etkisiyle dönen kepçenin birim zamandaki dönüş sayısına göre tespit etmektedir. Dönüş sayısının tespit edilmesinde farklı metodlar kullanılmasıyla birlikte en

yaygın kullanılan sistem manyetik anahtar ve fotodiyot yöntemidir (T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı).



Şekil 1.20 Rüzgâr Yön ve Hız Algılayıcısı



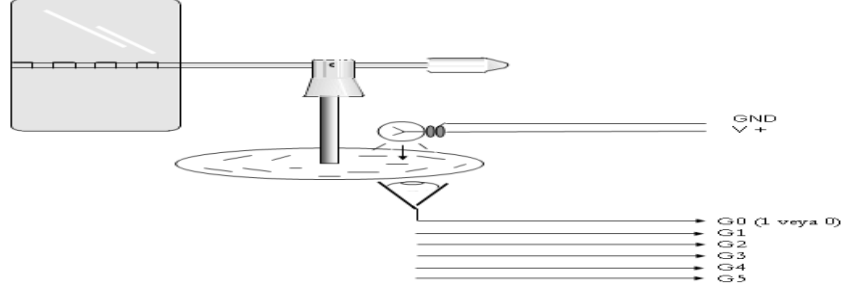
Şekil 1.21 Rüzgâr Hız Algılayıcısı

1.3.3.1.2. Rüzgâr Yön Algılayıcısı

Rüzgâr yönü jüriyet ile ölçülür ve başlangıç konumu kuzey (0°) yönündedir. Rüzgâr etkisiyle döner ve başlangıç konumundan itibaren açısal konumu tespit edilerek yön bulunmaktadır. Açısal konum tespiti için kullanılan üç yaygın metot vardır:

- 1.Yöntem: Jüriyetin şaftına potansiyometrenin hareketli kısmı bağlanır. Potansiyometrenin başlangıçtaki direnci sıfırdır, jüriyet döndükçe direnç değişmekte ve ölçülerek yön bulmaktadır.
- 2.Yöntem: Jüriyetin şaftına disk bağlanmış ve diskin etrafında 36 tane manyetik anahtar sinyal üretir ve o sinyale karşılık gelen açı ile yön tespit edilir.
- 3.Yöntem: Disk, jüriyetin şaftına bağlanmış ve üzerinde altı farklı seviyede yarıklar, alt kısmında altı adet LED ve üst kısmında fotodiyotlar bulunmaktadır. Disk konumuna göre fotodiyotlar pulse üretir ve bu pulseler altı bir olarak rüzgâr

yönünü kodlar. Bu, bitlerin 0 veya 1 olma durumuna göre rüzgâr yönü hesaplanır. Bu metot en gelişmiş ve hassas ölçüm metodudur (T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı).



Şekil 1.22 Rüzgâr Yön Algılayıcısı

1.3.4. Çevresel Alanlarda Kablosuz Sensör Ağları

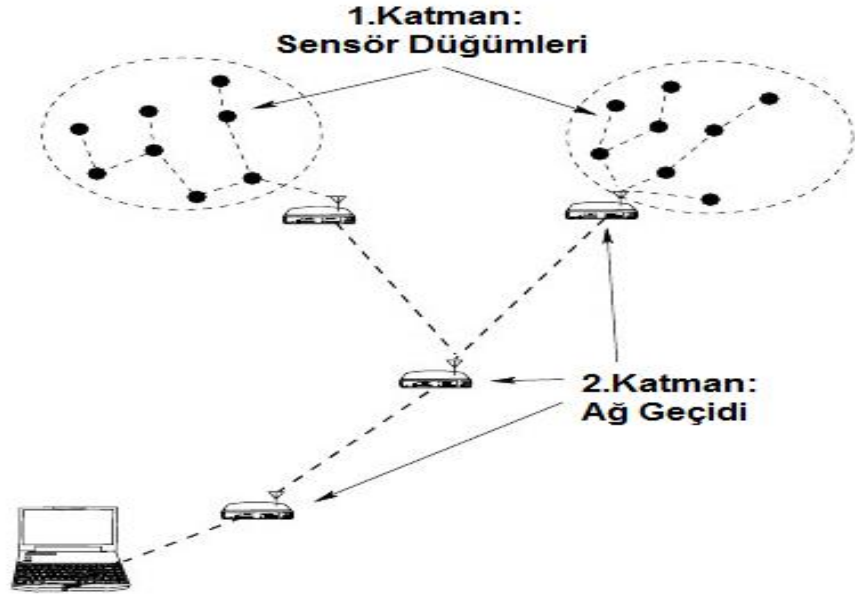
Kablosuz sensör ağları çevresel alan izlenmesi konusunda çok çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Kuşların, küçük hayvanların, böceklerin takibi, bitkileri ya da hayvanları etkileyen çevresel koşulları izlemek, ekinlerin çevresel şartlar ile olan ilişkisinin izlenmesi, büyük araçların geniş çaplı izlenmesi, gezegen keşifleri, Tsunami ve deprem gibi durumların tahmini, ormanlarda yangın algılama vb. alanlar örnek olarak verilebilir.

1.3.4.1. Great Duck Island

Great Duck Island (GDI) projesi, ABD nin eyaleti olan Maine de Atlantik Koleji ve Berkeley'deki Intel Araştırma Laboratuvarı işbirliği ile deniz kuşlarının davranışlarını incelemek için geliştirildi. Örneğin bu proje ile deniz kuşunun iklimlerden nasıl etkilendiğini, yuvada kalma süresi, çevresel değişikliklerin kuşları nasıl etkilediği gibi durumları analiz etmek için gerçekleştirilmiş bir projedir. Bu projede deniz kuşlarının mikro iklimatik faktörlerinin rolünü ölçmek için Mica sensörleri kullanılmış (Ata, vd, 2011) ve (Akyildiz, vd, 2002).

GDI yaşam ortamı izleme ağı aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi iki katmanlı bir hiyerarşik mimari kullanmaktadır. Birinci kademedede, bilgi toplamak için sensör grupları kullanılır. Bu katman için sıcaklık, fotoresistor, barometrik basınç, nem ve termopil sensörleri içeren Mica Hava Tahtası donanımlı Mica motezleri kullanılır. Her bir sensör grubu, sensörlerdeki verileri toplayıp ve ikinci katmana gönderen bir

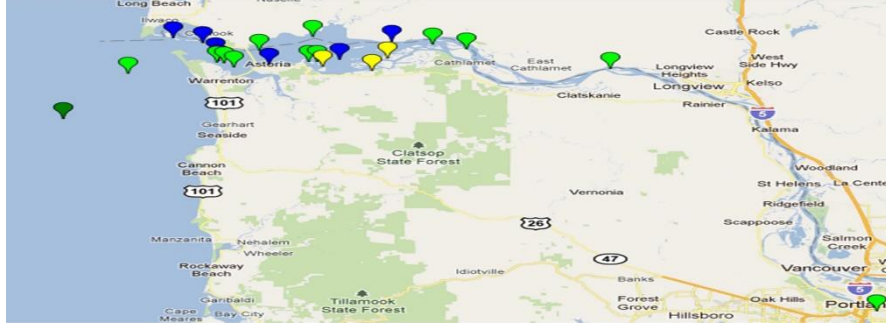
ağ geçidine bağlanır. GDI projesi 2002 yılında yürütülmüş ve deniz kuşlarının özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlamıştır (Akyildiz, vd, 2002).



Şekil 1.23 Great Duck Island Habitat İzleme Ağının İki Katmanlı Mimarisi

1.3.4.2. CORIE

Oregon enstitüsü arazi ve kıyı araştırma merkezi tarafından yaptırılan Kolombiya nehri çevresel gözlem ve tahmin sistemi sayesinde nehrin çevresinde ve içinde özellikle denize döküldüğü yerde Şekil 1.24 Kolombiya Nehrinde Algılayıcı İstasyonlar'te görüldüğü gibi 24 adet sabit istasyon kurulmuş ve bu sensörlerden elde edilen bilgilerle gemilerin online kontrol edilmesi, arama-kurtarma, ekosistem araştırması yöntemi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Sensör bilgileri ORBCOMM LEO uydusu tarafından alınmakta ve internet ortamından gerçek zamanlı olarak aktarılmaktadır. Genel olarak CORIE sisteminin temel amacı algılayıcılardan edinilen bilgileri sayısal veri modelleriyle birleştirip sistemin fiziksel durumunu kategorize etmektir. Nehrin hemen hemen bütün alanı algılayıcılarla kaplandığından, CORIE ağı geleneksel algılayıcı ağlarından önemli ölçüde farklı özelliklerle sahiptir. Ucuz algılayıcı düğümleriyle karşılaştırıldığında CORIE sistem algılayıcıları daha karmaşık ve maliyeti yüksektir (Akyildiz, vd, 2002).



Şekil 1.24 Kolombiya Nehrinde Algılayıcı İstasyonlar

1.3.4.3. ZebraNet

ZebraNet hayvan izleme sistemi, zebraların uzun dönemli hareketlerini ve türler arası etkileşim bilgilerini elde edebilmek için geliştirilmiş bir sistemdir. Geliştirilen bu sistemin bir örneği Kenya'da iki zebra türünü incelemek ve konum bilgilerini alabilmek için Şekil 1.25 ZebraNet'deki gibi zebraların boynuna yerleştirilmiştir. Her bir cihaz GPS (Global Positioning System) ünitesi şunlardan oluşmaktadır:

- Mikro denetleyici,
- Uzun ve kısa menzilli iki adet verici
- Yüksek yoğunluklu lityum-ion polimer piller ve bu pilleri şarj edebilmek için güneş panellerinden oluşmaktadır.

Sensör düğümü her üç dakikada bir konum bilgisini kaydeder. ZebraNet, merkez düğümü olmayan, çok hareketli bir ağ olarak karakterize edilebilir. Buna bağlı olarak konum bilgilerinin aktarılmasında genelde bir gecikme olmaktadır.

Ağdaki düğümler ana düğüm ile bağlantı kurarken bu düğüm komşularının yanı sıra konum bilgileri de yüklenir. Komşulardan gelen veriler her düğümde depolama alanını sınırlandırmaktadır. Hiyerarşi politikası ile bu engellenebilir.

Bir grup sensör tarafından toplanan zebraların yer bilgileri bilim adamları için çok önemlidir çünkü bu sensörler yardımıyla hayvanların hareketlerini modellemek için değerli veriler toplanmıştır. Zebranet ayrıca Z-MAC gibi iletişim protokollerinin geliştirilmesine neden oldu.

Özetleyecek olursak bu proje GPS kullanılarak, büyük bir alanda zebraların konumlarını saptamıştır. Bu çalışmada IMPALA adında özel bir gömülü işletim sistemi kullanılmıştır. IMPALA, sürekli radyo sinyalini dinlemektense, periyodik

olarak düğüm keşfi işlemini gerçekleştirerek enerji tasarrufu sağlamaktadır (Akyildiz, vd, 2002).



Şekil 1.25 ZebraNet

1.3.4.4. Yanardağ Hareketlerinin İzlenmesi

Kablosuz sensör ağlarının volkanlarda kullanılabilirliğinin ispatı 2004-2005'de Ekvator'da iki vaka çalışması yapılmıştır. 2004'de Şekil 1.26 Yanardağda Kullanılan Algılayıcı Düğümü'daki sensöre benzer üç sensör küçük bir kablosuz senör ağları Volcán Tungurahua yanardağına yerleştirilmiştir. Bu sensörler üzerlerinde varolan düşük frekans hassasiyetli mikrofonlar ile üç gün boyunca patlamakta olan yanardağdan sürekli bilgi iletmiştir. 2005'de ise Volcán Revendator yanardağında 16 Tmote Sky düğümüne sismik ve akustik sensörler eklenmesi ile bu aktif volkan 19 gün boyunca izlenmiştir (Akyildiz, vd, 2002).



Şekil 1.26 Yanardağda
Kullanılan Algılayıcı Düğümü

Uygulamanın ana amacı, volkanlar yakınlarında meydana gelen depremlere dayalı sismik bilgi toplamaktır.

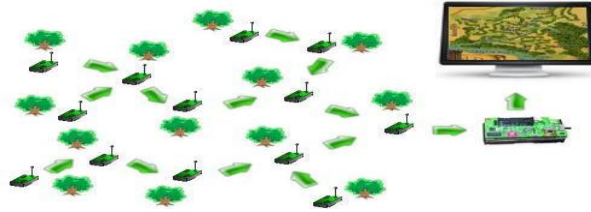
1.3.4.5. Kuzey Ilıman Gölleri

Kuzey Ilıman Gölleri projesi çevresel izleme için sensör ağlarının bir başka örneği. Bu projenin temel amacı "aralıklarla çevre olaylarını tespit etmek ve göl dinamiklerine olan sonuçlarını anlamak için akıllı bir çevresel algılama ağı geliştirmek". Ağ, sensörlerden gece boyunca çözünmüş oksijen (DO) seviyesinin ölçümlerini toplar, ağın amacı ise dış etkenlerle birlikte göldeki uzun vadeli dinamiklerle sonuçlanan süreçler arasındaki etkileşimleri (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) anlamaktır (Panayiotou, Fatta ve Michaelides, 2014).

1.3.4.6. Yangın Tespit Sistemi

Yangınların önceden belirlenmesi can kaybı ve mal kaybının oluşmasını önlemektedir. Literatürde yapılan araştırmalara göre yangının önceden saptanması için bazı sistem geliştirilmiştir. Bu geliştirilen sistem bütün kapalı olanlarda kullanılabilir. Daha önceden ise yapılan çalışmalar kablo kullanılarak yapılmaktaydı, kablo kurulumunun yapılması büyük bir maliyet harcamasına neden

olmaktaydı. Mesela kablo kurulumunun maden ocaklarında yapılması oldukça güçtür, ayrıca herhangi bir kablonun kopması bütün sistemin durmasında neden olabilir. Bunun için kablosuz sensör ağları, kablolu sisteme nazaran daha uygun bir çözüm olur. Kablosuz sensör ağları ile yapılan bu sistem; Genetlab SensorNode v1.2 sensör düğümleri, Tiny OS işletim sistemi ve nesC programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem, istenilen ortama rastgele yerleşmiş sıcaklık sensörleri barındıran birkaç düğümlerden oluşmaktadır (Şekil 1.27 Yangın Tespit Sistemi). Bu düğümler sürekli olarak birbirleriyle iletişim halindedirler ve ortamdaki sıcaklık değerini belli bir zaman geçtikten sonra örnekleme yaparlar. Alınan sıcaklık değerlerine göre 3 çeşit veri paketi kullanılır. Eğer sıcaklık değeri eşik1'den büyükse sarı, eşik2 den büyükse kırmızı uyarı paketi göndermektedir. Eğer sıcaklık değeri eşik3 ten büyükse yangın olduğu saptanır ve yangın paketi gönderilir. Bu bahsedilen eşik değerleri istenildiği gibi kurulumda belirlenebilir. Bu veri paketleri ana bilgisayara gönderilir, ana bilgisayardan sonra bu paketler görselleştirilerek kullanıcıya gönderilir (Döner, Şimşek, Yıldırım ve Kantarcı, 2010).



Şekil 1.27 Yangın Tespit Sistemi

1.3.5. Sınır Güvenliği Alanında Kablosuz Sensör Ağları

Sınır kontrol hattında herhangi bir cismin kontrol hattını geçip geçmediğini izlemek ve bildirmek için mevcut çeşitli teknikler bulunmaktadır. Geniş alan için kablosuz sensör ağı kullanımı artık sınır izleme için popüler hale geliyor ve bu teknolojinin herhangi bir cisime duyarlılığı çok yüksek derecededir. Daha önce kablosuz sensörler, suya dayanıklı olmayan ve sıcak iklim koşullarına dayanamayacakları anlamına gelen doğa unsurlarına karşı savunmasızdı. Günümüzde ise bu sensörler çevre koşullarına dayanabiliyor ve şiddetli iklim değişikliklerine maruz kalabiliyorlar. Bu hassas sensörler çevresel veriyi toplayabilirler ve yüksek verimlilikle kontrol istasyonuna iletebilirler. Bu sensörler

ayrıca diğer elektronik cihazlardan gelen elektromanyetik Paraziti de ihmal edebilir. Sınır izleme kavramının kullanılmasıyla, askeriye bölümü sorunsuz bir şekilde kontrol hattını izleyebilir ve davetsiz misafirleri yasadışı yollardan kapatmak için acil güvenlik önlemlerini alabilir (Sankar ve Angadi, 2013).

1.3.5.1. BorderSense

BorderSense, kablosuz multimedya algılayıcı ağ yapıları ve kablosuz yeraltı sensör ağları dâhil olmak üzere en gelişmiş sensör ağı teknolojilerini kullanmaktadır. Bu kablosuz sensör hibrit ağı üç tür sensör düğümünden oluşur:

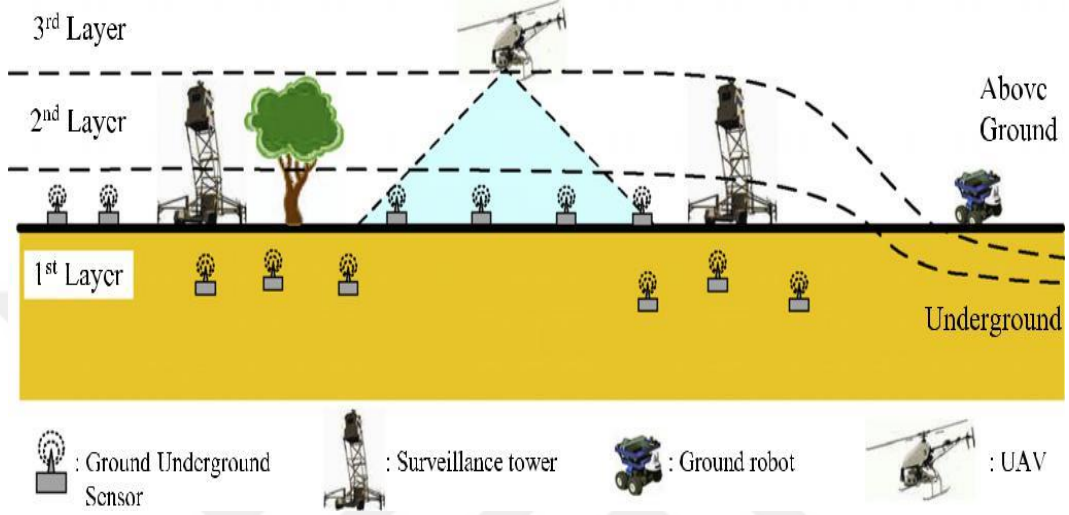
- (1) Video kamera veya gece görüşü kapsamı ile donatılmış ve gözetim kulelerine yerleştirilen multimedya sensör düğümleri
- (2) Titreşim / sismik sensör ile donatılmış ve zemine yerleştirilen veya yeraltına gömülmüş skaler sensör düğümleri
- (3) Sınır boyunca yüzeyde veya havada dolaşan mobil sensör düğümleri.

Bu üç tür sensör düğümü birbirleriyle işbirliği yapmaktadır. Mevcut sınır devriyesi teknikleriyle karşılaştırıldığında, BorderSense aşağıdaki avantajları sağlar:

- 1) Multimedya sensörleri doğru algılama ve geniş algılama aralığını sağlar.
- 2) Zemin sensörleri, çoklu ortam sensörleri tarafından tespit edilemeyen bazı ek bilgileri tespit eder (örneğin davetsiz misafirin görüntü sensörü tarafından tespit edilemeyen bir engele gizlendiği durumlarda).
- 3) Yer altı sensörleri, yerden görülebilir cihazların gizlenme amacıyla tercih edilmediği yerde yer altı sensörleri uygun sistem işlevlerini garanti eder.
- 4) Mobil sensörler, davetsiz misafirleri tespit ettikten sonra izlemek için izinsiz giriş izleme yeteneği sağlar.
- 5) Hiyerarşik işlemciler ağdaki işlemler sonucunda saldırıları birlikte tespit edip sonuçları uzaktaki bir yöneticiye bildirir. Buna göre, sınır devriyesi sisteminin kurulum ve işletme maliyeti önemli ölçüde azaltılabilir.

Sınır devriyesi için mevcut kablosuz sensör ağlar, her sensörün aynı fiziksel kapasiteye sahip olduğu ve yalnızca komşu sensörlerle etkileşime girdiği sabit ve homojen bir mimari üzerine kurulmuştur. Şekil 1.28’de gösterildiği gibi BorderSense sistem mimarisi üç katmana sahiptir. Gözetimsiz toprak elektroniği sensörleri ve yeraltı sensörleri izleme için daha büyük ayrıntı sağlayan mimarinin

alt katmanını oluşturmaktadır. İkinci katmandaki multimedia sensörleri görsel bilgi ile sistemin doğruluğunu geliştirir. Son olarak hareketli yer robotları ve insansız araç-üstü araçlar, ilave kapsama alanı ve esneklik sağlayan üst katmanı oluşturmaktadır (Sun, Wang, Vuran, Al-Rodhan, Al-Dhelaan ve Akyildiz, 2011).



Şekil 1.28 Sınır Devriyesi İçin Hibrit Kablosuz Sensör Ağlarının Ağ Mimarisi

1.3.5.2. Amerika-Meksika Sınır Kaçakçılığı

Sınır bölgeleri genelde ticaret, organize suç, kaçakçılık ve demografik değişim gibi sorunlarıyla karşılaşır. EADS Kuzey Amerika ve George Mason Üniversitesi sınır güvenlik analitiklerini destekleyen yeni nesil araçlar oluşturarak bu zorluklara yanıt vermek için bir ortaklık kurmuş. Bu araçlar, sınır güvenlik güçleri, kaçakçılar ve nüfus arasındaki etkileşimlerin sosyal, kültürel, davranışsal ve organizasyonel yönlerini, sabit ve mobil sensörler ile gözetim ağlarından oluşan entegre bir teknoloji mimarisi haline getirmektedir. ABD-Meksika sınırına özgü konular, sınırın muazzam coğrafi, örgütsel ve çevresel çeşitliliğinin ötesine geçmektedir. Sınırlara yerleştirilen bu araçlardan bazıları şok edici ve korkutucu özelliği olacak şekilde tasarlanmıştır. Uyuşturucu kartelleri, giderek daha teknolojik açıdan meraklı ve rakiplerinin, genel kolluk kuvvetlerinin davranışlarını öğrenmek için istihbarat ticaretini kullanmaktadır.

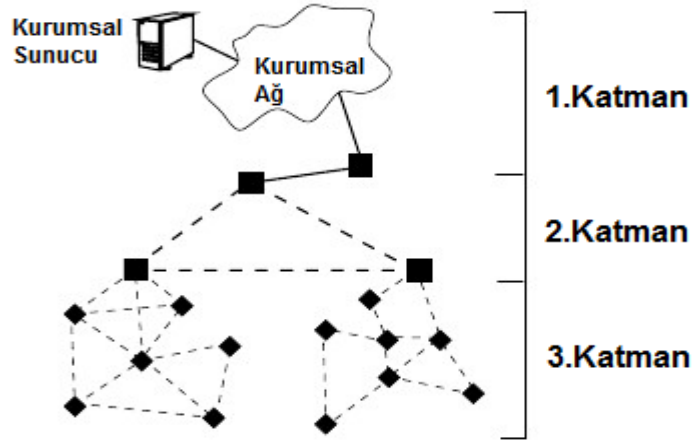
Amerika-Meksika Sınır güvenliği için Mason simülasyon adında bir simülasyon geliştirilmiştir, bu simülasyon; istasyonlarının kuvvet tahsisi ve dönüşüm çizelgeleri, ileri platformlar ve mobil platformların yerleri, entegre sabit

izleme – algılama, fabrika enstrümantasyonu, aktüatörlerin yerel kontrolü v.b. (Akyildiz ve Vuran, 2010).

1.3.6.1. Koruyucu Bakım

Koruyucu bakım, pahalı ekipmanların uzun vadeli çalışmasına uygun maliyetli çözümler sağladığı için birçok büyük endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Kablosuz sensör ağlarının maliyet etkinliği ve doğru bakım kapasitesi sağladığı gösterilmiştir, örnek olarak bir yarı iletken üretim tesisi ve bir petrol tanker.

Ekipmanın "sağlığı" ekipmana takılı ivmeölçer algılayıcılardan gelen titreşimleri analizi teknikleri ile izlenebilir. Intel'in yarı iletken fabrikasında binlerce sensör, çeşitli ekipman parçalarının titreşimlerini izlemektedir. Bununla birlikte, sensörlerden gelen veriler çalışanlar tarafından elle toplanır. Veri toplamayı otomatikleştirmek amacıyla Mica2 ve Intel Mote sensörlerinin yanı sıra, StarGate ağ geçitleri, yani FabApp ile birlikte bir ağ kuruldu. Aşağıdaki şekilde FabApp'in üç katmanlı hiyerarşik ağın mimarisi gösterilmektedir. Şekil 1.30 FabApp Mimarisi'da alt katman, titreşim bilgisi toplamak için Mica2 veya Intel motiflerinden oluşan çoklu ivmeölçerden oluşur. Bu katman kümeler halinde organize edilir ve ağın ölçeklenebilirliğini artırmak için her küme Yıldız Ağ yapısında kontrol edilmektedir. Veri toplama, bir görev döngüsü şeması aracılığıyla her ağ geçidi düğümü tarafından kontrol edilir. İkinci katmanda üst düzey düğümler IEEE 802.11 ağ örgüsünü oluşturur ve her ağ geçidinden toplanan veriler 802.11 bağlantıları ile kök düğüme iletilir. Bu mimari kullanılarak tüm ağ tarafından toplanan veriler analiz için kurumsal sunucuya gönderilir.



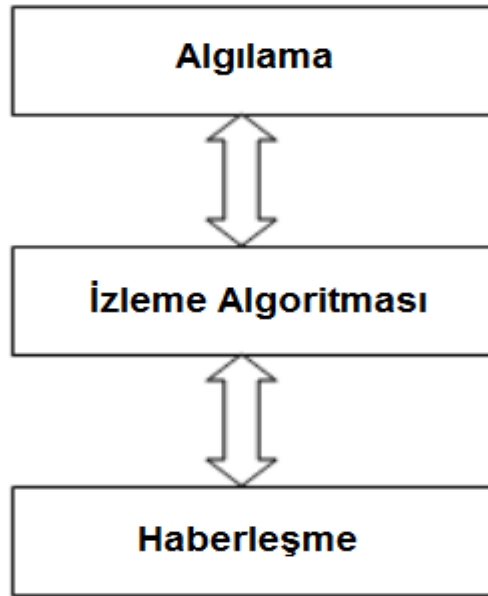
Şekil 1.30 FabApp Mimarisi

FabApp, endüstriyel uygulamalar için küme tabanlı protokollerin pratik bir uygulamasını gösterir. Sensör düğüm aktiviteleri, her düğümde gerekli işlemleri azaltmak için ağ geçidi tarafından kontrol edilir. Buna göre, ağ geçidi, rapor ve uyku sürelerini sensör düğümlerine bildirir ve her sensör düğümü aynı anda uyanır ve titreşim bilgisini bildirir ve döngünün geri kalan kısmı için uyku durumuna geçer. Buna ek olarak, her iki sensör düğümü ve ağ geçidi de, yazılım sıfırlama çevriminin sonunda sıfırlanacak şekilde programlanır (Ata, vd, 2011, Akyildiz, vd, 2010).

BÖLÜM 2

2. ENERJİ ETKİLİ KABLOSUZ SENSÖR AĞLARININ HEDEF TAKİP ALGORİTMALARI

Hedef izleme, kablosuz sensör ağlarında hedefi olarak kabul edilen bir nesnenin dolaşım yolunu izleme ve hedefin konumunu tespit etmektir. Kablosuz sensör ağları çevreyi sürekli izlediğinden, enerji verimliliğinde bir eksiklik yer almaktadır (Chauhan, vd, 2014). Hedef izleme şeması, aşağıdaki şekilde gösterilen birbiriyle ilişkili üç alt sistemi kapsar (Alaybeyoğlu, Kantarci ve Erciyes, 2009).



Şekil 2.1 Hedef İzleme Şemasının Sınıflandırılması

Algılama alt sistemi hedefi algılamak için kullanılır, yani ilk hedefi algılayan düğüm aşamalı olarak hedef saptamada yer alan diğer düğümleride içerir. İkinci alt sistem, istenen hedefin yolunu izlemek için kullanılan tahmin temelli algoritmadır. Üçüncü ve son alt sistem ise bilgileri bir düğümden diğerine

göndermek için kullanılan haberleşme alt sistemidir. Burda belirtilen üç alt sistem birbirleriyle her zaman iletişindedirler ve birlikte çalışmaktadırlar. Kablosuz sensör ağlarında hedef izleme ile ilgili mevcut araştırmaların çoğu, birbirini izleyen iki izleme olayı arasındaki zamana eşit olan bir örnekleme aralığını benimser, en yakın üç düğüm hedefi takip etmek için kullanılır (Chauhan, vd, 2014).

Hedef izlemede, birçok sensör düğümünün hedefi izlemesini gerekir. Düğümler düzgün bir şekilde organize edilmeli ve düğümlerin uyku durumundan çalışma durumuna değişimi etkin olmalıdır. Ağ ömrünü uzatmak için ağın kendi kendini organize etmesi uygun bir çözümdür (Chauhan ve Ahlawat, 2014).

2.1. Kendini Organize Eden Ağ: Enerji Verimliliği

Bu yaklaşım, ne zaman ve hangi düğümlerin açık olacağına karar verir (Chauhan, vd, 2014). Kendini organize eden ağ yönteminin alt sınıfları aşağıda belirtilmiştir:

2.1.1. Uyku Zamanlaması

Uyku zamanlaması için en sık kullanılan yaklaşımlar Görev Döngüsü ve Proaktif uyanıştır. Görev döngüsü yaklaşımında, düğümlerin çoğunu uyku durumuna getirmek, yalnızca periyodik olarak uyandırmak, düğümlerin uykuya zorlanması ve uyarıldığında istek üzerine uyanmasıdır; buna karşın proaktif uyanmada yalnızca hedefin ulaşması beklenen yerlerde bu düğümler vardır. Hedef hareket edince hedefe komşu olan düğümler açık durumda olucaktır. Bu nedenle yalnızca düğümlerin alt kümesini etkinleştirmek, ağ ömrünü uzatmamıza yardımcı olur. Önerilen diğer çeşitli yaklaşımlar şu şekildedir: Yüze dayalı nesne izleme, Uyku zamanlamasında aktivasyonun optimal periyot uzunluğunu belirleyen kontrollü açgözlü uyku algoritması ve P-GEP (Parallel Gene Expression Programming)'dir (Chauhan, vd, 2014).

2.1.2. Düğüm Seçimi

Düğüm seçimi, ağ ömrünü en üst seviyeye çıkarmak için kendi kendini organize eden ağın ikinci alt sınıfıdır. Ağ ömrünün maksimizasyon problemi, Yol

Boyu Yönlendirme Problemi, En kısa sürede Yol seçimi önerilen yaklaşımlardan bazılarıdır. Düğüm seçimi problemi, Knapsack problemi olarak görülebilir çünkü hedefi, düğüm sayısını en aza indirgeyerek ağ ömrünü en yükseğe çıkarmaktır (Chauhan, vd, 2014).

2.1.3. Dinamik Kümeleme

Dinamik kümeleme kendi içinde 2 ye ayrılır: Saf dinamik kümeleme şeması ve hibrid kümeleme şemasıdır. En basit olanı dinamik küme tabanlı izlemedir. Küme başı; en küçük ID numarası ve mesafeye göre seçilir. İlk olarak mesaj algılama menzili içinde yayınlanır ve cevap veren düğüm, o kümenin üyesi olur. Kümeleme için önerilen diğer bir şema Parçacık Filtresidir, Parçacık Filtresinde nesneyi ilk olarak algılayan düğüme bir parçacık atar. Bu teknik, hedefi dinamik durum tahmini problemi olarak gören Monte Carlo metoduna dayalıdır. En yaygın olarak kullanılan yaklaşımlar şu şekildedir: Sürü Amaçlı hedef izleme ve karma Küme Tabanlı hedef izlemedir (Chauhan, vd, 2014).

2.2. Hedef İzlemede Güç Yönetimi

Güç yönetiminin temel fikri, kablosuz sensör ağlarının enerji tüketimini azaltmak için sensör düğümlerinin uyku süresini uzatacak dinamik düğümlerdir.

Hedef izlemede güç yönetimi ise, enerji dolaşımını azaltmak için sensör düğümünün zamanında uyanık kalmasını, komşu düğümlerin bilgisini, mevcut düğüm ile komşu düğümler arasındaki mesafeyi ve böylece bir düğümün kesin uyku durumunun ve uyku periyodunun belirlenmesini içeren çeşitli faktörleri göz önüne alır. Bu bölümde iki politika bulunmaktadır: Dinamik güç yönetimi ve Kooperatif Uyumlu güç yönetimi (Chauhan, vd, 2014).

2.2.1. Dinamik Güç Yönetimi

Bu politika, periyodik olarak sensör düğümlerini uykuya alma ve uykudan çıkarma üzerine kuruludur. Düğümde, herhangi bir olayın bulunmadığı süreyi kaydetmek için kullanılan bir zamanlayıcı bulunur. Zamanlayıcı kapatıldığında,

2.3.1. Küme Tabanlı Yaklaşımlar

Küme tabanlı yönlendirme teknikleri potansiyel olarak kablosuz sensör ağlarındaki enerji tüketimini azaltmanın en etkili yoludur ve son zamanlarda en yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle yapılan bu tez çalışmasında daha fazla küme tabanlı yaklaşımlara ait algoritmalar ele alınmıştır. Genel olarak küme tabanlı yaklaşımlarda kümelerarası ağ kurulumu statik ve dinamik olmak üzere iki çeşittir. Statik kümeleme ağ kurulumunda önceden belirlenen hedef hangi kümeye girdiyse o küme aktif olur. Her kümenin de en az bir küme lideri bulunur. Bu küme lideri ise kümesindeki düğümlerden elde ettiği verileri işleyerek hedefin hızını, yönünü ve mevcut olan konumunu yeni küme liderine gönderir. Statik kümeleme ağ kurulumunun birkaç dezavantajı da bulunmaktadır, mesela hiçbir zaman kümelerarası iletişim gerçekleşmez ayrıca küme liderinin bazı sebeplerden dolayı görevini yapamaması durumunda kümedeki varolan düğümler işlevsiz hale gelebilir. Dinamik kümelemede ise küme lideri önceden değilde sonradan bazı mekanizmalar sayesinde belirlenilir. Bu mekanizmalar yaklaşımlara göre değişebilmektedir. Mesela bazı yaklaşımlarda küme lideri, sinyal gücü yüksek olan düğüm olurken bazılarında ise iki aşamalı seçme mekanizmaları ile seçilmektedir. Bazı küme yaklaşımında ise lider düğüm, her düğümden veri almaz sadece belli kalitedeki düğümlerden veri alır. Ayrıca pek fazla enerji harcamaz çünkü herhangi bir durumda yalnızca birkaç düğüm aynı anda etkin olur.

Bu bölümde ise küme tabanlı bazı algoritmalara kısa giriş yapılacak, diğer bölümde ise algoritmaların avantajları ve dezavantajları açıklanacaktır (Dios, 2017).

2.3.1.1. LEACH ve LEACH-TLCH

LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) protokolü, TDMA (Time-Division Multiple Access) tabanlı bir MAC (Media Access Control) protokolüdür. Bu protokolün ana amacı, enerjiyi düşürerek kablosuz sensör ağlarının kullanım ömrünü artırmaktır. LEACH protokolü, veri füzyonunu öneren ilk hiyerarşik yönlendirme protokolüdür. LEACH protokolü, kendi kendini uyarlayıp organize edebilir (Tandel, 2016).

Leach protokolü genelde iki aşamadan oluşur:

- 1) Kurulum aşaması
- 2) Sabit faz

LEACH-TLCH (improved LEACH) protokolü ise LEACH Protokolü temel alınarak iyileştirilmiş bir protokoldür, küme başı seçimi ve kümelenme oluşturma yöntemleri LEACH protokolüyle aynıdır.

2.3.1.2. Doğrudan Yayılma (Directed Diffusion)

Doğrudan yayılma algoritması, bilgi dağıtımının yapılması için gerekli olan bir iletişim örneğidir. Bu daha fazla temeli veri merkezli olan algılayıcılarda kullanılmaktadır. Temeli veri merkezi olan algılayıcılarda herşey düğümün konumuna bağlı değildir, herşey veri üzerine bağlıdır (Odabaşı ve Zaim, 2010).

2.3.1.3. PEGASIS

PEGASIS (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems) protokolünde, düğümler sadece yakın komşularıyla iletişim kurabilir. Çalışma açısından ve modeli bakımından PEGASIS ile LEACH arasında hiç fark yoktur. PEGASIS, zincir tabanlı yaklaşımı takip eden bir yönlendirme protokolüdür. Bu protokol, en uzaktaki düğümden başlayarak ve açgözlü algoritmayı kullanır, ayrıca tüm sensör düğümleri zincir benzeri bir yapı oluşturur (Odabaşı, vd, 2010, Bansal, Kundu ve Kaur, 2010).

2.3.1.4. EPEGASIS

EPEGASIS (İmproved PEGASIS) protokolünde veriler, K-means algoritmasında Öklid uzaklığı denklemine dayanan en kısa yol kullanılarak uzak düğümden küme başına iletilir. Veri aktarım gecikmesini azaltmak ve küme başlarının kendileri arasındaki en kısa mesafeleri yolları göz önüne alarak, düğümlerin enerjisi ağ alanının dört kolona bölünmesi ile karakterize edilir. EPEGASIS protokolü, PEGASIS protokolünün geliştirilmiş halidir.

2.3.1.5. SPIN

SPIN (Sensor Protocols for Information via Negotiation) protokolü, bilgileri en önce ileten uyarlanabilir bir yönlendirme protokolüdür. SPIN, fazla enerji harcamamak için gönderilecek gerçek verilerin meta verilerini kullanır. Meta veriler, düğümün göndermek istediği iletinin açıklamasını içerir. Gerçek veri ise karşıdaki düğüm bunu almak isterse iletilecektir. SPIN protokolü klasik taşıma ile alakalı üç probleme çözüm getirir:

Kaynak bilgisizliği, örtüşme, iç patlama/göçme (Odabaşı, vd, 2010, Pattan ve Chauchan, 2015).

2.3.1.6. GEAR

GEAR (Geographical and Energy-Aware Routing) algoritması yanıt-sorgu yöntemini kullanır. Ayrıca her düğümün, kendi enerji seviyesini, komşularının konumlarını ve kendi konumunu bildiğini varsayar (Odabaşı, vd, 2010).

2.3.1.7. TEEN

TEEN (Threshold Sensitive Energy Efficient Sensor Network) algoritmasında, reaktif sensör ağı için tanıtılan ve LEACH algoritmasına dayanan hiyerarşik algoritmalarından biridir. Kümeleme işlemini, yumuşak ve sabit eşik olarak adlandırılan iki eşik kullanarak oluşturur. Bu eşğin amacı, düğümler arasında iletilen veri miktarını azaltmaktır. Sert eşik, iletme kurallarından biridir. Bir sensörden elde edilen değer bu eşğin üzerindeyse, veriler gönderilir, aksi takdirde bilgi baz istasyonuna gönderilmez. Yumuşak eşik ise, algoritmaya daha fazla esneklik sağlayan bir eşiktir. Bir senaryoda, bir düğümün değeri sabit eşğin altındaysa ancak düğümün son iki değeri arasındaki fark yumuşak eşğin üzerindeyse veri baz istasyona gönderilir (Dehghani, Povrzaferani ve Barekatin, 2015).

2.3.1.8. EEHC

EEHC (Energy Efficient Heterogeneous Clustered) algoritması ise, heterojen kablosuz sensör ortamları için dağıtılmış rasgele kümeleme

algoritmasıdır. Bu algoritmadaki küme başları, farklı kümelerdeki düğümlerden veri toplar ve topladıktan sonra onları baz istasyonuna gönderir. Bu algoritma, başlatma ve geliştirme olarak adlandırılan iki aşamadan oluşur (Dehghani, vd, 2015).

2.3.1.9. DDAR

DDAR (Dynamic clustering and distance aware routing) algoritmasında, küme başlıklarını seçmek için dinamik bir yaklaşım kullanmaktadır. Ayrıca DDAR, enerji tüketimi için iki seviyeli hiyerarşik kümeleme kullanır. Bu algoritmada, enerji tüketimi LEACH protokolünden % 15.5 daha düşüktür. Küme başlarının dinamik seçimi, gereksiz küme başı seçimini azaltabilir. Ayrıca ağda çok sayıda düğüm öldüğüne, ağ düşük sayıda canlı düğümle bile işini sürdürebilir. Buna ek olarak algoritma, baz istasyonundan uzaktaki küme başlarının enerji tüketimini azaltmak ve küme başlıklarını seçmek için düğümden baz istasyonuna olan ortalama mesafeyi kullanmaktadır (Dehghani, vd, 2015).

2.3.1.10. WCA

WCA (Weighted Clustering Algorithm) algoritmasında bir başka kümeleme algoritmasıdır. Bu algoritmada küme başı seçimi, düğümün derecesine, düğüm hızına, komşulara olan uzaklığa, kalan pil ömrüne ve bir düğümün küme kafası olduğu dönem zamanına bağlıdır. Bu parametrelere göre her bir düğüme değer atanır. Daha sonra düğüm ağırlıkları diğer tüm düğümlere yayınlanır ve komşuları arasında en yüksek düğümün ağırlığı olan küme başı olarak seçilir. Aksi takdirde düğüm, komşu kümeye üye olarak katılır. Bu algoritmada, kümenin boyutu enerji tasarrufu ile sınırlı olarak kabul edilir (Dehghani, vd, 2015).

2.3.1.11. ACT

ACT (Arranging Cluster Sizes and Transmission Ranges) kümeleme algoritması, küme boyutunu ve iletim aralığını ayarlamaktadır. Algoritma, ağ topolojisini ayrı seviyelere ayırır. Her düzeydeki küme boyutu eşittir, ancak bu boyut diğer düzeylerdeki kümelerden farklıdır. Bu algoritma, sensör düğümlerinin

üç fazda aynı başlangıç enerjisi ve küme sensörü ağını içerdiğini varsaydı: Küme kurulumu, veri aktarımı ve bakımı (Dehghani, vd, 2015, Kour M. ve Kour J., 2014).

2.3.1.12. HCTE

HCTE (Hierarchical Clustering Based Routing Algorithm with Applying the Two Cluster Heads in Each Cluster for Energy Balancing) algoritmasında, her kümedeki enerjinin dengelenmesi için iki küme başlığının avantajlarından yararlanır. Her bir kümedeki küme kafaları farklı görevlerden sorumludur. Ayrıca, bu algoritma küme başından baz istasyonuna veri yönlendirmek için çoklu atlama aktarım mekanizmasını kullanmaktadır. Ağ kullanım ömrü LEACH'den % 35 daha uzundur, çünkü çoklu hop veri aktarımını kullanır ve dengesiz enerji tüketimini önler (Dehghani, vd, 2015, Kour M., vd, 2014).

2.3.1.13. CCM (Chain Cluster-based Mixed)

CCM (Chain Cluster-based Mixed) algoritması zincirleme ve kümelemenin kombinasyonudur. Aslında CCM algoritması, PEGASIS'in her iki algoritmasının avantajlarını, düşük enerji tüketimini ve LEACH'ın gecikmeden bilgi iletilmesini birleştirir. Ayrıca bu algoritmada düğümler homojen olarak kabul edilir. Bu algoritma üç aşamadan oluşur: küme oluşturma, zincir oluşturma ve veri aktarma (Dehghani, vd, 2015).

2.3.1.14. Leach-VF

Leach-VF (LEACH with Virtual Force), LEACH algoritmasının ve sanal güç fikirlerinin karışımıdır. Bu algoritmada sanal kuvvetler her küme düğümüne hareket alanı sensörüne uygulanarak kapsama alanını en yükseğe çıkarır ve enerji tüketimini en aza indirir. LEACH-VF iki tür sanal güç kullanır: Çekici kuvvet ve İtici kuvvet. Çekici kuvvet, düğümlerin iletişim için kullanılan enerjiyi azaltmak için kümelenme kafasına doğru hareket etmesine neden olur. İtici kuvveti, kapsama alanında en üst düzeye çıkan kümelerde çakışmayı ortadan kaldırır (Dehghani, vd, 2015, Kour M. vd, 2014).

2.3.1.15. SLGC

SLGC (Select Grid Clustering)'de ağ şebeke olarak görülür. Bu algorithmada küme başları, ağırlık merkezinin hesaplanması, geçerli tur ve sonraki tur için düğümün enerji eşiğine dayalı olarak seçilir. Bu algoritma, ağ ömrünü uzatır ve enerji tüketimini azaltır (Dehghani, vd, 2015).

2.3.1.16. MWBCA

MWBCA (Multi-Weight Based Clustering Algorithm) algoritması kümeleme için ağırlık fonksiyonunu kullanır. İşlev, güç aktarımından sonra düğümün geriye kalan enerjisinin, düğümün küme başı olduğu komşuların ve sürelerin doğrusal bir birleşimidir. Her bir düğüm toplam ağırlığını komşu düğümlerine yayınlar ve en düşük ağırlığı olan bir düğüm, küme başı olarak seçilir. Algoritma, aşırı enerji maliyetleri nedeniyle erken ölüm düğüm noktalarını önler, tüm düğümleri alternatif olarak bir küme başı olarak seçer (Dehghani, vd, 2015, Kour M., vd, 2014).

2.3.1.17. K-MEAN

K-MEAN algoritması bölümlmeye dayanan en popüler kümeleme yöntemlerinden biridir. Küme başının seçimi çok basittir ve diğerlerine göre çok hızlı bir algoritmadır.

2.3.1.18. SWIFT

Swift protokolü proaktif bir protokoldür ve algılanan verilerin baz istasyonuna en kısa yolla yönlendirilmesini yapar. Ayrıca SWIFT protokolünde gecikme olmadığından ve veriyi verimli bir şekilde ilettiğinden daha fazla sağlık alanlarında kullanılmaktadır. Başlangıç yollarının kurulmasından sonra, sink düğümü yolunu bulmak için ağa bir sorgu paketi göndermek zorunda değildir, bu nedenle yol bulma yükünü en aza indirir ve veri aktarımında daha az gecikmeye neden olur (Jaisinghani, 2012).

2.3.2. Ağaç Tabanlı Yaklaşımlar

Ağaç tabanlı yaklaşımda hedefi belirleyen düğümler kendi arasında iletişim sağlayarak bir kök düğümü seçerler. Kök düğüm seçimi ise yukarda küme tabanlı yaklaşımda bahsedildiği gibi iki aşamalı yöntem mekanizması kullanılarak yapılır. Kök düğüm bütün düğümlerden veri toplayarak hedefin hangi doğrultuda olduğunu saptayabilir. Eğer hedef ile kök düğüm arasındaki mesafe yüksekse yeni kök düğüm belirlenir ve ağaç tekrardan yapılır. Bu yaklaşımın avantajı bütün düğümler elde ettikleri verileri kök düğüme göndererek hedefin konumunun daha kesin sağlanmasıdır, fakat dezavantajı ise hedef ağaçtan uzaklaştığı sürece ağaç tekrardan yapılacağı için çok fazla enerji harcaması olmaktadır. Bu yaklaşıma bir örnek STUN (Ağa Bağlı Sensörleri Kullanarak Ölçeklenebilir İzleme)'dur. STUN yaklaşımında yaprak düğümleri hedefi izler ve toplanan veriyi ağacın ara düğümleri yoluyla kök düğüme gönderir. Ara düğümler, algılanan hedefleri kaydeder ve bir değişiklik olduğunda kök düğüme güncel bilgileri gönderir. DCTC'de (Dinamik Konvoy Ağacına Dayalı İşbirliği) ağaç, hedefe en yakın olan çapa düğümünde köklendirilir. Hedef pozisyon, kök düğümün konumu tarafından tahmin edilir (Singh vd, 2016, Dios, 2017).

2.3.3. Hibrid Kümeleme Yaklaşımı

Hibrid kümeleme yaklaşımında bir hedef ağın içinde olduğunda, hedefi algılayan statik bir küme hedefi izlemek için uyanır. Hedef sınıra yaklaştığında, sınır düğümleride hedefi algılayabilir ama hedefi sorunsuz bir şekilde takip etmek isteniliyorsa daha önceden isteğe bağlı olarak dinamik küme oluşturulması lazımdır. Hedef sınırları aştığında, statik kümeler ve isteğe bağlı olan dinamik kümeler, izleme görevini dönüşümlü olarak yönetir. Herhangi iki ardışık küme arasında farklı türdeki kümeler arası aktarım gerçekleşir. Sınır düğümleri yardımıyla hibrid kümelemede, hedef izleme için ölçeklenebilir küme tabanlı kablosuz sensör ağına isteğe bağlı dinamik kümeleme uygulamaları, bu kümeler arasındaki sensörlerin işbirliğini kolaylaştırır ve sınır problemini çözer (Wang, Cou, Wang, Ma ve Chen, 2013). Hibrid Kümeleme Yaklaşımı, aşağıdaki hedefler kümesini göz önüne alır:

- Kümelerin sayısı maksimum olmalı,

- Modülerleştirme kalitesi maksimum olmalı,
- Tüm kümelerin iç kenarlarının toplamı maksimum olmalı,
- Tüm kümelerin arakesitleri toplamı minimum olmalı,
- İzole edilmiş kümelerin sayısı da en aza indirilmelidir (Kishore, Ramani ve Anoosha, 2014).

2.3.3.1. Dağıtılmış Öngörülü İzleme

Dağıtılmış öngörülü izleme yaklaşımı, ölçeklenebilir ve tahmin tabanlı izleme mekanizması ile dağıtılmış ve enerji açısından verimli bir çözüm getirmektedir. Ayrıca tahmin başarısızlıklarına karşı dayanıklıdır, hedefin geçici olarak kaybedilmesi durumunda bu senaryolardan çabucak ve çok az enerji harcayarak kurtulur (Ramya, Kumar ve Rao, 2012).

2.3.3.2. Akustik İzleme İçin Dinamik Kümeleme

Akustik izleme için dinamik kümeleme algoritması dört bileşenli mekanizmadan oluşur: mesafe kalibrasyonu ve tablo, gönüllü olarak küme başı olmak, sensör yanıtlama ve izleme sonuçlarının raporlanması. Aşağıda, dört bileşen mekanizmasının her biri üzerinde ayrıntılı olarak durulmaktadır.

Mesafe Kalibrasyonu ve Tablo: Akustik takip sistemi çalışmaya başlamadan önce her sensör, sensörlerin izleme aralıklarındaki konumlarını bilmelidir. Radyo iletim menzili akustik algılama aralığından daha büyük olduğu varsayıldığında, bir sensör diğer sensörlere kimlik bilgisini, cihaz işlevini ve konum bilgisini yayın yoluyla bildirebilir.

Gönüllü olarak küme başı olmak: Dinamik kümelemenin ilk adımında bir küme başı, algılanan sinyal gücü eşliğini aşarsa, sensörleri alıp bir küme oluşturarak gönüllü olarak çalışır. İki veya daha fazla küme aynı anda etkinleştirilmişse, bir küme içerisinde değiştirilen paketler, diğer kümelerinkiyle çarpışabilir.

Sensör yanıtlama: Bir algılayıcı bir imza paketini aldıktan sonra, ilk adımda imza ile arabellekli verilerle eşleştirir. Arama aralığı, imza paketindeki zaman gecikmeli bilgilerin kullanılması ile sınırlandırılabilir. İmza eşleştirilirse, arabelleğe alınan verideki sinyal gücü hesaplanır.

İzleme sonuçlarının raporlanması: İmza paketi gönderildikten sonra zamanlayıcı zaman aşımına uğrar veya küme başı yeterli sayıda yanıt alırsa hangisi önce gerçekleşirse küme başı yerleştirme sonucunu oluşturur. Lokalizasyon sonucu oluşturulduktan sonra küme başı, hedefin yer ve zaman bilgilerini baz istasyonuna göndermek zorundadır. Küme başı, olayı algılayan zaman anı ile paketin bir sonraki atlamaya ulaştığı beklenen zaman anı arasındaki zaman farkını hesaplar ve izleme rapor paketini gönderir (Chen, Hou ve Sha, 2012).

2.3.4. Aktivasyon (Etkinleştirme) Yaklaşımı

Aktivasyon yaklaşımı genel olarak kendi içinde 3'e ayrılmaktadır, bunlar: Saf etkinleştirme tabanlı izleme, rastgele etkinleştirme ve tahmine dayalı seçici etkinleştirmedir.

2.3.4.1. Saf Etkinleştirme Tabanlı İzleme

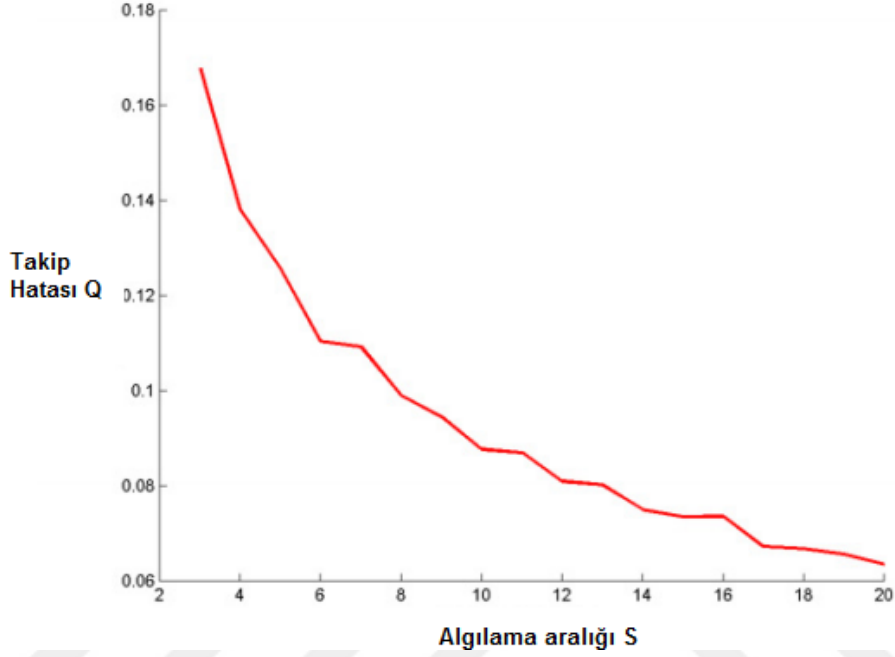
Saf etkinleştirme veya doğrudan iletişim tabanlı izleme şeması, tüm düğümler her zaman izleme modunda olduğundan en basit yaklaşımdır. Her düğüm yerel ölçümü yapıp küme başı düğümüne veya baz istasyonuna gönderir. Baz istasyonu, alınan yerel ölçümlere göre hedefin durumunu tahmin eder. En iyi izleme sonuçlarını sunduğu için, karşılaştırma için yararlı bir temel oluşturur. Bununla birlikte bu şemanın bazı dezavantajları da bulunmaktadır, mesela bu strateji enerji bakımından hiç verimli değildir ve bu sorun küme başı düğümünün baz istasyonunda ağır iletişim ve hesaplama yükünde etkiler. Belirli bir izleme stratejisi için izleme / algılama modunda olan düğümlerin sayısı n_s , iletişim modunda olan düğümlerin sayısı ise $n_c = N - n_s$ olarak belirtilmiştir. (Ramya, vd, 2012, Patterm, Poduri ve Krishnamachari, 2013). Bir N düğüm ağı için ortalama enerji harcaması şu şekildedir:

$$P = (n_s H + n_c L) = P = (n_s H + (N - n_s) L) \quad (2.1)$$

Saf etkinleştirme tabanlı strateji için şu formül kullanılır:

$$n_{s,NA} = N \quad (2.2)$$

$$P_{t,NA} = NS^\alpha \quad (2.3)$$

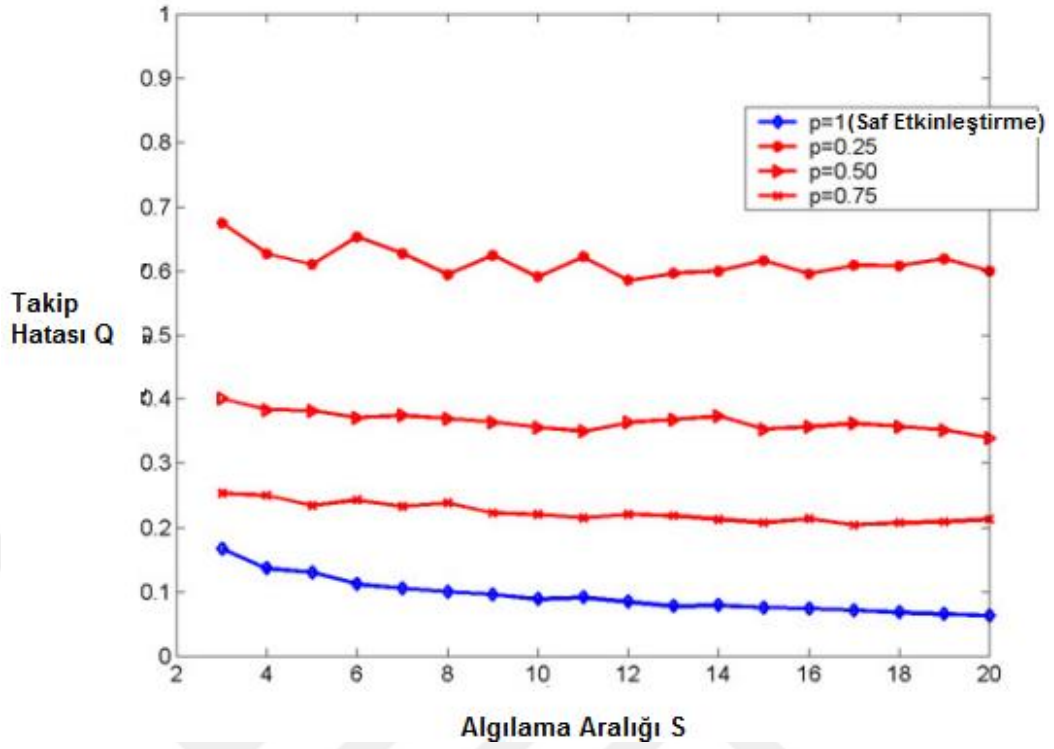


Şekil 2.3 Algılama Aralığına Karşı Etkinleştirme İzleme Hatası

2.3.4.2. Rastgele Etkinleştirme

Sensör düğümlerinin rastgele planlaması, sensör ağlarında uzun süreli kapsama alanı sağlar. Rastgele planlama algoritması için iki önemli motivasyon vardır:

- 1) Ayırık küme problemi olan NP-kompleyi (NP-complete) polinom zamanında, deterministik algoritma kullanarak optimal çözmek mümkün değildir.
- 2) Rastgele planlama algoritmaları, dağıtılmış bir ağ ortamında kolayca uygulanabilir çünkü sensörlerin küresel durum bilgisini korumasına ihtiyaç yoktur, ayrıca sensör düğümleri kendi aralarında karar vermede gereksiz iletişim masraflarından kaçınır (Ramya, vd, 2012, Pattem, vd, 2013).



Şekil 2.4 Algılama Aralığına Karşı Rastgele Etkinleştirme İzleme Hatası

2.3.4.3. Tahmine Dayalı Seçici Etkinleştirme

Bu stratejide, tüm düğümlerin yalnızca küçük bir alt kümesi herhangi bir noktada izleme modundadır. Ayrıca, hedefin "bir sonraki" konumunu tahmin ederler ve hedefi "sonraki" konumda izlemek için en iyi yerleştirilen düğümlerle izleme yapılır, düğümlerin geri kalanı iletişim modundadır ve izleme düğümlerinden gelen sinyaller tarafından uyarılınca izleme moduna geçilir. Bu stratejide, her düğüm olasılığı p ile açıktır. Ortalama olarak tüm düğümlerin p kısmı p izleme modunda açık olacaktır. Bu durumda;

$$n_{s,RA} = pN \quad (2.4)$$

$$P_{t,RA} = pNS^\alpha \quad (2.5)$$

şeklinde formülü olacaktır (Ramya, vd, 2012, Patten, vd, 2013).

BÖLÜM 3

3. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARDA HEDEF TAKİP ALGORİTMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖRNEK BİR SİMÜLASYON GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

3.1. Kablosuz Sensör Ağlarda Algoritmaların Karşılaştırılması

Şafak Durukan Odabaşı ve A.Halim Zaim'in yaptıkları çalışma Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de özetlenmiştir. Bu çalışmada kablosuz sensör ağlarda kullanılan protokollerin enerji ve çalışma modelleri, çözmeye çalıştıkları sorunlar, varsayımlar, tasarım hedefleri, simülasyon teknikleri ve performans ölçümleri gibi baş özellikler farklı protokol modellerine göre genel olarak açıklanmıştır (Odabaşı, vd, 2010).

Çizelge 3.1 Sensör Ağlarda Kullanılan Protokollerin Karşılaştırılması

Protokol	Enerji Modeli	Performans Ölçütleri (Ömür)	Performans Ölçütleri (Diğer)	Yönlendirme Şeması (Adres Merkezli)	Yönlendirme Şeması (Veri Merkezli)	NS2 Simülasyon (Boyut)	NS2 Simülasyon (Karşılaştırma)
LEACH	Açıklanan Enerji Modeli	X	Harcanan Enerji Toplamı	X		100	Doğrudan iletişim, min. iletimli enerji yönlendirme, statik kümeleme
Doğrudan Yayılım	İletim: 660 mW Alım: 495 mW Bekleme: 45 mW				X	50-250	Omniscient multicast, taşma
PEGASIS	Açıklanan Enerji Modeli	X	Harcanan Enerjinin Ortalaması	X		100	LEACH
SPIN	İletim: 600 mW Alım: 200 mW		Saniyede yayılan veri, saniyede harcanan enerji, birim enerji başına		X	25	Taşma ve Gossiping

Çizelge 3.2 Sensör Ağlarda Kullanılan Protokollerin Karşılaştırılması

Protokol	Problem	Tasarım Hedefi	Varsayımlar (Düğümün Sahip Olduğu Bilgi)	Varsayımlar (Global ID)	Çalışma Modeli (Sürekli Çalışma)	Çalışma Modeli (Sorgu Yanıt)	Çalışma Modeli (Bilinçli Enerji)
LEACH	Düğümlerden algılanan veriyi toplar ve baz istasyonuna gönderir.	Min. Enerji Max. Ömür		X	X		
Doğrudan Yayılım	Sorguyu baz istasyonundan R bölgesine yollar ve algılanan veriyi aynı yolla baz istasyonuna gönderir.	Min. Enerji				X	
PEGASIS	Düğümlerden algılanan veriyi toplar ve baz istasyonuna gönderir.	Min. Enerji Max. Ömür	Tüm düğümlerin konumları	X	X		
SPIN	Sensör gözlemlerini ağdaki tüm düğümlere yayar. Bu göçme, örtüşme ve kaynak bilgisizliğine çözüm içerir.	Birim zaman ve enerji ile max. veri yayılımı	Enerji seviyesi	X	X	X	X
GEAR	Bazdan R bölgesindeki düğümlere sorguyu yollar.	Max. Ömür	Konum ve enerji seviyeleri			X	X

Feyza Yıldırım Okay ve Suat Özdemir'in yaptığı araştırmada kablosuz sensör ağlarında kullanılan protokollerin, kablosuz sensör ağlarındaki enerji etkinliğini nasıl etkiledikleri Çizelge 3.4'te gösterilmiştir. Yapılan araştırmada kullanılan protokoller ise şu şekildedir: SMAC (Sensor Medium Access Control), TMAC (Timeout Medium Access Control), TRAMA (Traffic-Adaptive Medium Access Control), WiseMAC, BMAC, ADV-MAC (Advertisement-Based Medium Access Control), TA-MAC (Task Aware Medium Access Control). Ayrıca Çizelge 3.4'te ise araştırılan bu protokollerin genel olarak özellikleri ve çekişme (CSMA) veya zaman paylaşım (TDMA) tabanlı olup olmadıkları açıklanmıştır (Okay ve Özdemir, 2014).

Çizelge 3.5'de güvenlik amaçlı kablosuz sensör ağlarındaki MAC protokolleri özetlenmektedir. Buna göre güvenlik odaklı kablosuz sensör ağlarındaki MAC protokolleri sahip oldukları çeşitli farklı özellikler ile uyumayı engelleme saldırıları, DoS saldırıları, sahtecilik saldırıları, tekrarlamalı saldırıları, kaba kuvvet saldırıları, güç tüketme saldırıları, gizlice dinleme saldırıları gibi çok çeşitli saldırı türlerinde başarılı olabilmektedir. Ayrıca bazı protokoller saldırı anında kullandıkları çoklu anahtarlama mekanizması ile saldırılara karşı dayanıklılık sağlar (Okay, vd, 2014).

Çizelge 3.3 Enerji Etkin Ortam Erişim Protokolleri

Protokoller	Boşken Dinleme	Çakışma	Gecikme	Ek Yük
S-MAC	Azaltır	Azaltır	Artırır	Azaltır
T-MAC	Azaltır	Azaltır	Azaltır	Azaltır
TRAMA	Azaltır	Azaltır	Azaltır	Azaltır
WISE-MAC	Azaltır	Azaltır	Azaltır	Artırır
B-MAC	Azaltır	Azaltır	Artırır	Azaltır
ADV-MAC	Azaltır	Azaltır	Azaltır	Azaltır
TA-MAC	Azaltır	Azaltır	Artırır	Artırır

Çizelge 3.4 Enerji Etkin Ortam Erişim Protokollerinin Türü ve Özellikleri

Protokoller	Türü	Özellikleri
S-MAC	CSMA	Periyodik dinleme ile boşken dinleme yapılamaz. Böylece enerji etkinliği sağlanır. Ölçeklenebilirlik sağlar. Çakışmalardan kaçınır. Ayrıca, iş çıkarma yeteneği düşer.
T-MAC	CSMA	Uyumlu dinleme ile bekleme durumunu en düşük düzeylerde tutar. Bu özelliği ile S-MAC'lere göre daha az enerji harcar. Buna karşın gecikme artar.
TRAMA	TDMA	Çakışmaları azaltığından dolayı enerji etkin bir protokoldür. Düşük güçte bekleme yapar.
WISE-MAC	CSMA	Boşken dinleme ile enerji tasarrufu sağlar. Farklı trafik yoğunluklarında enerji etkin bir performans gösterir.
B-MAC	CSMA	Boşken dinleme azaltılarak enerji etkinliği sağlar. Düşük trafik yoğunluğunda oldukça enerji etkin, yüksek trafik yoğunluğunda bu etkinlik azalmaktadır.
ADV-MAC	CSMA+TDMA	S-MAC protokolüne göre daha güvenlidir. Paketleri ve yüksek öncelikli olarak ayırarak paketlere CSMA veya TDMA tabanlı yaklaşımlar uygular
TA-MAC	CSMA	Çakışma olduktan sonra geri çekilme prosedürü ile boşken dinlemeyi azaltır. Ayrıca çakışma olasılığında azaltılır.

Çizelge 3.5 Güvenli Ortam Erişim Protokolleri

Protokoller	Etkili Olduğu Saldırı Türü	Özellikleri
ARMAC	Dos Saldırısı	Farklı hizmet saldırılarında, saldırı türünü belirleyerek güvenliği sağlamaktadır. Herhangi bir ek donanıma ihtiyaç duymaz.
MPL'ye Dayalı MAC	Dos Saldırısı	Herhangi bir saldırı anında değişen parametreleri izleyerek, düğüm üzerindeki fiziksel ve MAC katmanlarını kapatarak güvenliği sağlar.
FSMAC	Dos Saldırısı	Merkezi bir control yapısı bulunmayıp, dağıtık yapı gösterir. Her bir düğüm kendi kendini savunabilmektedir.
SPINS	Tekrarlama Saldırısı Gizlice Dinleme Saldırısı	Kullanım kolaylığı ve şeffaflık sağlar. Ayrıca erişim kontrollü, mesaj bütünlüğü ve gizliliği sağlar.
TinySee	Tekrarlama Saldırısı	Boşken dinleme azaltılarak enerji etkinliğe sağlar. Düşük trafik yoğunluğunda oldukça enerji etkinken, yüksek trafik yoğunluğunda bu etkinlik azalmaktadır.
SenSee	Kaba Kuvvet Saldırısı Tekrarlama Saldırısı	Çoklu anahtarlama mekanizması ile farklı saldırı türlerine dayanıklıdır.
TE2S	Tekrarlama Saldırısı Sahtecilik Saldırısı Güç Tüketime Saldırısı Uyumayı Engelleme Saldırısı	Herhangi bir ek paket kullanılmaz. Kimlik doğrulama sürecini azaltarak güç tüketme saldırılarının etkilerini azaltır.

Çizelge 3.6 Hareketli Ortam Erişim Protokolleri

Protokoller	Enerji Etkinliği	Özellikleri
MSMAC	Artırır	İyi bir hizmet kalitesi (Qos) performansı sınırlar
SMACS	Azaltır	Düğüm komşu düğümleri keşfedebilmektedirler ve onlarla iletime herhangi bir yönetici düğüme ihtiyaç duymaksızın iletim başlatılabilir.
MMAC	Artırır	Değişimlere karşı dinamik bir şekilde adapte olurlar.
SPINS	Tekrarlama Saldırısı Gizlice Dinleme Saldırısı	Kullanım kolaylığı ve şeffaflık sağlar. Ayrıca erişim kontrollü, mesaj bütünlüğü ve gizliliği sağlar.

Shahrzad Dehghania, Mohammad Pourzaferanib ve Behrang Barekatin'in kümeleme algoritmalarının önemli özelliklerine dayalı olarak algoritmaların birbirleriyle karşılaştırılması ve birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının araştırmasını gerçekleştirmişler. Bu araştırmanın genel olarak sonuçları Çizelge 3.7, Çizelge 3.8, Çizelge 3.9, Çizelge 3.10, Çizelge 3.11'de gösterilmiştir (Deghani, vd, 2015).

Çizelge 3.7 Kablosuz Sensör Ağlarında Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Karşılaştırılması

	Ölçeklenebilirlik	İletim gecikmeleri	Dağılım düğümleri	Kontrol mesajları	Düzenli enerji dağılımı	Enerji verimliliği	Kümeler arası yapı	Algoritmanın karmaşıklığı	Kümeleme yapısı
LEACH	Çok düşük	Çok düşük	Rasgele	Düşük	Çok düşük	Çok düşük	1 Atlama	Çok düşük	Hiyerarşik
LEACH-C	Çok düşük	Çok düşük	Rasgele	Orta	Orta	Düşük	1 Atlama	Düşük	Hiyerarşik
TEEN	Çok düşük	Çok düşük	Rasgele	Düşük	Orta	Çok düşük	Çoklu Atlama	Yüksek	Hiyerarşik
EEHC	Çok düşük	Çok düşük	Rasgele	Düşük	Düşük	Düşük	1 Atlama	Düşük	Hiyerarşik
DDAR	Orta	Düşük	Rasgele	Yüksek	Orta	Orta	Çoklu Atlama	Orta	Hiyerarşik

Çizelge 3.8 Kablosuz Sensör Ağlarında Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Karşılaştırılması

	Ölçeklenebilirlik	İletim gecikmeleri	Dağılım düğümleri	Kontrol Mesajları	Düzenli enerji dağılımı	Enerji verimliliği	Kümeler arası yapı	Algoritmanın karmaşıklığı	Kümeleme Yapısı
WCA	Orta	Düşük	Rasgele	Çok düşük	Orta	Çok düşük	Çoklu Atlama	Yüksek	Hiyerarşik
ACT	Çok düşük	Düşük	Aynı	Çok düşük	Orta	Orta	Çoklu Atlama	Yüksek	Hiyerarşik
HCTE	Çok düşük	Çok düşük	Rasgele	Düşük	Yüksek	Çok düşük	Çoklu Atlama	Orta	Hiyerarşik
CCM	Çok düşük	Düşük	Izgara	Yüksek	Orta	Çok düşük	Çoklu Atlama	Orta	Hiyerarşik
LEACH-VF	Çok düşük	Çok düşük	Rasgele	Düşük	Düşük	Düşük	Çoklu Atlama	Orta	Hiyerarşik
SLGC	Çok düşük	Çok Düşük	Rasgele	Düşük	Orta	Orta	Çoklu Atlama	Orta	Izgara Tabanlı
MWBCA	Çok düşük	Çok düşük	Rasgele	Yüksek	Yüksek	Orta	Çoklu Atlama	Orta	Hiyerarşik
PEGASIS	Çok düşük	Çok yüksek	Rasgele	Orta	Yüksek	Düşük	1 Atlama	Yüksek	Zincir Tabanlı
HEED	Çok düşük	Orta	Rasgele	Orta	Orta	Orta	Çoklu Atlama/1 Atlama	Orta	Hiyerarşik

Çizelge 3.9 Kablosuz Sensör Ağlarının Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Avantajları ve Dezavantajları

	Avantajları	Dezavantajları
LEACH	1. Denetim masraflarını azaltır 2. Düşük karmaşıklık algoritması kullanır	1. Küme başları dağınık dağılmaz 2. Kalan enerjiyi düşünmeden küme başını seçer 3. Veriyi 1 Atlamada gönderir
LEACH-C	1. Optimal derecede küme sayısı vardır 2. Küme başları düzgün dağıtılır 3. Kalan enerjiye göre küme başını seçer	1. Veriyi 1 Atlamada gönderir
TEEN	1. Veri aktarımını kontrol etmek için çok kullanışlıdır 2. Zamanı kritik olan uygulamalar için uygundur	1. Periyodik olarak rapor isteyen uygulamalar için uygun değildir 2. Zaman aralıklarını boşa çıkarma yeteneği vardır (baz istasyonu canlı ve ölü düğüm sayısını algılayamayabilir, çünkü yalnızca eşige özgü veriler gönderilebilir) 3. Küme, birbirinin iletişim aralığında yer alıyorsa kaybolabilir, çünkü yayınlama yalnızca küme başları tarafından yapılır
EEHC	1. Düğümler enerji bakımından heterojen olarak kabul edilir 2. Seçim yapmak küme başının kalan enerjisine göre olur	1. Küme başları 1 atlamada veri gönderir
DDAR	1. Küme başı sayılarının dinamik olarak ayarlanması	1. Verileri sürekli ölçmek için gerçek zamanlı protokole ihtiyaç vardır
WCA	1. Küme boyutu sınırlaması 2. Düğüm, yalnızca bağlantı kesildiğinde küme başı ile yeniden bağlanmayı dener	1. Düğümlerin ağırlığının bilinmesi gerekir 2. Her düğüm, ağ başlatılmadan önce tüm veriyi düğümde saklamalıdır 3. Aşırı miktarda hesaplama, iletişim ve enerji tüketimi yapar. 4. Ağ topolojisinde istikrarsızdır
ACT	1. Baz istasyonunun uzaklığına göre kümelerin boyutu seçilir (baz istasyonunun yakınındaki küme başlarını azaltmak için) 2. Küme başının istasyona yakın enerjisini artırır (iletimde olan küme başı için) 3. Küme başlarının enerji tüketimi düzgün olarak dağıtılır 4. Her turda kümelemeyi önler	1. Kablosuz sensör ağında kapsama alanı sorunu
HCTE	1. Düzgün enerji dağılımı	Düşük derece ölçeklenebilir

Çizelge 3.10 Kablosuz Sensör Ağlarının Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Avantajları ve Dezavantajları

	Avantajları	Dezavantajları
CCM	1. LEACH'e kıyasla küme başı seçimini yapmak için masrafı azaltır 2. PEGASIS'e kıyasla uzun iletim gecikmesini azaltır	1. CDM'yi desteklemiyorsa yüksek iletim gecikmesi olur 2. Büyük ölçekli ağlar için kullanımı uygun değildir
LEACH-VF	1. Optimal derecede küme sayısı vardır 2. Küme başları düzgün dağıtılır 3. Kalan enerjiye göre küme başını seçer	1. Düşük derecede enerji verimliliğini sağlar 2. Düzensiz enerji dağılımı olur
SLGC	1. Kapsamanın dışına çıkmaz 2. Deliksiz kapsamanında dışına çıkmaz	1. Küçük ölçekli ağlarda enerji verimliliği yoktur
MWBCA	1. Kontrol mesajlarının masrafını azaltır	1. Küme başı seçilmesi için yüksek kontrol mesajları küme başına yüklenir
PEGASIS	1. Düzgün enerji dağılımı yapar	1. Bilgi göndermede gecikme olur 2. Ölçeklenebilirliği zayıftır 3. Ağ hakkında genel bilgi gereklidir 4. Değişken ağ topolojisi için uygun değil
HEED	1. Enerji dağılımı düzgün bir şekilde yapılır 2. Dinamik kümeleme ile masrafı azaltır	1. Enerji kavramı düzensiz dağılır 2. Yüksek derecede masrafa mal olur

Çizelge 3.11 Kablosuz Sensör Ağlarının Farklı Kümeleme Yönlendirme Protokollerinin Avantajları ve Dezavantajları

	Zaman Karmaşıklığı	Düğüm Hareketliliği	Üst Üste Kümeleme	Küme Sayısı
WCA	Sabit	Yok	Yok	Değişir
LEACH	Sabit	Sınırlı	Yok	Değişir
PEGASIS	Değişir	Yok	Yok	Sabit

3.2. Kablosuz Sensör Ağlarda Simülasyonun Gerçekleştirilmesi

Bu tez çalışmasında simülasyonların gerçekleşmesi internette var olan simülasyon programları ve simülasyon programlarına eklenen bazı yeni modüller sayesinde gerçekleşmiştir.

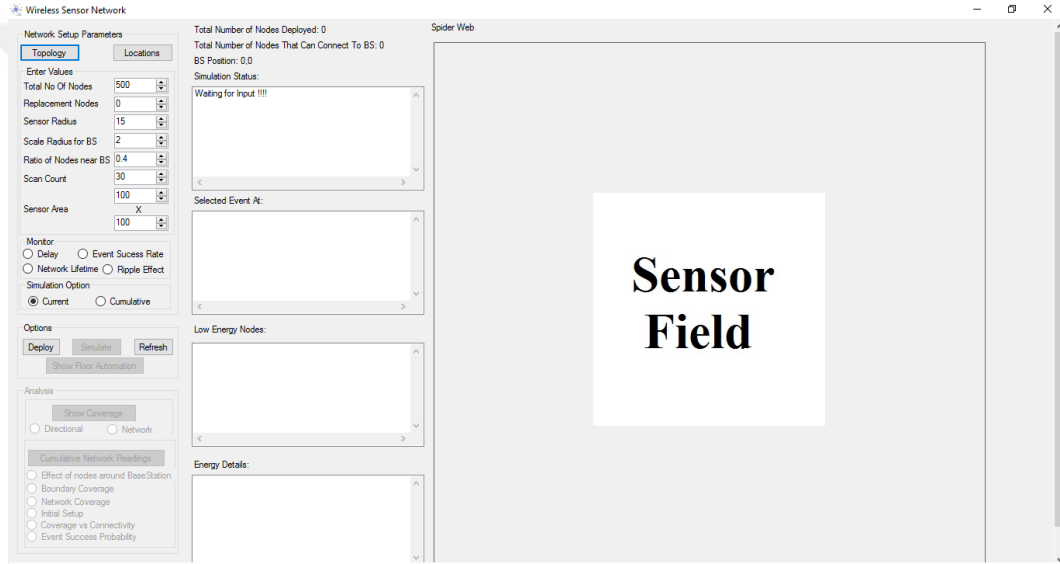
Şekil 3.1’de gösterilen simülasyon programının derlenmesi ve yeni modüllerin eklenmesi Microsoft Visual Studio 2017 tümleşik geliştirme ortamı (IDE) ve C# programla dili ile yapılmıştır. Simülasyonda ilk önce oluşturulacak ağın özelliklerini sol tarafta belirtip sonrasında bu girilen özelliklere göre ağ oluşturuyoruz (bkz. Şekil 3.1). Ağ oluşturduktan sonra “Simulate” butonuna tıkladığımızda ağın simülasyonu oluşmaya başlayacaktır. Bu simülasyonda genel olarak merkezde var olan baz istasyonu ile etrafında var olan düğümler arasında bir ağ kurulur, ağ kurulduktan belli bir süre sonra düğümlerin hangisinin ne zaman ve hangi noktada enerjisinin bittiği gösterilmektedir (bkz. Şekil 3.2). Bu simülasyonda düğümler rastgele yerleştirilmiştir ve ağı olası en iyi kapsama alanına bağlamak için bir yol yapılmıştır. Simülasyonun özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Baz istasyonu alanın ortasına yerleştirilmiştir,
 - Herhangi bir zamanda, bir düğüm en fazla 1 kaynak ve / veya 1 hedefe sahip olabilir; yani, izin verilen bir düğüm derecesi 0/1/2'dir.
 - Baz istasyonu etrafındaki düğümlerin oranı toplam düğüm sayısının baz istasyonundaki düğümlerin sayısına eşittir.
 - Hedef düğüm koordinatlarının belirli bir bölgenin koordinatlarındaki artış ya da azalış kurallarına uymadığı bağlantılara ağda izin verilmemektedir.
 - Ağın herhangi bir yerinde bir olay meydana gelirse baz istasyonuna erişebilir.
- Alan 4 bölüme ayrılmıştır ve her bölgenin bazı bağlantı kuralları vardır (Jaisinghani, 2012).

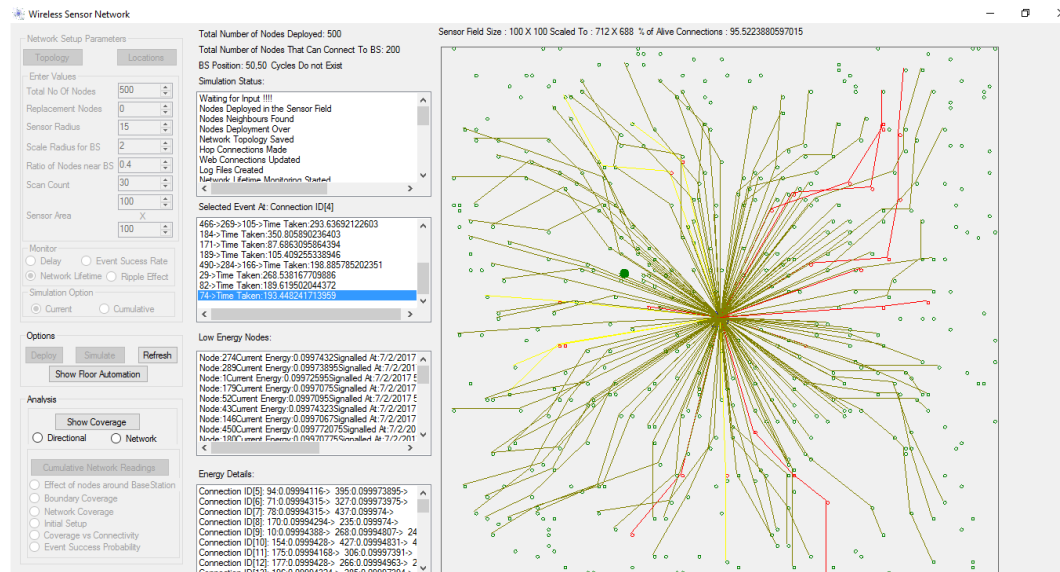
Bağlantı Kalitesi (CQ):

- Mükemmel (Canlı Düğümler $\geq$ yüzde 80 ve yüzde $\leq$ yüzde 100)
- Zayıf (Canlı Düğümler $>$ yüzde 50 ve yüzde 80'in altında)
- Zayıf (Canlı Düğümler $\geq$ yüzde 30 ve yüzde 50'den az)
- Ölü (Canlı Düğümler $<$ yüzde 30)

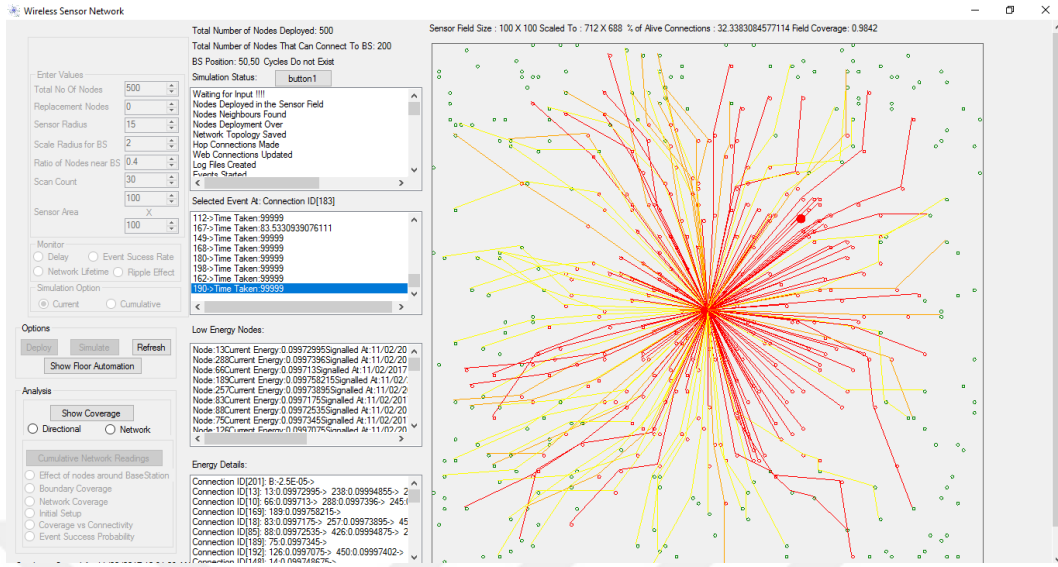
Simülasyonun aktif bağlantı yüzdesi %70'den fazla olduğunda ana istasyona ulaşan oran yaklaşık olarak 0.95'tir ve ortalama gecikme süreside 125 - 350 nanosaniye arasındadır, başarı oranı ise yaklaşık olarak % 90'dır (Jaisinghani, 2012).



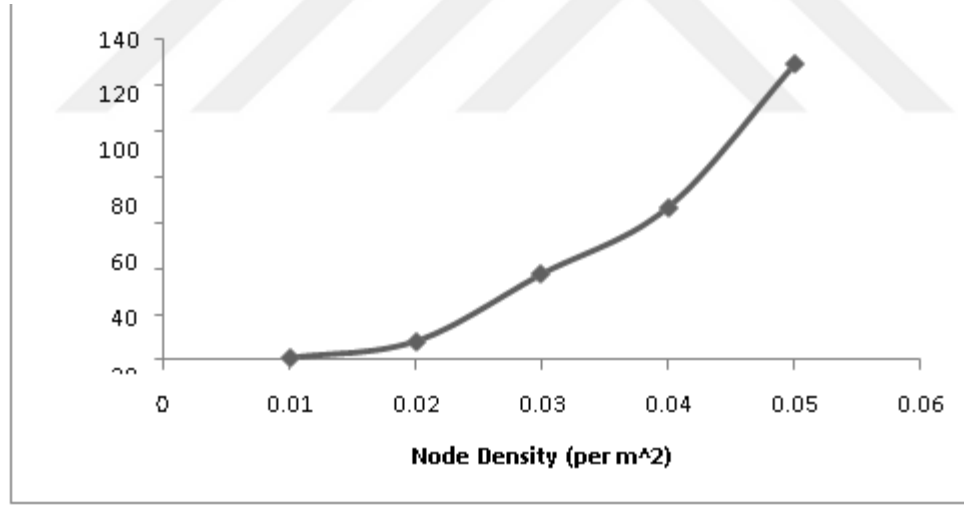
Şekil 3.1 Ağ Özelliklerinin Girilmesi



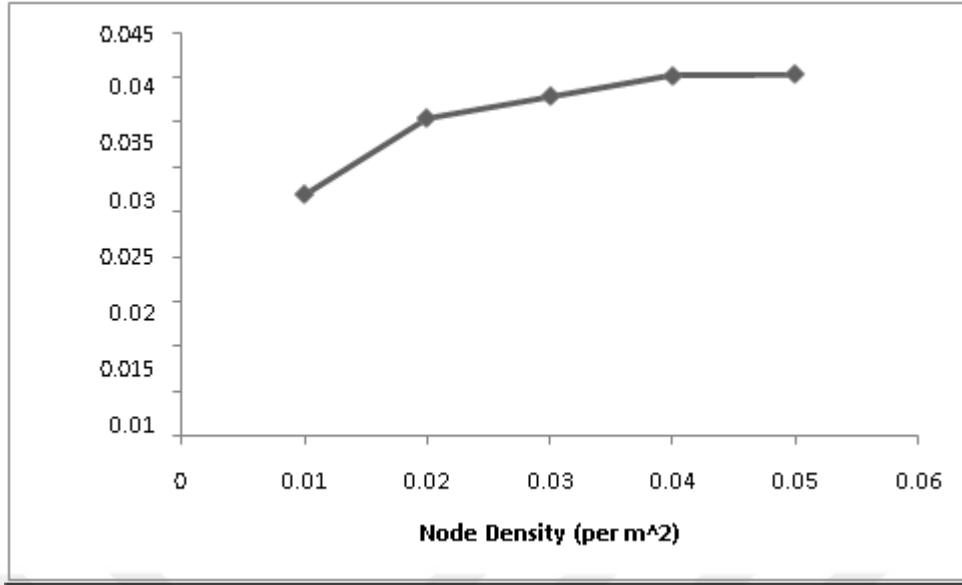
Şekil 3.2 Simülasyon Oluşumu



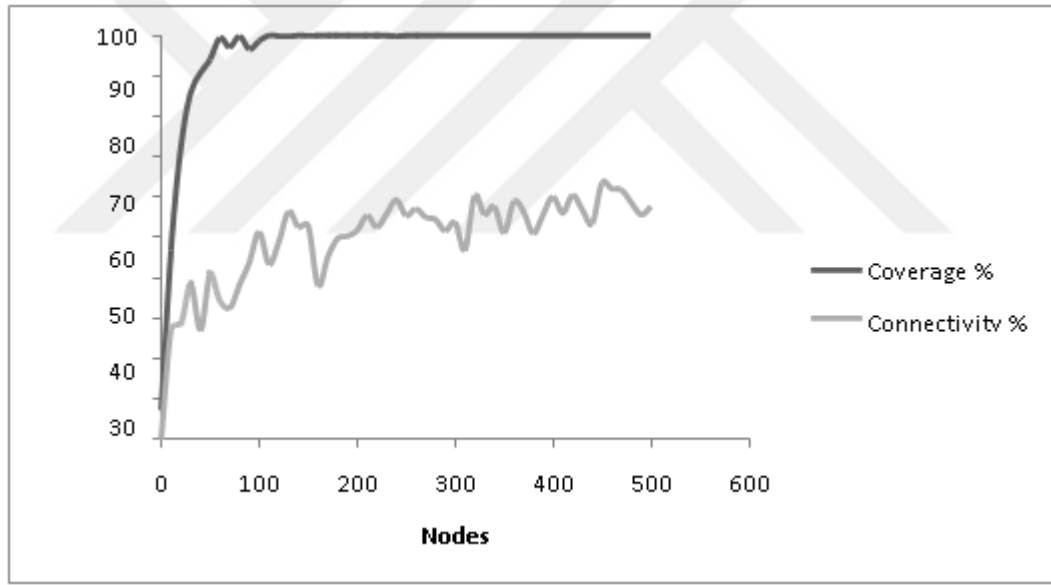
Şekil 3.3 Simülasyon Oluşumu-2



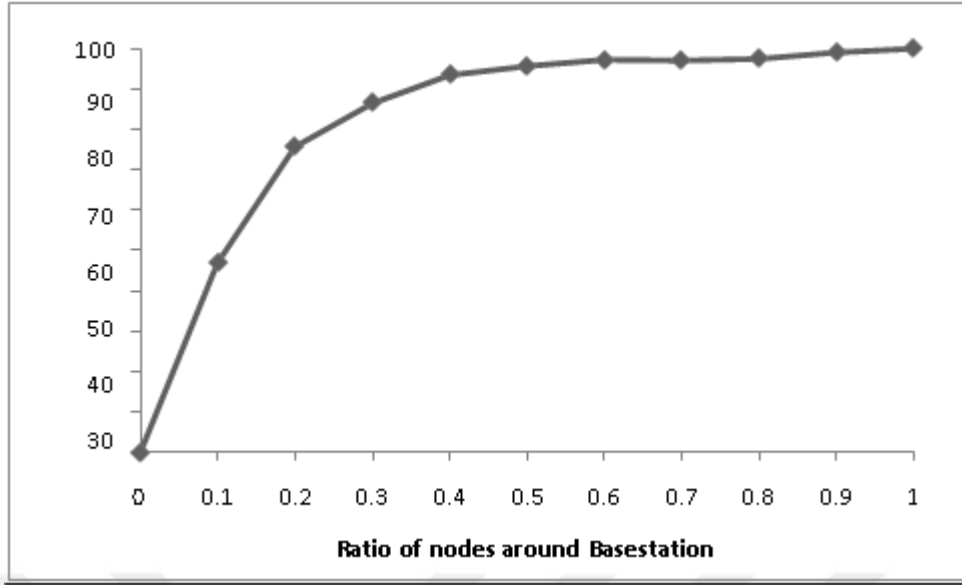
Şekil 3.4 Ağın ilk kurulum aşamasında harcanan zaman ve enerji



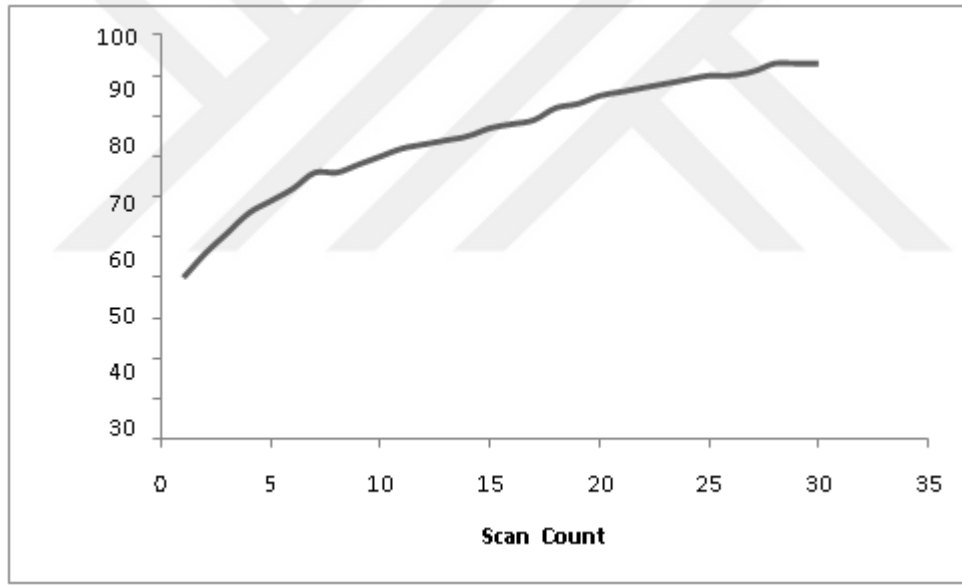
Şekil 3.5 Ağın Kapsam Bağlantısına Karşı Oranı



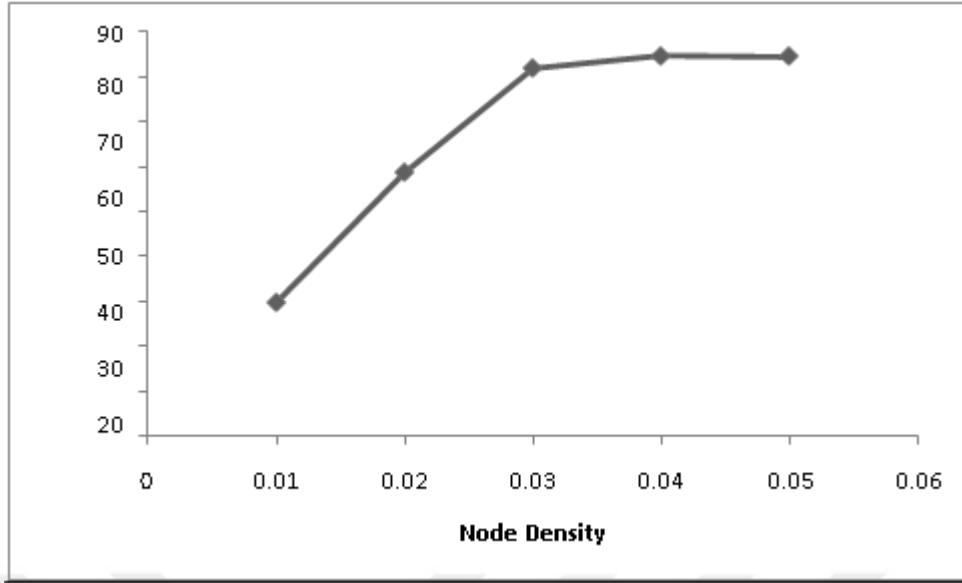
Şekil 3.6 Kritik düğümlerin toplam ağ bağlantısına etkisi



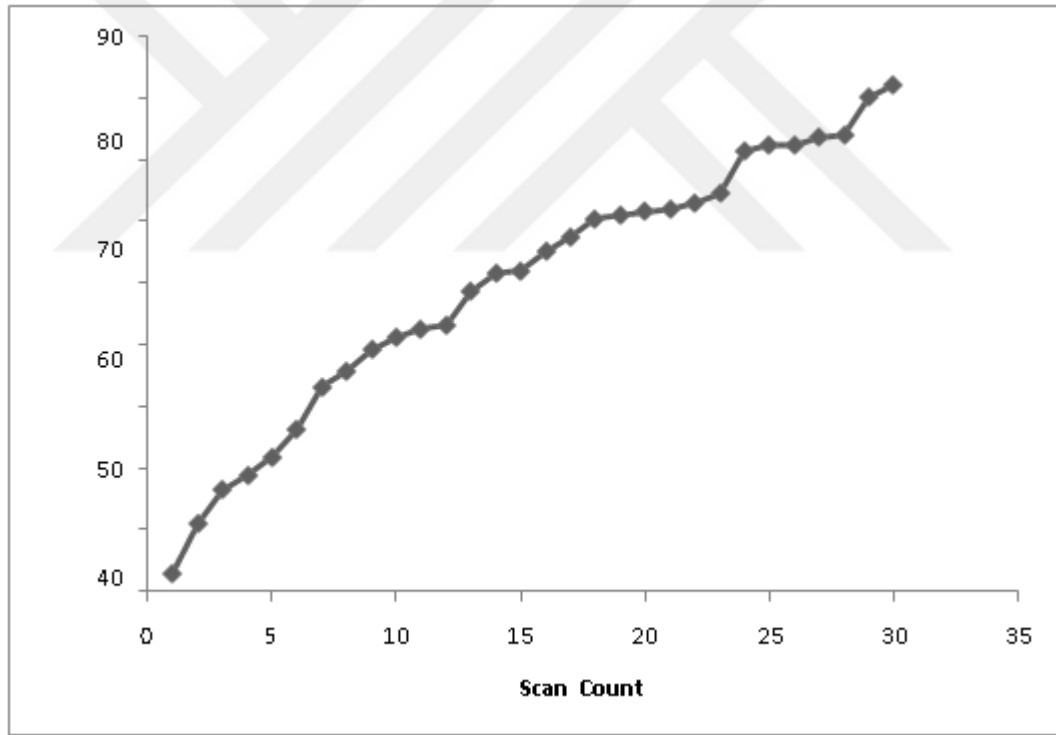
Şekil 3.7 Tarama sayısının toplam ağ bağlantısına etkisi



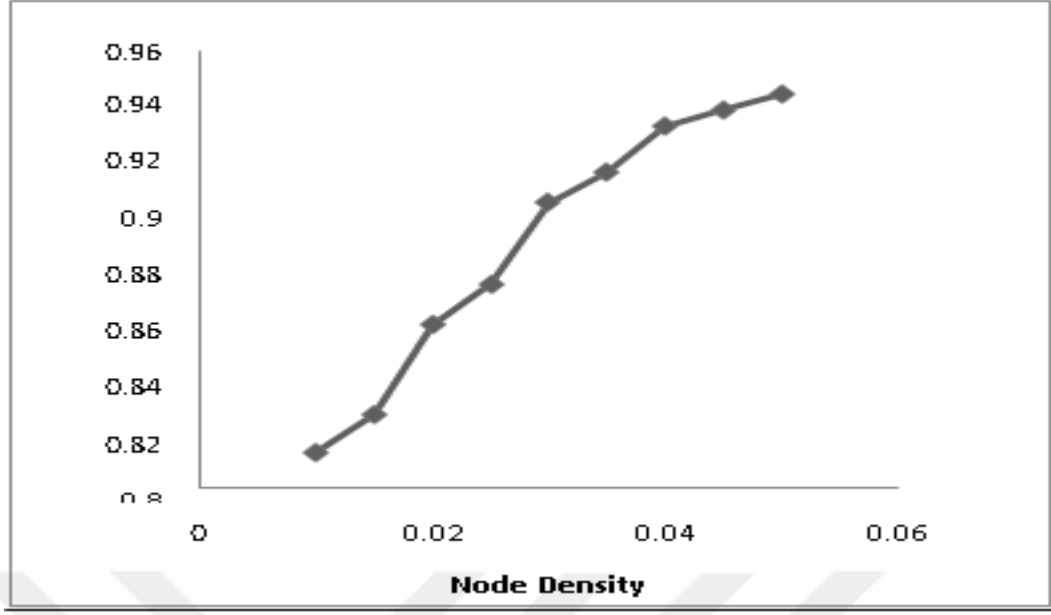
Şekil 3.8 Düğüm yoğunluğunun sınır bağlantılarına etkisi



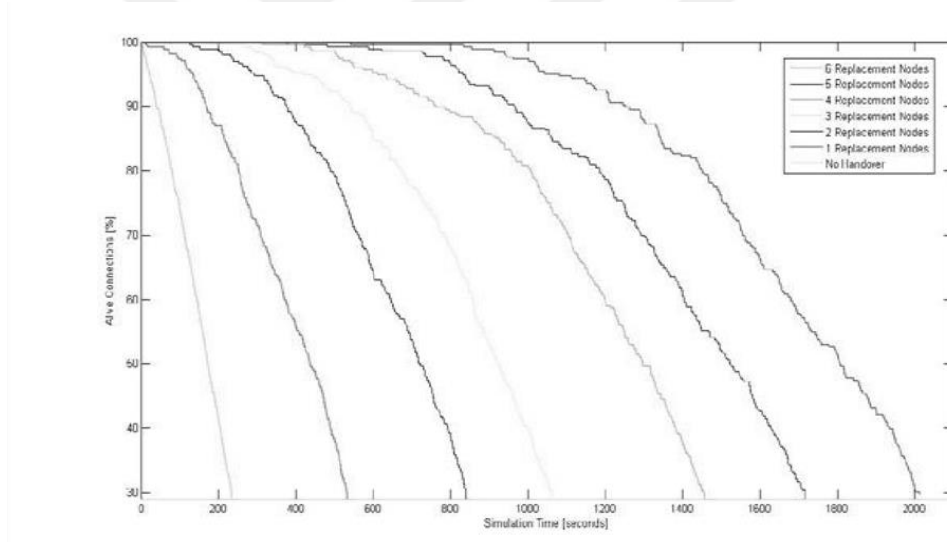
Şekil 3.9 Sınır bağlantılarında tarama sayısının etkisi



Şekil 3.10 Gecikme



Şekil 3.11 Başarı Oranı



Şekil 3.12 Yedek düğümlerin ağ ömrü üzerindeki etkisi

Bir diğer simülasyonda Matlab 7.0 programı kullanılarak LEACH algoritması ve daha geliştirilmiş LEACH-THCL algoritması için bir simülasyon yapılmıştır, simülasyonun ana hedefi düğümlerin toplam enerji tüketimini dengelemeyi ve ağın hayatta kalma süresini uzatmayı çalışmaktır. Ağın hayatta kalma süresi ise simülasyonun başlangıç zamanından en son ölen düğüme kadar geçen süreyi ifade eder (Fu, Jiang, Wei W., Wei A., 2013). LEACH simülasyonunun parametreleri şu şekildedir:

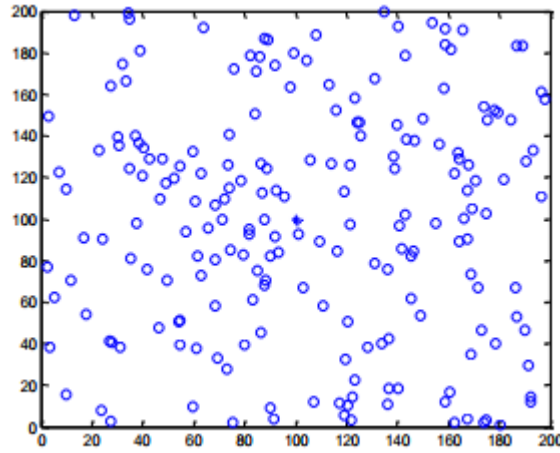
- Sensör düğümleri rasgele bir kare bölgesine dağıtılır

- Sensör düğümleri homojendir ve ağ boyunca benzersiz bir kimlik numaraları vardır (ID), düğümlerin ise enerjisi sınırlıdır. Düğümün konumu ağ oluşturulduktan sonra sabitlenir
 - Bölgenin merkezinde baz istasyonu kurulur
 - Düğümler tek geçişli veya çoklu geçiş yoluyla baz istasyonu ile iletişim kurar.
- Özel parametrelerde aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Çizelge 3.12 Simülasyonun Parametreleri

Alan	200 x 200
Düğüm Sayısı	200
Başlangıç enerjisi	0.5 Jul
Paket Sayısı	400 bit
Baz İstasyonu Konumu	100 x 100

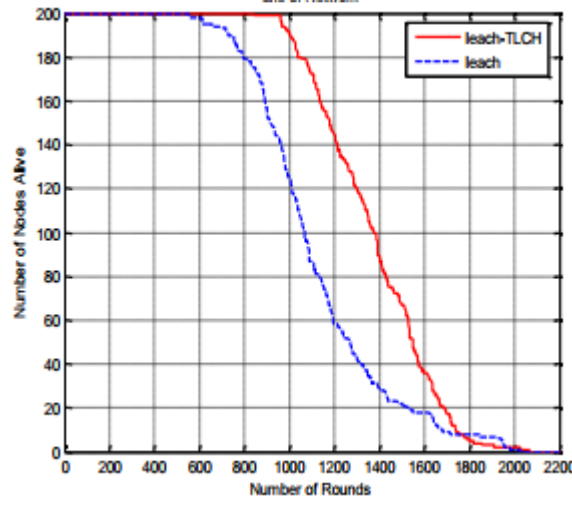
Simülasyona yukardaki parametreleri girdiğimiz zaman karşımıza aşağıdaki gibi bir şekil çıkmaktadır.



Şekil 3.13 Simülasyon Ağ Görünümü

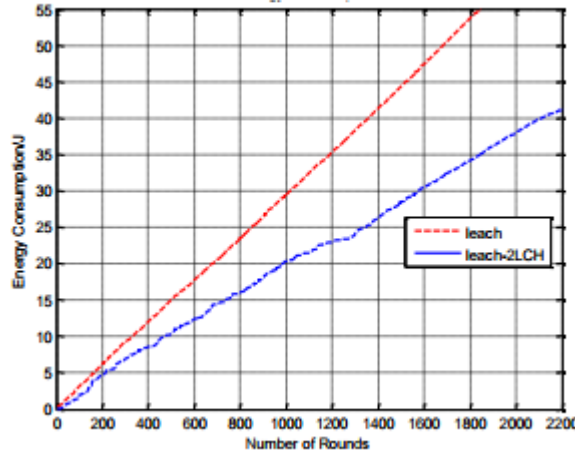
Yukardaki şekildedeki görüldüğü gibi düğüm dağılımının çok eşit bir şekilde dağılmadığı gösterilmektedir. Kablosuz sensör ağlarda ağ ömrü daha öncede bahsettiğimiz gibi sabit ve sabit olmayan olarak 2'ye ayrılmıştır. Sabit dönem genellikle simülasyonun başlangıcından ilk düğümün öldüğü zamana kadar, sabit olmayan ise ilk düğümün ölümünden simülasyonun sonuna kadar geçen süre anlamına gelir. Ağdaki düğümlerin ölmesi ağın çalışmasını dengesiz hale getirebilir ve güvenilir veri aktarımını gerçekleştirebilir (Fu, vd, 2013). Şekil 3.14 LEACH

ve LEACH-TLCH Algoritmasının Ağ Ömrü’de. simülasyonun ağ ömrü göstermektedir.



Şekil 3.14 LEACH ve LEACH-TLCH Algoritmasının Ağ Ömrü

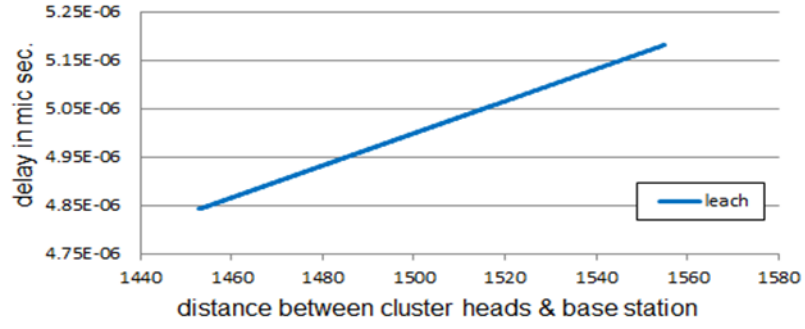
Simülasyonda LEACH-THCL ve LEACH protokollerinin ağ ömrünün hemen hemen aynı olduğu gösterilmektedir. LEACH-THCL’de ilk düğüm 561 adımda, LEACH’de ise ilk düğüm 857 adımda ölmüştür. Ağdaki düğümlerin % 90’ı öldüğünde, ağ güvenilirliği azalır ve çalışma neredeyse anlamsız hale gelir. LEACH-THCL ve LEACH algoritmalarının analizi Şekil 3.15 Algoritmaların Yaşam Döngüsü’te görüldüğü gibi, LEACH-THCL algoritmasının yaşam döngüsü LEACH algoritmasına göre % 9 oranında daha uzun olduğunu görebilmekteyiz. LEACH protokolünün sabit dönem yaşam döngüsü yüzdesi % 28 olarak belirlenmiştir, LEACH-THCL protokolünün ise % 43 olarak belirlenmiştir. LEACH-THCL protokolünün çalışma performansı LEACH protokolüne göre çok daha verimlidir. Aşağıdaki şekil ise enerji tüketim eğrisidir, bu şekilde LEACH-THCL algoritmasının, düşük enerjili birkaç küme başının enerji tüketimini azalttığını göstermektedir. Kısacası LEACH-THCL algoritması ağdaki var olan enerji tüketimini dengeledi, daha erken ölebilecek küme başının kullanım ömrünü uzattı ve ağın performansını optimize etmiştir, böylece etkin ömrün toplam enerji tüketimini düşürmüştür (Fu, vd, 2013).



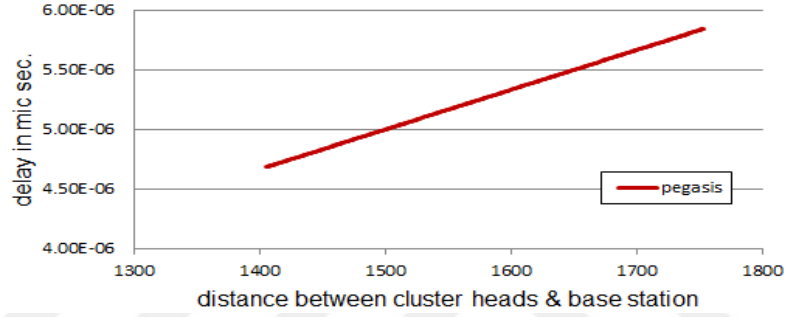
Şekil 3.15 Algoritmaların Yaşam Döngüsü

Diğer simülasyonda ise LEACH protokolü ve PEGASIS protokolü karşılaştırılmıştır, bu simülasyon Linux Ubuntu işletim sistemi ve NS2 programı ile yapılmıştır. Simülasyon için, $500m \times 500m$ bir alan ve bu alanın içine 100 sensör düğümü eklenmiştir, baz istasyonu ise kablosuz sensör alanının dışında tutulmaktadır. (1650m, 700m). Sensör düğümünün başlangıç enerjisi 0.5 jul olduğunu varsayıyoruz. Bu nedenle, sahadaki tüm düğümlerin toplam başlangıç enerjisi 50 jul'dür (Mahdi, Mohamed, Baithoon, 2015).

Şekil 3.16'da küme başları ve baz istasyonları arasında doğrudan hesaplanan mesafeyi temsil eden LEACH protokolünün gecikmesini göstermektedir. Böylece, merkez istasyona olan dört mesafenin ortalaması (CH1, CH2, CH3 ve CH4), hız denklemine dayalı gecikme iletimini temsil ederek hesaplanır. Sayısal olarak, LEACH protokolü kullanılarak, 1450m ile 1560m arasında değişen uzaklıkların ortalaması ve iletim gecikmesi 4 ile 5 mikro saniyedir. Dolayısıyla, LEACH protokolünü kullanarak iletim gecikmesinin sonucu, PEGASIS protokolüne göre daha iyidir, çünkü dört küme kafasından PEGASIS protokolünü kullanarak baz istasyonuna olan mesafeler, Şekil 3.16 LEACH Protokolünün İletim Gecikmesi'de gösterilen LEACH protokolünü kullanan ortalama uzaklıklardan daha uzundur. Genel olarak PEGASIS için mesafelerin ortalaması 1400m ila 1800m arasında değişmekte ve iletim gecikmesi 4 ila 6 mikrosaniye arasında olmaktadır (Mahdi, vd, 2015).

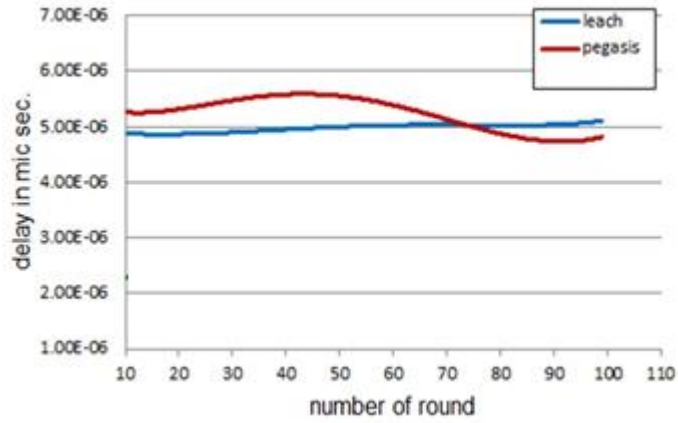


Şekil 3.16 LEACH Protokolünün İletim Gecikmesi



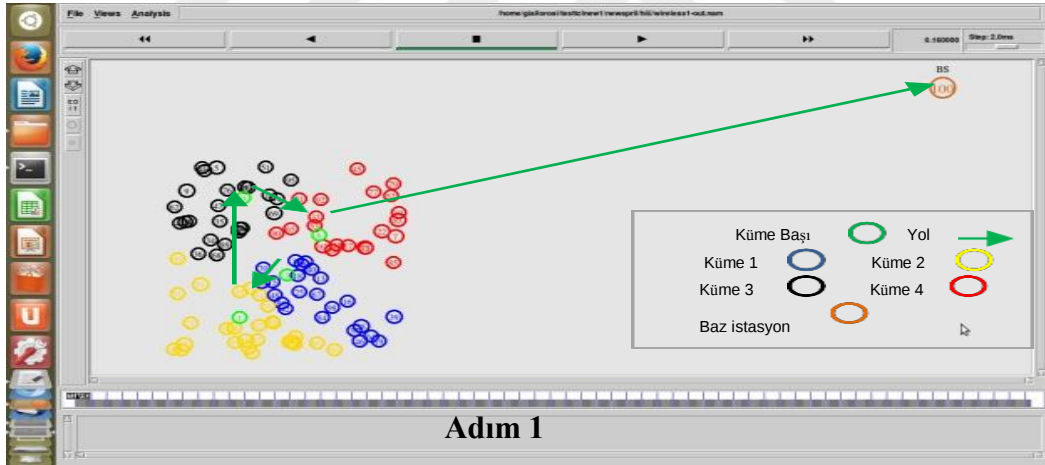
Şekil 3.17 PEGASIS Protokolünün İletim Gecikmesi

Ayrıca burada bir diğer araştırmada PEGASIS ve LEACH protokollerinin her adım için ne kadar geciktiğini ve hangisinin daha başarılı olduğu test edilmiştir. Bu yöntemin deneyde yukarıda bahsedilen alan gibi 500m x 500m bir alanında yapılmıştır, ortaya çıkan sonuç ise LEACH protokolünün hız performansının PEGASIS protokolünden daha iyi olduğunu göstermektedir. Analitik olarak, LEACH protokolünde, düğümler ve küme başı arasındaki olan toplam mesafe baz istasyonuna uzak kalıyor, bu nedenle düğümler daha fazla enerji tüketiyor, fakat yerel olarak iletim gecikmesi daha azdır çünkü düğümler verilerini küme başına gönderir, bu da direkt olarak birleştirilen verileri her bir koloni içinde doğrudan baz istasyonuna gönderir. PEGASIS protokolü LEACH ile karşılaştırıldığında, düğümler ve küme başı arasındaki olan toplam mesafe baz istasyonuna daha yakın kalıyor, bu nedenle düğümler LEACH protokolüne göre daha az enerji tüketmektedir.

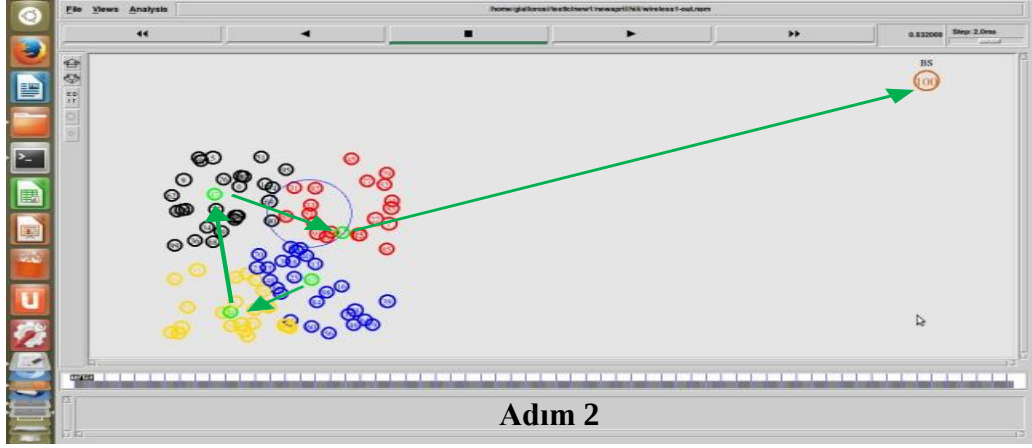


Şekil 3.18 Algoitmaların İletim Gecikmeleri

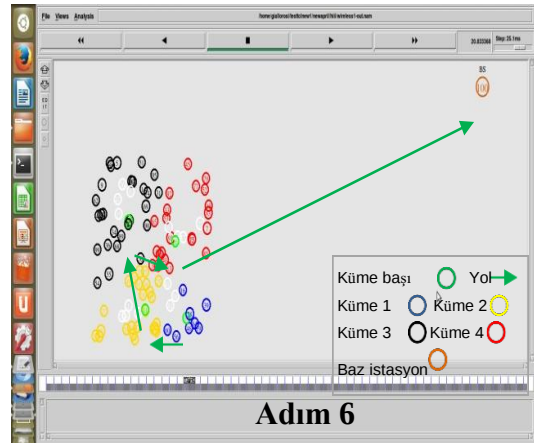
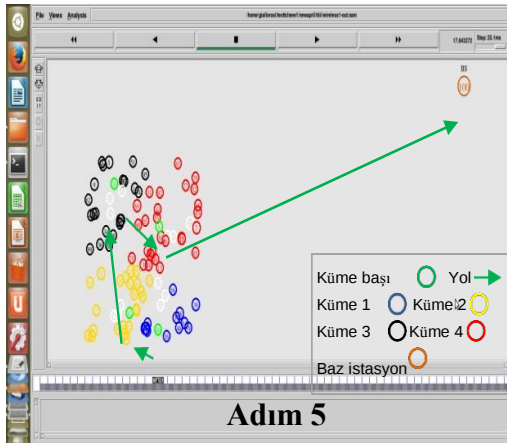
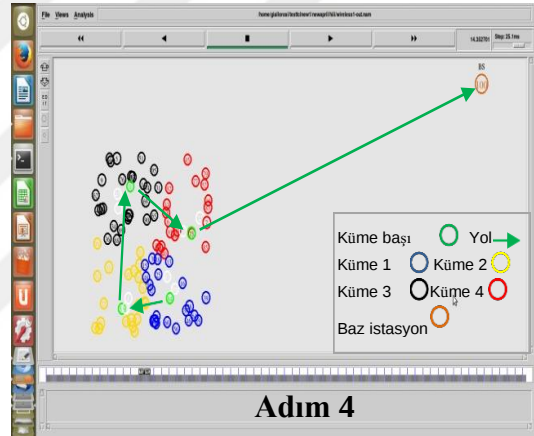
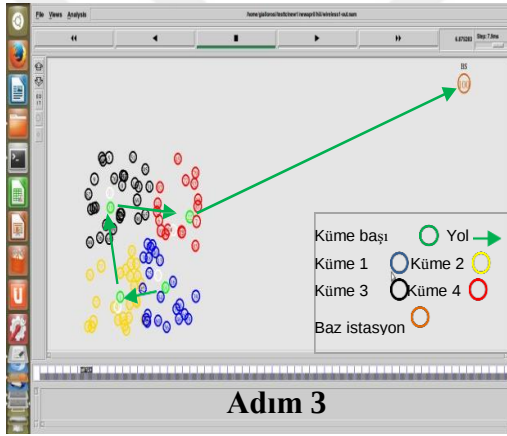
Aşağıdaki şekilde NS2 simülasyon programı kullanılarak 100 düğümlü 500m x 500m' lik bir alanda k-means algoritması kullanılarak 4 ayrı kümelemede kümelerin küme başlarını nasıl seçtiğini göstermektedir. K-means algoritması sayesinde küme başları seçilir. Adım 2'den adım 6'ya kadar kümelerin kafaları, k-means algoritmasının hesaplanmasına dayanarak değiştirilir.



Şekil 3.19 Rastgele 100 düğümün Konumlanması



Şekil 3.20 K-means Algoritması ile Yeni Küme Başı Seçilmesi



Şekil 3.21 NS2 ile EPEGASIS Algoritmasının Simülasyonu

BÖLÜM 4

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde kablosuz sensör ağlarının pek çok uygulaması bulunmaktadır. Kablosuz sensör ağlarda ağ topolojileri genelde rastgele yapılmaktadır. Ayrıca düğümlerin istenilen yere dağıtılmasından sonra meydana gelen bir problem düğümlerin belli bir zamandan sonra enerjilerinin bitmesi ve tekrardan yenilenmemesidir. Bu durum ağın ömrünü otomatik olarak azaltmaktadır. Algılayıcı ağlardaki düğümlerin bazılarının veya kritik noktada bulunan bazı düğümlerin pillerinin bitmesi iletişimin kesilmesine neden olabileceği gibi düğümlerin ömrünün ve doğru orantılı olarak ağın ömründe çok hızlı bir şekilde bitmesi durumunu ortaya çıkaracaktır. Algılayıcı ağlarda enerji verimliliği çok önemli bir unsurdur. Bu yüzden bu konunun geliştirilmesi ve optimum seviyeye çıkarılması gerekmektedir. Ayrıca kablosuz sensör ağları, çeşitli sebeplerden dolayı günümüzde yeterli ilgiyi görememektedir. Tabi ki bu ilgisizlik kablosuz sensör ağlarında kullanılan sensör düğümlerinin kapasite ve maliyet sorunlarından kaynaklanmaktadır. Bu sorunlar aşıldıktan sonra hayatımızın neredeyse tamamında kablosuz sensör düğümlerini kullanmaya başlayacağız. Bu çalışmada ise genel olarak kablosuz sensör ağlarının kavramı, yapısı, kullandığı yaygın ağ topolojileri, gerçek hayatta kullanım alanları, enerji etkili hedef takip algoritmaları ve bu algoritmaların karşılaştırılması gibi alanların literatür araştırılması yapılmıştır.

KAYNAKÇA

Ahmad, İ., Shah, K., Ullah, S., (2016), “Military Applications using Wireless Sensor Networks: A Survey”, Mardan, Abdul Wali khan University, Pakistan.

Akyildiz, I. F., Vuran, M. C. (2010), “Wireless Sensor Networks”, West Sussex, United Kingdom: John Wiley, Sons Ltd, ISBN: 9780470036013.

Akyildiz, I. F., W. Su, Y. S., Cayirci, E., (2002), “Wireless Sensor Networks A Survey”. Elsevier Science B.V, ISSN 1570-8705.

Alaybeyoğlu, A., Kantarci, A., Erciyes, K., (2009), “Telsiz Duyarga Ağlarında Hedef İzleme Senaryoları”, Şanlıurfa, Harran Üniversitesi, Akademik Bilişim’09.

Ata, O., Balık, H.H., (2011), “Kablosuz Algılayıcıların Güncel Kullanım Alanları”.

Bansal, P., Kundu, P., Kaur, P., (2014), “Comparison of LEACH and PEGASIS Hierarchical Routing Protocols in Wireless Sensor Networks”, Int. J. of Recent Trends in Engineering & Technology, Volume 11.

Bekçibaşı, U., Tenruh, M., (2011), “Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Konum Saptama Teknikleri ve Mesafe Bağımlı Tekniklerde Dördüncü Çapa Yaklaşımı”, Muğla, Teknik Eğitim Fakültesi, Muğla Üniversitesi.

Chauhan, P., Ahlawat, P., (2014), “Target Tracking in Wireless Sensor Network”, International Journal of Information & Computation Technology, ISSN 0974-2239, Volume 4, Number 6, Papers 643-648.

Chen, W.P., Hou, J.C., Sha, L., (2003), “Dynamic Clustering for Acoustic Target Tracking in Wireless Sensor Networks”, Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP’03).

Dehghani, S., Pourzaferani, M., Barekatin, B., (2015), “Comparison on Energy-efficient Cluster Based Routing Algorithms in Wireless Sensor Network”, Procedia Computer Science, Volume 72, Pages 535-542.

Dios, J. R. M., (2017), “Cluster-based Localization and Tracking in Ubiquitous Computing Systems”.

- Döner, Ç., Şimşek, G., Yıldırım, K.S., Kantarcı, A.,** (2010), “Kablosuz Algılayıcı Ağları ile Yangın Tespit Sistemi”.
- Eriş, Ö. , Korkmaz, H., Toker, K., Buldu,A.,** (2010), “İnternet Üzerinden Hasta Takibi Amaçlı PIC Mikrodenetleyici Tabanlı Kablosuz Pals-Oksimetre Ölçme Sistemi Tasarımı ve LabView Uygulaması” TURKMIA `10 Proceedings, VII. Ulusal Tıp Bilişim Kongresi Bildirimleri.
- Fu, C., JIANG, Z., WEI, W., WEI, A.,** (2013), “An Energy Balanced Algorithm of LEACH Protocol in WSN”, IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 1, No 1, Çin.
- Hu, L., Evans, D.,** (2004), “Localization for Mobile Sensor Networks”, Philadelphia, In Tenth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2004), ABD.
- Hussain, M., Khan, P., Sup, K.,** (2009), “WSN Research Activities for Military Application”, 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT.
- Jaisinghani, D.,** (2012), “Swift - A Low Complexity Protocol for Event & Location Tracking in Wireless Sensor Networks”, Hindistan.
- Ji, X. ,** (2004), “Localization Algorithms for Wireless Sensor Network Systems”, Pennsylvania, The Pennsylvania State University, Department of Computer Science and Engineering.
- Kalaycı, T.E.,** (2009), “Kablosuz Sensör Ağlar ve Uygulamaları” Şanlıurfa, Harran Üniversitesi, Akademik Bilişim `09.
- Kaur, M., Kaur, J.,** (2014), “Comarison of Energy Optimization Clustering Algorithms in Wireless Sensor Networks”, IJCSIT, Volume 1, Issue 2.
- Kishore, C., Ramani, K., Anoosha, G.,** (2014), “Hybrid Clustering Approach for Software Module Clustering”, IJEDR Conference Proceeding, ISSN: 2321-9939.
- Kumar, P., Singh, M.P., Triar, U. S., Anwit, R.,** (2014), “Localization System for Wireless Sensor Networ”, International Journal of Computer Science and Electronics Engineering (IJCSEE), Volume 2, Issue 1.
- Li, J., Zhou, Y.,** (2010), “Target Tracking in Wireless Sensor Networks”, ISBN: 978-953-307-321-7.
- Lynch, J.P., Loh, K.J.,** (2006), “A Summary Review of Wireless Sensors and Sensor Networks for Structural Health Monitoring”.

Mahdi, H., Mohamed, I., Baithoon, N., (2015), “Low Transmission Delay Based on LEACH and PEGASIS Protocol in WSN”, IJCSMC, Vol. 4, Issue. 5, pg.209 – 217.

Odabaşı, Ş.D. , Zaim, A.H. , (2010), “Kablosuz Sensör Ağlar ve Güvenlik Problemleri”, İstanbul, İstanbul Üniversitesi.

Okay, F.Y., Özdemir, S., (2014), “Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Ortam Erişim Protokolleri”, Ankara, Gazi Üniversitesi, Cilt 29, No 1, 49-59.

Ökdem, S., Karaboğa, D., (2007), “Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Yönlendirme Teknikleri”, Kütahya, Dumlupınar Üniversitesi, Akademik Bilişim '07.

Özdemir, B. N. , Ceylan, A. , Alçay, S. ,Yigit, C. Ö., (2014), “Kapalı Mekânlarda Uygulanan Konum Belirleme Yöntemleri ve Karşılaştırılması”, Çorum, Hitit Üniversitesi, 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu.

Panayiotou, C.G., Fatta, D., Michaelides, M.P., (2014), “Environmental Monitoring Using Wireless Sensor Networks”.

Pattani, K.M., Chauhan, P.J., (2015), “Spin Protocol for Wireless Sensor Network”, International Journal of Advance Research in Engineering, Science & Technology(IJAREST), Volume 2, Issue 5.

Pattem, S., Poduri, S., Krishnamachari, B., (2015), “Energy-Quality Tradeoffs for Target Tracking in Wireless Sensor Networks”.

Rai, S., Varma, S., (2016), “An Algorithmic Approach to Wireless Sensor Networks Localization Using Rigid Graphs”, Journal of Sensors, Article ID 3986321.

Ramya, K., Kumar, K.P., Rao, V.S., (2012), “A Survey on Target Tracking Techniques in Wireless Sensor Networks”, International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES), Volume 3, No.4.

Sankar, G.S., Angadi, S., (2013), “Wireless Sensor Network for Border Monitoring”, The International Journal of Engineering and Science (IJES), Volume 2, Issue 4, Pages 65-68.

Sharma, D., Verma, S., (2013), “Network Topologies in Wireless Sensor Networks: A Review” , IJECT Volume 4. , Hindistan.

Singh P.K, Tripathi B., Singh N.P., (2011) ,“Node Localization in Wireless Sensor Networks”, International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 2 (6).

Singh, S. P., Sharma, S. C., (2016), “Critical Analysis of Distributed Localization Algorithms for Wireless Sensor Network”, I.J. Wireless and Microwave Technologies, Volume 4, Pages 72-83.

Singh, S. P., Sharma, S.C., (2015), “Range Free Localization Techniques in Wireless Sensor Networks: A Review”, Procedia Computer Science, Volume 57, Pages 7-16.

Smalau, S., (2009), “Evaluation of the Received Signal Strength Indicator for Node Localization in Wireless Sensor Networks”, Quebec, Universite Laval, Kanada.

Soylu, T., (2012), “Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları Ve Bir Algılayıcı Düğüm Tasarımı” Edirne, Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi,.

Stankovic, J.A., Wood, A.D., He, T., (2011) ,“Realistic Applications for Wireless Sensor Networks”.

Sun, Z., Wang, P., Vuran, M.C., Al-Rodhaan, M.A., Al-Dhelaan, A.M, Akyildiz, I.F., (2011), “BorderSense: Border patrol through advanced wireless sensor networks”.

Şeker, F., (2016), “Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları” Karabük, Karabük Üniversitesi, Lisans Bitirme Tezi.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, “Otomatik Gözlem İstasyonu”
<https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojikaletler.aspx?s=9>, Erişim Tarihi: 29.06.2017

Tandel, R. I., (2016), “Leach Protocol in Wireless Sensor Network: A Survey”, (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Volume 7 (4) , 1894-1896.

Türker, G.F, Tarımer, İ., (2011), “Türkiye’de Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Yapılan Teknolojik Uygulamalar Üzerine Bir İnceleme” Malatya, İnönü Üniversitesi, Akademik Bilişim `11.

Varga, A. K., (2013), “Localization Techniques in Wireless Sensor Networks”, Production Systems and Information Engineering, Volume 6, Pages 81-90.

Walia, V., Kaur, S., (2014), “Survey Of Different Localization Techniques of Wireless Sensor Networks”, IJEEE, Vol. 1, Issue 4, e-ISSN: 1694-2310.

Wang, W., Shi, H., Huang, P., Fang, D., Chen, X., X'ao, Y., Wu, F., (2015), "A Grid-Based Linear Least Squares Self-Localization Algorithm in Wireless Sensor Network", Volume: 11, Issue: 8.

Wang, Z., Lou, W., Wang, Z., Ma, J., Chen, H., (2013), "A Hybrid Cluster-Based Target Tracking Protocol for Wireless Sensor Networks", International Journal of Distributed Sensor Networks, Article ID: 494863, Pages 16.

Winkler, M., Tuchs, K.D., Hughes, K., Barday, G., (2008), "Theoretical and Practical Aspects of Military Wireless Sensor Networks", Journal of Telecommunications and Information Technology 2/2008.



ÖZGEÇMİŞ

Sertaç ŞALÇINI, 6 Ağustos 1993 yılında Kosova Cumhuriyeti'nin Prizren şehrinde doğdu. İlkokulu ve Ortaokulu Prizren şehrinde Abdyl Frasheri Okulu'nda, Liseyi ise Gjon Buzuku Fen Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2011 yılında Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü kazandı. Üniversiteden 2015 yılında mezun oldu. Aynı yıl Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansa başladı. 2016 yılının başlarında Nöron Teknoloji Elektrik Elektronik İthalat İhracat San. ve Tic. Ltd. Şirketine girdi ve yaklaşık 1 yıl yazılım geliştirme pozisyonunda çalıştı. 2017 yılının Şubat ayında Nöron Teknoloji Elektrik Elektronik İthalat İhracat San. ve Tic. Ltd. Şirketi ile beraber Kosova'da Noron Sh. P. K. şirketini kurdu ve halen şirketin sahibi ve yazılım geliştirme pozisyonunda çalışmaktadır. Arnavutça ve İngilizce bilmektedir.