

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI VE
UYGULAMA ALANLARI

BİTİRME TEZİ

HAZIRLAYAN
Büşra ALTUN

Tez Danışmanı
Yrd.Doç.Dr.Aytül BOZKURT

KARABÜK-2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	1
ŞEKİLLER LİSTESİ	4
KISALTMALAR.....	5
KABUL VE ONAY.....	6
GİRİŞ.....	7
BÖLÜM 1	8
1.SENSÖR DÜĞÜMÜ.....	8
1.1.Bileşenleri.....	8
1.2. Sensör Ağlarının Mimarisi, İşleyişi ve İletişimi.....	10
1.2.1. Gereksinimler.....	10
1.2.2. Kablosuz Sensör Ağlarının Mobil Ad-hoc ağlara göre avantajları.....	12
1.2.3 Ad hoc sensör ağları nasıl çalışır?	12
1.3. Kablosuz Algılayıcıların Ağ Yapıları.....	15
1.4.Kablosuz Sensör Ağın Diğer Kablosuz Ağlardan Farklılıkları	16
1.5. Kablosuz Sensör Ağlarında Yönlendirme Teknikleri	18
BÖLÜM 2	22
2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN UYGULAMA ALANLARI	22
2.1. Askeri Uygulamalar.....	23
2.1.2. Askeri uygulama projeleri kullanım amaçları.....	25
2.1.3. Askeri Uygulama Projeleri.....	27
2.2. Sağlık Uygulamaları	32
2.2.1. Sağlık izleme sistemlerinin faydaları.....	32

2.2.2. Sağlık uygulamalarında kullanılabilecek bazı algılayıcılar.....	34
2.2.3. Kablosuz vücut alan ağı.....	35
2.2.4. Sağlık uygulamaları.....	35
2.2.5. Sağlık uygulama projeleri.....	38
2.2.6. Geleceğin tıbbi uygulamaları.....	40
2.3. Çevre İzleme Uygulamaları.....	41
2.3.1. Buzul izleme.....	42
2.3.2. Okyanus izleme	43
2.3.3. Afet izleme uygulamaları.....	43
2.3.4. Yapısal bütünlük izleme.....	47
2.3.5. Bina ve çevresi izleme sistemleri.....	47
2.4. Habitat İzleme Uygulamaları	47
2.5. Tarım Uygulamaları	48
2.5.1. Hassas tarım uygulamaları.....	49
2.6. Endüstri Uygulamaları.....	50
2.6.1. Otomotiv uygulamaları.....	52
2.6.2. Endüstriyel otomasyon.....	52
2.6.3. Boru hattı izleme.....	53
2.6.4. Demiryolu / metro izleme.....	53
2.7. Yapı Uygulamaları	53
2.7.1. Bina otomasyon ve kontrol sistemleri.....	54
2.7.2. Akıllı ortam.....	55
2.7.3. Akıllı ulaşım.....	56
2.8. Lojistik ve Taşıma Uygulamaları	56
2.8.1. Hedef izleme.....	57
2.8.2. Depo izleme.....	57
2.8.3 Akıllı depolama.....	57

2.9. Web Uygulamaları.....	58
2.10. Denizcilik Uygulamaları.....	58
2.10.1. DAD.....	58
2.11. Su Altı Uygulamaları.....	59
2.11.1. Su altı izleme.....	60
BÖLÜM 3.....	61
3.KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA GÜVENLİK.....	61
3.1. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN KARAKTERİSTİKLERİ.....	61
3.1.1. Büyük ölçek.....	61
3.1.2. Kısıtlı kaynak.....	62
3.1.3. Artıklılık.....	62
3.1.4. Güvenlik.....	62
3.1.5. Veri Merkezli işleme.....	63
3.1.6. Tahmin Edilememezlik.....	63
3.1.7. Gerçek Zamanlı Kısıtları.....	63
3.2 KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA GÜVENLİK GEREKSİNİMLERİ.....	64
3.2.1. Veri Gizliliği.....	64
3.2.2 Veri Bütünlüğü.....	65
3.2.3. Kaynak Doğrulama.....	65
3.2.4. Kullanılabilirlik.....	65
3.2.5. Lokalizasyon.....	66
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Sensör Düğümü Mimarisi.....	8
Şekil 1.2 Sensör Düğümü.....	8
Şekil.1.3. Sensör Ağı Mimarisi.....	12
Şekil 1.4. Veri toplayan bir sensör ağı.....	14
Şekil 2.1. Algılayıcı Uygulamalarına Genel Bir Bakış.....	21
Şekil 2.2.Taktik Askeri Algılayıcı Ağ Yapısı.....	24
Şekil 2.3. Kümeleme ve Birleştirme İle Algılayıcı Ağ Mimarisi.....	25
Şekil 2.4. VigilNet Çalışma Evreleri.....	27
Şekil 2.5. Kıyı Sularda Denizaltı Tespiti İçin Geniş-N Konsepti.....	30
Şekil. 2.6.Sistem Modeli	33
Şekil 2.7.Akıllı ev Projesi.....	40
Şekil 2.8.Habitat İzleme.....	48
Şekil 2.9. Akıllı Ev Sistemi.....	55

KISALTMALAR

ASW	Anti-Submarine Warfare	Deniz Altı Savunma Harbi
EARS	Early Attack Reaction Sensor -	Erken Saldırı Reaksiyon Algılayıcı
EKG	ElektroKardiyoGram	Elektrokardiyografi
EMG	ElektroMiyoGram	Elektromiyografi
DARPA	The Defence Advanced Research Project agency	Savunma İleri Araştırma Proje Ajansı
GIS	Geographic Information System	Coğrafi Bilgi Sistemi
HVAC	Heat Vacumm Air Condition	Isıtma, Havalandırma ve Klima
ID	Identity	Kimlik
PDA	Personel Digital Assistant	Kişisel Sayısal Yardımcı
RFID	Radio Frequency Identification	Radyo Frekansı ile Tanımlama
TOVA	The Totally Optical Vapor Analyzer	Tamamen Optik Buhar Analizör
WBANs	Wireless Body Area Networks	Kablosuz Vücut Alan Ağları

KABUL VE ONAY

Büşra ALTUN...tarafından hazırlanan "Kablosuz Sensör Ağları ve Uygulama Alanları" başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. 09/06/2016


Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT

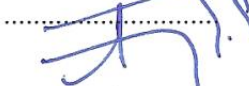
Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 09/06/2016

Tez Jürisi

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU



Üye : Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT



Üye :

A.Ö. Gör. Ramazan ÖZMEN



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 11/06/2016

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.



GİRİŞ

Kablosuz Algılayıcı Ağları (Wireless Sensor Network, Kablosuz Sensör Ağ) kavramı ilk kez 1980'lerin başlarında karşımıza çıkmıştır. Mikro elektromekanik (MEMS) sistemlerdeki gelişmeler ve kablosuz haberleşme sistemlerindeki ilerlemelerle birlikte 1990'lı yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır. İlk zamanlarda askeri alanda kullanılan kablosuz algılayıcı (sensör) ağları; zamanla maliyetlerinin düşmesi ile çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [1]. Algılayıcı ağları, nem, sıcaklık, basınç, ses, ışık ve hareketlilik gibi durumsal değişiklikleri takip edebilecek yapıdaki termik, sismik, manyetik ve görsel gibi birçok farklı tipte algılayıcı içerebilir. Bu ağların uygulama alanları askeri, çevre, sağlık, ev ve diğer ticari alanlar olmak üzere sınıflandırılabilir. Askeri alanda, özellikle savaş alanlarında mevcut donanım bilgisine ulaşmak, düşman askerinin hareketlerini izlemek ve savaş hasarı ile ilgili bilgi toplamak için, çevresel uygulamalarda hayvanların hareketlerini izlemek, kimyasal ve biyolojik tespitlerde bulunmak, orman yangınlarını ve sel felaketlerini tespit etmek için, sağlık uygulamalarında ise hasta takibi için kullanılabilir [2]. Ev uygulamalarında da elektrik süpürgesi, mikrodalga fırın gibi cihazların içine yerleştirilirken ticari uygulamalarda binaların havalandırma ve ısıtma sistemlerinde veya araba hırsızlıklarının tespiti gibi uygulamalarda kullanılmaktadır [2, 3, 4, 5]. Kablosuz sensör ağlar; geniş bir yelpazede, değişik uygulama alanları için devrimsel algılama özelliği yetenekleri sunmaktadır. Bunun nedeni sensör ağlarının

- Güvenilirlik
- Doğruluk
- Esneklik
- Maliyet verimliliği
- Kurulum kolaylığı

özelliklerine sahip olmasıdır.

BÖLÜM 1

1.SENSÖR DÜĞÜMÜ

Sensör düğümü, kablosuz sensör ağlarında kullanılan ve hesaplama, algısal bilgi toplama ve ağdaki diğer bağlantılı düğümlerle haberleşme yeteneklerine sahip düğümlerdir. Tipik bir sensör düğümü mimarisi Şekil 1.1’de görülebilir. Sensör düğümlerinin geliştirilmesinin başlangıcı 1998 yılındaki Smartdust projesine dayanır. Bu projenin amaçlarından biri kübik milimetre içerisinde otonom algılama ve iletişim yaratmaktır.

1.1.Bileşenleri

Sensör düğümünün ana bileşenleri (Bkz. Şekil 1.2) mikrodenetleyici, alıcı-verici, dışsal bellek, güç kaynağı ve bir veya daha fazla sensördür.

Mikrodenetleyici: Mikrodenetleyici görevleri yapar, veriyi işler ve sensör düğüm içerisindeki diğer bileşenlerin işlevselliğini denetler. Denetleyici olarak kullanılabilecek diğer alternatifler arasında şunlar sayılabilir: genel amaçlı masaüstü mikro işlemci, sayısal sinyal işlemciler (SSİ), alanı programlanabilir geçit dizileri (FPGA) ve uygulamaya özgü tümleşik devreler. Mikro denetleyiciler sensör düğümü için en uygun seçimdir. Her seçeneğin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Diğer aygıtlara bağlanmadaki esneklikleri, programlanabilir olması, bu aygıtlar uyuma moduna girebildiği ve sadece denetleyicinin bir kısmının etkin olması nedeniyle düşük enerji tüketimi nedeniyle Mikro denetleyiciler gömülü sistemler için en uygun seçimdir.

Alıcı-Verici: Sensör düğümleri ISM bandını kullanır. Bu band sayesinde geniş dalga kuşağında ve global elverişlilikte özgür radyo yayını sağlanmış olur. Kablosuz iletim ortamlarında tercihler radyo frekansı, optik iletişim (lazer) ve kızılötesidir.

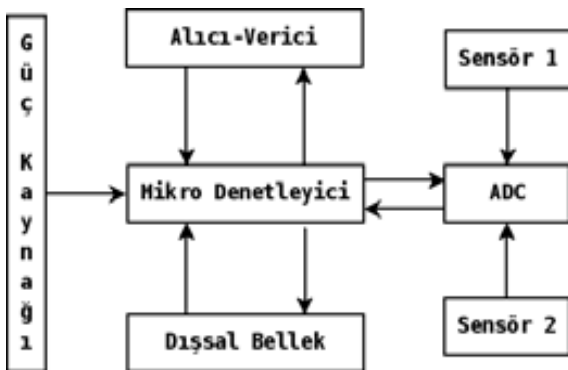
Dışsal bellek: Enerji bakış açısından yaklaşıldığında, en uygun bellek çeşitleri mikro denetleyici çipi üzerindeki bellek ve FLASH belleklerdir. Çip dışı RAM’ler seyrek veya

hiç kullanılmamaktadır. FLASH bellekler maliyeti ve depolama kapasitesi nedeniyle kullanılmaktadır. Bellek gereksinimleri yüksek oranda uygulama bağımlıdır.

Sensörler: Sensörler sıcaklık, basınç gibi fiziksel durumlardaki değişimlere ölçülebilir tepkiler üretebilen donanım aygıtlarıdır. Sensörler gözlemlenecek alanın fiziksel verisini ölçer veya algırlar. Sensörler tarafından algılanan sürekli analog sinyaller “Analog-to-Digital” çeviriciler yardımıyla sayısallaştırılarak denetleyicilere daha fazla işlem için gönderilir. Sensör düğümleri küçük boyutlarda, düşük enerji tüketimli, yüksek hacimsel yoğunluklarda çalışabilen, otonom ve gözetimsiz çalışan, ortama uyum sağlayabilen özelliklere sahip olmalıdır. Kablosuz sensör düğümleri sadece sınırlı güç kaynağına sahip (0.5 Ah ve 1.2 V gibi) mikro elektronik sensör aygıtlarını kullanabilir. Sensörler üç kategori şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Pasif, her yöne açık (yönsüz) sensörler: Pasif sensörler ortamı aktif araştırma ile değiştirmeden verileri toplayan sensörlerdir. Kendi enerjilerine sahiptir, enerji analog sinyali yükseltmek için gereklidir. Bu ölçümlerde “yön” şeklinde bir kavram yoktur. Kablosuz Sensör ağlarındaki kapsayıcı teorik çalışmalar Pasif, yönsüz sensörleri kastetmektedir. Her sensör düğümü belirli bir kapsama alanına sahiptir. Bu kapsama alanındaki gözlemlerini güvenilir ve doğru bir şekilde raporlayabilir.

Sensör düğümlerinin birbirleriyle haberleşebilmesi için kullanılabilecek farklı iletişim yöntemleri vardır. Bu yöntemler optik iletişim (laser), kızıl berisi (IR) ve radyo frekansıdır.



Şekil 1.1. Sensör Düğümü Mimarisi



Şekil 1.2 Sensör Düğümü

1.2. Sensör Ağlarının Mimarisi, İşleyişi ve İletişimi

Sensör ağ teknolojilerini gerçekleştirmede; donanım tasarımı, iletişim protokolleri ve uygulama tasarımılamada zorluklar çıkmaktadır. Sensör ağının yaşam ömrünü uzatmak ve zeki veri toplama sistemleri kurmak bu zorluklardan ikisidir. Diğer zorluklar şu şekilde listelenebilir:

- Sensör ağlarının topolojisi çok sık değişir.
- Sensörler noktadan noktaya iletişime dayanan ağlarda yayım iletişim paradigmasını kullanır.
- Sensörler çok kısıtlı güç, hesaplama yeteneği ve hafızaya sahiptir
- Sensörler bozulmaya yatkındır.
- Sensörler çok fazla yükten dolayı genel kimlik (ID) sahibi olmayabilir.
- Sensörler çok fazla sayılarda kurulur, bu nedenle kalabalıktan kaynaklanan tıkanma ve çarpışmalar olabilir. Önlemek için birbirine yakın sensörler eşzamanlı iletişim yapmamalıdır.
- Ad-hoc yerleştirilmiş sistemin, sonuç dağıtım ve düğümlerin bağlantılılığını (connectivity) tanımlaması ve sağlaması gerekir.
- Devingen ortam durumları, sistemin zamanla bağlantılılık ve sistem uyarımını uyarlamasını gerekli kılar.

1.2.1. Gereksinimler

Sensör ağı gereksinimleri aşağıdakileri içerir:

Fazla sayıda sensör: Ucuz, küçük boyutlu sensörler kullanılarak sensör ağları binlerce sensör düğümü içerebilir. Ölçeklenebilirlik ve bu yüksek sayıdaki sensörü yönetmek önemli bir sorundur. Kümeleme (clustering) bu probleme çözümlerden biridir. Kümelemede, komşu düğümler bir küme oluşturmak üzere birleştiriliyor ve bir küme başı, bu kümeyi yönetmek için seçiliyor.

Düşük enerji kullanımı: Çoğu uygulamada, sensör düğümleri çok uzak bir yere kurulmaktadır. Bu yüzden, düğümlerin bakımının oldukça zor olduğu durumlar ortaya

çıkılmaktadır. Düğümün ömrü, üzerindeki pilin ömrüyle belirleniyor, böylece minimal düzeyde enerji tüketilerek pilin en verimli şekilde kullanılması gerekiyor. Çok sayıda sensör pilini doldurmak pahalı ve zaman alan bir görev olabilir.

Düşük belleğin verimli kullanımı: Sensör ağları kurulurken yönlendirme tablosu, veri yinleme (data replication), güvenlik ve benzeri konular sensör düğümündeki düşük belleğe sığacak şekilde değerlendiriliyor.

Veri toplama: Çok sayıda algılama düğümü ağı bilgiyle şişirebilir. Bu problemi çözmek için, bazı düğümler (küme başları gibi) veriyi toparlayarak, bazı hesaplamalar yaparak (ortalama, toplam, en yüksek, vb.) elde ettiği özetleri yayınlatabilir.

Ağ özörgütlenmesi: Çok sayıda düğüm ve bu düğümlerin erişimi zor (hostile) ortamlarda yerleştirilmesi gibi durumlarda, ağın kendini örgütleyebilmesi olmazsa olmazdır. Ağın yaşamı süresince düğümler çökebilir, yeni düğümler ağı katılabilir. Bu yüzden, ağ belirli aralıklarla kendini yeniden yapılandırabilmelidir. Böylece işlevini sürdürebilecektir. Bireysel düğümlerin ağdan ayrılma, bağlanma gibi durumlarında da tüm ağın bağlantılılığının korunması önemlidir.

Sorgulama yeteneği: Sensör ağı için Intanagonwimat vd. veri merkezli ve adres merkezli olmak üzere iki tip adresleme olduğunu belirtmiştir. Veri merkezli adreslemede sorgu ağın belirli bir bölgesine gönderilirken, adres merkezli adreslemede sorgu doğrudan belli bir düğüme gönderilmektedir.

İşbirlikçi sinyal işleme: Bu ağları mobil ad-hoc ağlardan ayıran önemli bir etken, ağların amacının sadece iletişim değil, ilgi duyulan bir olayın belirlenmesi/tahmininin yapılmasıdır. Belirleme başarımını arttırmak için birden fazla sensörden gelen veriyi birleştirmek (fusion) önemlidir. Bu veri birleştirmesi, veri ve kontrol mesajlarının aktarımını gerektirir. Bu gereksinim ağ mimarisinde kısıtlar yaratabilir.

Düşük Maliyet: Ağlarda binlerce düğüm kullanılacağı için sensör düğümlerinin maliyetinin düşük olması gereklidir.

1.2.2. Kablosuz Sensör Ağlarının Mobil Ad-hoc ağlara göre avantajları

- Geleneksel kablosuz ad-hoc ağlar için birçok algoritma ve protokol önerilmiş olsa da, bu algoritma ve protokoller sensör ağlarının eşsiz özellik ve uygulama gereksinimlerine uymamaktadır. Sensör ağları hatalara eğilimli ve genel kimliğe sahip olmayabilir ancak yine de geleneksel kablosuz ad-hoc ağlara göre bazı avantajlara sahiptir:
- Binlerce sensörün dağıtılmasıyla çok geniş alanların kapsanmasına olanak sağlarlar.
- Ağ oluşturmuş olan sensörler, bir sensörün hatası durumunda da doğru bir şekilde çalışmaya devam ederler. Böylece, yüksek seviyeli artıklık (“redundancy”) geniş ölçüde hata toleransı sağlamış olurlar.
- Kablosuz sensör ağlar ayrıca sink düğümlerinin başka ağlara (İnternet, Geniş Alan Ağları, vb.) bağlantı sağlamasıyla uzaktan erişim olanağını artırırlar.
- Ayırık fenomenini (“discrete phenomenon”) yerelleştirerek güç tüketimini azaltabilirler.
- İnsan müdahalesini ve yönetimini azaltabilirler.
- Gözetimsiz, erişimi zor bölgelere ortamlarda çalışabilirler.
- Değişen ağ durumlarına devingen olarak tepki gösterebilirler.

1.2.3 Ad hoc sensör ağları nasıl çalışır?

Ad hoc sensör ağı, merkezi bir yönetim veya destek hizmetlerinin yardımı olmadan geçici bir ağ oluşturan sensör düğümleri kümesidir. Başka bir söyleşiyle ana istasyonlar gibi sabit bir altyapının olmadığı ağlardır.

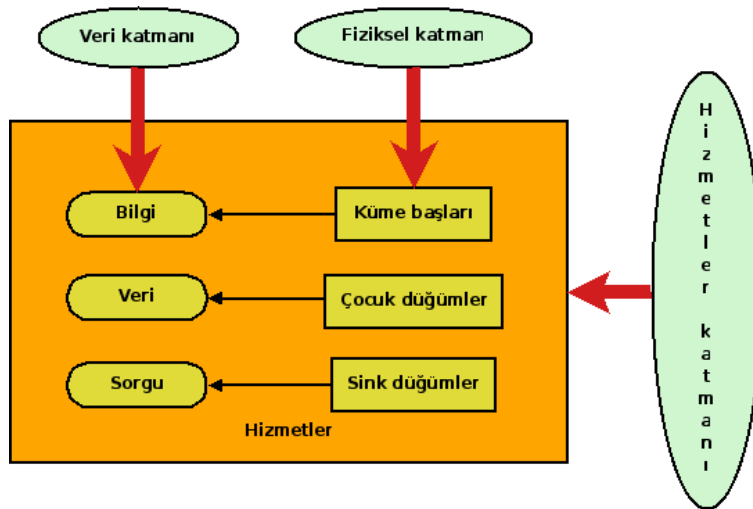
Genel olarak, sensör düğümleri kablosuz radyo frekans (RF) alıcı-vericilerini ağ arabirimi olarak kullanarak, birbirleriyle iletişimi multi hop kablosuz bağlantılar şeklinde

gerçekleştirirler. Ağdaki her sensör düğümü ayrıca yönlendirici (“router”) şeklinde davranarak veri paketlerinin komşu düğümler arasında iletilmesini sağlar.

Ad hoc ağlar topolojideki sık değişimlerle ilgilenmek zorundadır. Bu sensörlerin hataya eğilimli olmasından ve çöken düğümlerin yerini tutmak veya ilgilenen alanı genişletmek için yeni sensör düğümlerinin ağa katılmasından dolayı gereklidir. Bu özelliklerden dolayı ad hoc sensör ağının tasarımındaki temel zorluk öz örgütlenebilen sensör ağlarının ve haberleşen iki düğüm arasındaki yolu verimli bir şekilde belirleyen devingen yönlendirme (“routing”) iletişim kurallarının (protokoller) geliştirilmesidir.

Ufak sensörler düşük enerji tüketimiyle daha kapsamlı bir algılama işini sağlamak için aralarındaki koordinasyonu gerçekleştirmeleri, kümeler (“cluster”) halinde çalışmalarını mümkündür. Her bir küme sensörlerin yönetimi için kendisine bir küme başı (“cluster head”) atar. Küme başlarının avantajları;

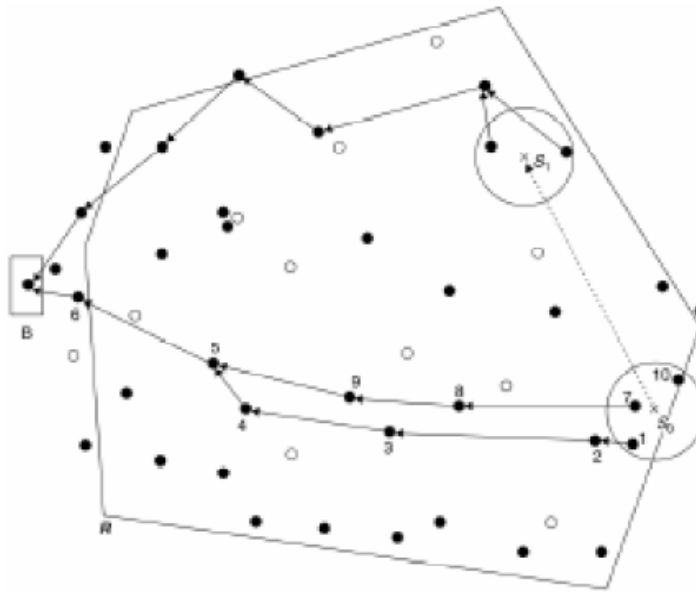
- Kümeleme sensörlerin daha global hedeflere erişmek için kendi yerel etkileşimlerini verimli bir şekilde düzenlemelerine olanak sağlar
- Ölçeklenebilirlik
- İyileştirilmiş sağlamlık (“improved robustness”)
- Daha verimli kaynak kullanımı
- Düşük enerji tüketimi
- Sağlam bağlantı veya düğüm çökmeleri ve ağ bölümleri



Şekil.1.3. Sensör Ağı Mimarisi

Şekil 1.3'te bir sensör ağı'nın genel mimarisi görülmektedir. Şekilden inceleneceği gibi, üç katman vardır: hizmet katmanı, veri katmanı ve fiziksel katman. Hizmetler yönlendirme iletişim kuralları, veri toplama ve veri yayma hizmetlerini (bunlarla sınırlı değildir) içerir. Fiziksel katman fiziksel düğümlerden oluşur. Bu düğümler sinkler, çocuk düğümler, küme başları ve ebeveyn düğümlerdir. Ebeveyn düğümler iki veya daha fazla küme başına bağlanan düğümlerdir. Tüm mesajlar veri katmanında neredeyse modellenmiştir. Sink düğümleri ya tüm sensör ağına veya kullanılan sorgunun tipine bağlı olarak sadece belli bir bölgeye sorgu yayınlarlar("broadcast"). Sensör düğümleri bir algılamada bulunduğunda (nesne algılama, sıcaklık titreşim konum değişimleri, vb.) bu algılama sonucu elde ettikleri veriyi komşu sensör düğümlerine yayınlarlar.

ADLHer bir sensör en az bir küme başına bağlandığı için, küme başları bu veriyi alırlar. Küme başlarının görevi bu veriyi işle işlemek ve birleştirmek, sonra komşu düğümlere yayınlama yoluyla sink düğüme aktarmaktır. Küme başları çocuk düğümlerden birçok veri paketi aldığı için verileri süzmeli, işlemeli ve bilgi haline getirmelidir. Sensör uygulamalarında sensör düğümlerindeki bellek, pil ve işlem gücü gibi donanımsal sınırlamalar, hedeflenen alana oldukça fazla sayıda sensör düğümünün konuşlandırılmasıyla karşılanır. Bu sensör düğümleri bir büyük kablolu ad hoc ağ şeklinde işleri işbirliği içerisinde gerçekleştirirler. Düğümler arasındaki mesafelerin kısa olması, her düğümün iletim çapını düşürerek güç korunmasına da yardımcı olur.



Şekil 1.4. Veri toplayan bir sensör ağı

Şekil 1.4'te bir sensör ağındaki veri toplama gösterilmiştir [7]. Bu ağın amacı x ile gösterilmekte olan ve R alanı içerisinde kalan nesneden veri alabilmektir. Ana istasyon B ile gösterilmektedir. Dolu daireler yaşayan düğümleri, boş daireler ölü düğümleri göstermektedir. Bu örnekte nesnenin algılanabilmesi için en azından iki sensör gerekmektedir. Nesne S_0 konumunda iken 1 ve 7 nolu düğümler algılama işini yaparlar. 2,3,4,5 ve 6 nolu düğümler 1. düğümden; 8,9,5 ve 6 nolu düğümler 7. Düğümden verinin iletişim yolunu oluşturur. Veri 5. düğümden birleştirilebilir. Bu tek mümkün algılama şekli değildir, 7 nolu düğüm yerine 10 nolu düğümden nesnenin algılanmasını yapabilir. Böylece verinin iletişim yolu da değişecektir. Nesne S_1 'e doğru ilerledikçe algılama, aktarma ve birleştirme görevleri değişecektir.

1.3. Kablosuz Algılayıcıların Ağ Yapıları

Algılayıcı ağlarında, algılayıcı noktaların konumlandırılmaları rastgele bir şekilde veya belirli pozisyonlarda yapılabilmektedir. Bu algılayıcılar, bulundukları yere yerleştirildikten sonra herhangi bir bakım işlemi gerektirmemekte ve farklı tiplerde veri toplama işlemleri için muhtemel hatalara (algılayıcı hataları, çevresel şartlar) karşı sistemi çalışır durumda tutabilmektedirler. Şekil 1' de siyah dairelerle gösterilen algılayıcı noktaları toplayıcılar olarak görev yapmakta ve bilgi bunlar üzerinden baz istasyonuna gönderilmektedir.

Yapı itibarıyla algılayıcı noktalar küçük boyuttadırlar, sınırlı enerji kaynaklarından (küçük bataryalardan) beslenmektedirler, sınırlı hesaplama işlemleri yapabilme yeteneklerine sahiptirler ve küçük bir bölge içerisinde haberleşme yapabilmektedirler. Uygulamalarda bir algılayıcı noktasından küçük bir bataryayla uzun bir süre çalışması beklendiğinden hesaplama işlemleri ve iletişim becerilerinin optimum bir şekilde kullanılması ve gereksiz enerji harcamalarının önüne geçilmesi çok önemlidir [8]. Kablosuz Sensör Ağ tek sekmeli (single hop) veya çok sekmeli (multiple hop) olarak sınıflandırılır. Tek sekmeli haberleşmede, bir algılayıcı noktası diğer bir algılayıcı noktasına veya baz istasyonuna doğrudan haberleşme yapar. Çok sekmeli haberleşmede ise haberleşme bir dizi algılayıcı noktalar aracılığıyla bir noktadan diğerine gerçekleştirilir. Tipik olarak, algılayıcı noktalarda haberleşme çok sekmeli olarak yapılır. Kablosuz Sensör Ağ üzerinde herhangi

bir protokol tasarımı dikkat edilmesi gereken birçok sınırlamalar mevcuttur. Bu sınırlamalardan bazıları aşağıda verilmiştir:

Sınırlı enerji kaynağı: Kablosuz Sensör Ağ sınırlı enerji kaynağına sahiptir; bu yüzden enerji tasarruflu haberleşme protokolleri gereklidir.

Sınırlı hesaplama yeteneği: Kablosuz Sensör Ağın hesaplama gücü düşüktür, dolayısıyla karmaşık ağ protokolleri Kablosuz Sensör Ağ üzerinde kullanılamaz.

Haberleşme: Algılayıcı noktaları bağlayan kablosuz bağlantılar genelde sınırlıdır, bu yüzden algılayıcılar arası haberleşmede kısıtlamalar söz konusudur.

Algılayıcı noktalar genelde bir algılayıcı alanı içerisine dağıtılmışlardır. Ağ üzerindeki noktalar fiziksel ortam hakkında yüksek kalitede bilgi almak için işbirliği içinde çalışırlar. Her bir algılayıcı noktası, görevi doğrultusunda sahip olduğu bilgiyi, hesaplarını, haberleşme işlemlerini ve enerji kaynaklarını temel alarak karar oluşturmaktadır. Dağıtılmış bu algılayıcı noktaların her biri veriyi toplama ve bu veriyi baz istasyonuna yönlendirme yeteneğine sahiptir. Baz istasyonu ise sabit veya mobil olabilmekte ve algılayıcı ağını, mevcut bir haberleşme altyapısı veya internetle bağlantı içerisinde bulundurma kapasitesine sahiptir. Bu sayede kullanıcı, raporlanan verilere erişim yapabilmektedir.

1.4.Kablosuz Sensör Ağın Diğer Kablosuz Ağlardan Farklılıkları

Kablosuz Sensör Ağ cep telefonu ağları gibi klasik kablosuz ağlardan farklılık göstermektedir. İlk olarak, ağ üzerinde işlevlerin gerçekleştirilmesi için kullanılacak enerji kaynaklarının uzun bir süre kullanılabilmesi, bakım gerektirmemesi ve sınırlı kullanılması gerekmektedir. İkinci olarak, klasik kablosuz ağlarda servis kalitesini optimize edecek şekilde yönlendirme işlemi ve hareketlilik yönetimi uygulanmaktadır. Burada enerji tüketimi ikinci planda yer almaktadır. Çünkü enerji kaynağı herhangi bir zamanda değiştirilebilmekte veya şarj edilebilmektedir. Halbuki, Kablosuz Sensör Ağ bakım gerektirmeyecek şekilde algılayıcı noktalardan oluşturulmaktadır. Bu sebeple, ağın ömrünü maksimumda tutmayı amaçlayan yönlendirme işlemi, enerji kullanımını optimize

etmektedir. Üçüncü olarak, Kablosuz Sensör Ağ' daki algılayıcı noktaların, muhtemel birkaç mobil nokta dışında, yerleri sabittir. Dördüncü olarak, Kablosuz Sensör Ağ üzerinde düşük veri hızlarına sahip yinelenen veri transferleri gerçekleşmektedir. Bu veriler, muhtemel veri kayıpları için yedek amaçlı olarak kullanılabilir.

MANET' ler ve Kablosuz Sensör Ağ bazı ortak problemleri paylaşmaktadırlar. Bunlar arasında kablosuz linklerin zamanla değişim gösteren karakteristikleri; sınırlı güç kaynakları; muhtemel bağlantı hataları; sınırlı kaynaklar (örneğin bant genişliği); çok sekmeli haberleşme ve ağ alanı içerisindeki noktaların ad hoc türünde yerleştirilmeleri yer almaktadır. Ad hoc haberleşme, altyapı gerektirmeyen ağlar için kullanılmaktadır. Bu ağlarda, kullanıcılar hareket halinde iken ağ servislerinden faydalanırlar. Bu tip ağların temel özelliği sabit ağ alt yapısının olmaması ve hareketlilik. Bununla birlikte ağ üzerinde her hareket, ağ topolojisini ve veri iletim yönünü etkilemektedir. Bu tip ağlar diz üstü bilgisayarları ve el bilgisayarları için uygun yapıdadırlar. Ancak ad hoc ağ yapısı oldukça eski bir teknolojidir. 1970'lerden itibaren askeri amaçlı olarak dinamik kablosuz ağ yapılarında kullanılmaya başlanmıştır. MANET'ler ise ad hoc haberleşme üzerinde etkin ağ trafiğinin sağlanması için geliştirilen daha yeni bir çalışma konusudur. [9,10]. Kablosuz Sensör Ağlar ve ad hoc yapılar arasındaki başlıca farklılıklar özetlenecek olursa:

- Kablosuz Sensör Ağ da algılayıcı nokta sayıları ad hoc yapılardaki haberleşme elemanları sayılarından fazladır.
- Algılayıcı noktaların yerleşim yoğunlukları ad hoc yapılardan daha yüksektir.
- Algılayıcı noktalardaki bozulma eğilimi ad hoc yapılardan daha fazladır.
- Algılayıcı ağlarında topoloji daha sık değişmektedir.
- Algılayıcı noktaları temelde yayın yaparak haberleşir, ad hoc yapılarda ise bu noktadan noktaya haberleşmeyle sağlanır.
- Algılayıcı noktalar enerji, hesaplama kapasitesi ve hafıza olarak sınırlıdır.
- Algılayıcı noktalar global bir ID içermeyebilirler.

Kablosuz Sensör Ağ ve MANET'ler çok sekmeli haberleşme yapılarına rağmen, yönlendirme istemleri bazı bakımlardan farklılık arz etmektedir. Bu farklılıkları özetleyecek olursak:

- Kablosuz Sensör Ağları'nda bilginin gittiği hedef bellidir ve haberleşme normalde, baz istasyonuna çoklu veri kaynaklarından yapılır. Halbuki, MANET'lerde haberleşme genellikle noktadan noktaya yapılmaktadır.
- Kablosuz Sensör Ağları'nda bir olay karşısında, olaya yakın bölgelerde bulunan algılayıcı noktalar ortak/ benzer davranışlar göstermekte ve veriler bu çevredeki birçok algılayıcı tarafından toplanmaktadır. Bu nedenle veride yinelenen bilgi olması kuvvetle muhtemeldir.
- MANET'ler serbest nokta hareketlerini sağlamak amacıyla yüksek derecede dinamik topolojilerle karakterize edilmişlerdir. Kablosuz Sensör Ağ uygulamaların birçoğunda algılayıcılar hareketli değildir.
- MANET'lerdeki hareketli noktaların enerji kaynakları (örneğin bataryaları) yinelenabilir veya şarj edilebilir. Kablosuz Sensör Ağları'nda çok sayıda algılayıcı noktası kullanılması, bakım işlemleri gerektirmeme özelliği ve uzun çalışma zamanı beklentisi önemli ölçüde sınırlı enerji kaynaklarının iyi yönetilmesini gerektirmektedir. Bununla birlikte, sınırlı enerji kaynakları Kablosuz Sensör Ağları'nda hızlı veri transfer oranlı haberleşmeye engel olmaktadır. Bahsedilen bu nedenlerden dolayı MANET için literatürde önerilen birçok noktadan noktaya yönlendirme yöntemleri Kablosuz Sensör Ağlar için uygun olmamaktadır.

1.5. Kablosuz Sensör Ağlarında Yönlendirme Teknikleri

Gelişen teknoloji ile birlikte Kablosuz Sensör Ağlar elemanlarının daha küçük boyutlarda, daha az enerji tüketen, daha performanslı yapıda tasarlanmaları mümkün olmaktadır. Bu yapılarda ağ ömrüyle ilişkili olan enerji tasarrufu önemli bir kriterdir. Enerji tükendikçe, ağ kendi ömrünü artırmak için noktalardaki enerji harcamasını azaltmakta ve kaliteden (aktarım hızı, QoS -Quality of Service- gibi) taviz verebilmektedir. Dolayısıyla enerji tasarrufu ağ performansından daha önemli görülmektedir.

Son zamanlarda Kablosuz Sensör Ağ için yönlendirme protokolleri geniş ölçüde literatürde yer almıştır [9]. Genel olarak Kablosuz Sensör Ağları'nda yönlendirme; düz, hiyerarşik ve adaptif olarak sınıflandırılabilir. Düz yönlendirmede bütün noktalar eşit rollere sahipken, hiyerarşik yönlendirmede noktalara farklı roller tahsis edilmiştir. Adaptif yönlendirmede, belli sistem parametreleri ağın mevcut durumuna ve elverişli enerji seviyesine göre kontrol edilmektedir. Ayrıca bu protokoller de çok yollu (multipath), sorgulama tabanlı (query

based) veya görüşme tabanlı (negotiation based) yönlendirme teknikleri olarak da işlevleri dikkate alınarak sınıflandırılabilir.

Düz yönlendirmeye ait bilinen en iyi metotlardan birisi GÜDÜMLÜ YAYILIM (Directed Diffusion) algoritmasıdır [11]. GÜDÜMLÜ yayılım, enerji tasarrufunu gerçekleştirmek üzere geliştirilen veri merkezli (data-centric) bir yönlendirme tekniğidir. Bunun için deneysel olarak uygun veri yollarının seçilmesi, ağ üzerinde veri tamponlanması ve veri işleme görevleri gerçekleştirilmektedir.

Hiyerarşik veya cluster-based (küme-tabanlı) yönlendirme ilk olarak kablolu ağlarda önerilmiştir. Bu yönlendirme, sistem kapasitesini ayarlayan ve verimli haberleşmeyi sağlayan avantajlara sahiptir. Bununla birlikte hiyerarşik yönlendirme kavramı, kablosuz algılayıcı ağlarında verimli enerji kullanımlı yönlendirmeye yardımcı olmaktadır. Bir hiyerarşik mimaride, az enerjili noktalar hedefle ilgili algılamalar yaparken yüksek enerjili noktalar bilgiyi işleme ve iletme görevini üstlenirler. Bu ise, kümelerin oluşturulması ve kümenin baş elemanlarına (cluster head) özel görevlerin tahsisıyla kapasitenin ayarlanabilirliğini, ağ ömrünün artırılmasını ve enerji verimliliğini sağlamaktadır. Heinzelman [11], algılayıcı ağları için düşük enerjili adaptif kümeleme hiyerarşisi (low energy adaptive clustering hierarchy-LEACH) isminde hiyerarşik kümeleme algoritmasını önermiştir. LEACH, dağıtılmış küme oluşumunu içeren küme tabanlı bir protokoldür. Daha az enerji tüketimi için kümelerin baş elemanlık rolü rasgele bir şekilde dönüşümlü olarak verilir ve enerji harcaması ağdaki algılayıcılara paylaştırılır. LEACH, kapasite ayarlanabilirliği ve dinamik ağlardaki dayanıklılığı (robustness) sağlamak üzere yerel bir koordinasyon kullanır ve baz istasyonuna gönderilecek bilgi miktarını azaltmak üzere veri-birleştirmesini (data fusion) gerçekleştirir. Ayrıca çalışmada küme içi ve kümeler arası çakışmaları azaltmak amacıyla TDMA/CDMA MAC kullanılmaktadır.

LEACH protokolü ağ ömrünü artırmasına rağmen bu protokolde bazı kabuller tartışma konusudur. LEACH, her bir nokta elemanının baz istasyonuna haberleşme yapabileceğini ve farklı MAC protokollerini gerçekleştirebilecek kapasite olduğunu kabul eder. Ayrıca her nokta sürekli haberleşme yapmak durumunda ve birbirine yakın noktalar sürekli aldığı verileri doğrulamak durumunda olmaktadır. Üstelik küme baş elemanlarının ağ içerisinde nasıl düzgün dağılımla yayılacağı açıkça belirtilmemiştir. Rasgele dağıtım yapıldığında

küme baş elemanlarının ağ içerisinde bir bölgede toplanması durumunda ağdaki bazı noktalar yakınlarında baş eleman bulamayacaklardır. Son olarak her bir nokta için baş elemanların aynı seviyede enerji harcadıkları düşünülmüştür. Protokol, enerji seviyelerine de dikkate alacak şekilde düzgün dağılımlı enerji noktalarının sağlanması amacıyla geliştirilmelidir.

Heinzelman ve arkadaşları [12], LEACH protokolünde gereksiz haberleşmenin önüne geçmek için her bir transferde farklı verilerin iletilmesini sağlayacak bir geliştirme yapmışlardır. Heinzelman [13] ve Kulik [14] SPIN (Sensor protocols for information via negotiation) adı verilen adaptif protokol ailesini önermişlerdir. Bu protokoller, her bir noktadaki bilgiyi ağ üzerindeki bütün noktalara (sanki her bir nokta baz istasyonuymuş gibi) yayarlar. Bu ise kullanıcının herhangi bir noktayı sorgulama yapmasına ve gereken bilginin hemen alınmasına izin verir. Bu protokoller, birbirine yakın noktaların benzer veri içermesini sağlarlar. SPIN protokol ailesi veri görüşmelerini (data negotiation) kullanır. Noktalar topladıkları veriler hakkında bunların özelliklerini belirten metadata'lar içerir. Bir veriyi tamamen transfer etmeden önce metadata görüşmeleri gerçekleştirilir. Bu sayede ağ içerisinde gereksiz veri transferi yapılmamış olur. Metadata formatı uygulamaya bağlıdır ve SPIN'de belirtilmemiştir. Ayrıca SPIN, kalan enerji seviyesine göre hareket etmektedir. Bu protokoller zaman-bazlı (time-driven) olarak çalışırlar ve kullanıcının isteğine bağlı olmaksızın bilgiyi ağ üzerine yayarlar. SPIN ailesi, klasik flooding'in eksikliklerini görüşmeler ve kaynak adaptasyonu ile kapatacak şekilde tasarlanmıştır. Bu protokol ailesi, her defasında verilerin tamamının gönderilmesi yerine bunları tanımlayan özelliklerin gönderilmesiyle enerji tasarrufu yapmaktadır.

Tillett ve arkadaşları [15] tarafından önerilen çalışmada PSO (Particle Swarm Optimization) olarak bilinen optimizasyon tekniği ile algılayıcı noktaların kümelendirilmesi probleminin çözülmesi hedeflenmiştir. PSO yaklaşımı, verilen bir problem için en iyi çözümün bulunmasında birbirleriyle etkileşim ve işbirliği içinde test sonuçlarını üreten 'böceklerin' kullanıldığı gelişime dayalı programlama tekniğidir. Tipik bir optimizasyon probleminde fonksiyon veya uygunluk (fitness) değerleri kriter olarak kullanılmaktadır. Burada ise uygulamayla ilgili olarak, alınan verilerin maksimize edilmesi sağlanırken harcanan enerji minimumda tutulmaya ve nokta sayıları ile baş eleman sayıları dengede tutulmaya çalışılmıştır. LEACH protokolünde kümelerin baş elemanları her turda

rasgele bir şekilde seçilmektedir. Bu ise verimli olmayan bir ağ yapısının oluşmasına neden olabilmektedir. Kümelerin baş elemanlarının merkezi olarak seçilmesi Simulated Annealing tekniği kullanılarak da yapılmıştır [16]. Burada her nokta kendi pozisyonu ve enerji seviyesini merkeze göndermekte ve bu bilgilere göre seçim işlemi yapılmaktadır. Bir protokolün esnekliği, kaynaktan hedefe giden ana güzergâhın bozulması durumunda alternatif yolların mevcudiyetiyle ölçülmektedir. Bu ise kaynaktan hedefe giden yolların sayısının, enerji maliyeti artsa da, artırılması ve bu yolların canlı tutulması için periyodik mesajların gönderilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Ganesan ve çalışma arkadaşları [17] işlem yükünü (overhead) azaltmak için birbirinden ayrık çoklu yollar yerine birbirlerine yakın kordon (braided) veri yollarını kullanmışlardır. Kordon veri yollarındaki alternatif güzergahlar ana güzergaha yakın olduğundan dolayı enerji harcaması bu tip yollarda daha az olmaktadır.

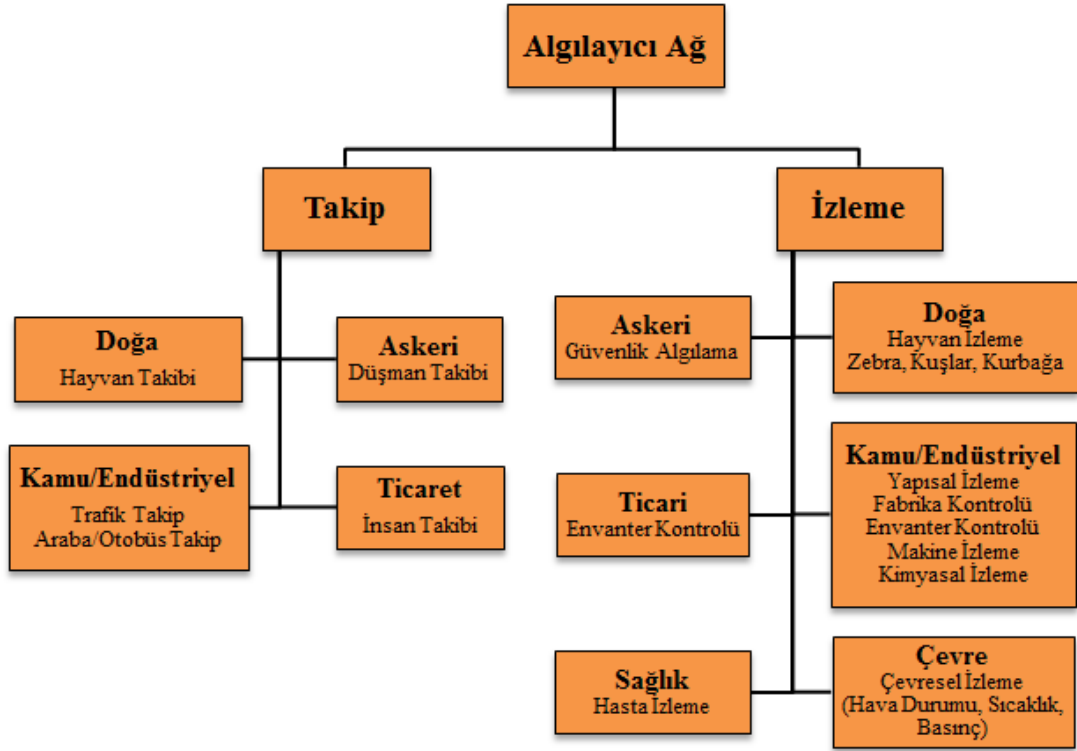
Chang ve Tassiulas [18] çalışmalarında, güzergâhlar içerisinde en fazla enerji ihtiva eden yolu seçmeye çalışan algoritma önermişlerdir. Ana güzergâhtaki noktaların enerjileri belli bir seviyenin altına düştüğü durumda, yedek güzergâhlardan haberleşme sağlanacak şekilde ağ ömrü artırılmaktadır. Kablosuz Sensör Ağ yönlendirmede optimizasyon teknikleri arasında yer alan karınca koloni algoritmasıyla [19] yapılan çalışmalar yeni bir çözüm yöntemi olmaktadır. Ancak algoritma üzerinde geliştirme çalışmaları halen devam etmektedir [20]. Kablosuz Sensör Ağ yapılarında çok sayıda ayrık elemanın kullanılması, yoğun algılama işlemleri ve az enerji tüketen ağ oluşumlarının algılayıcılarca koordineli olarak yapılması için yeni yöntemlerin geliştirilmesi araştırma konusu olmaktadır. Bu yeni yöntemlerin geliştirilmesinde sürü zekâsına dayalı Karınca Koloni, Parçacık Sürüsü ve Arı Koloni Algoritmaları kullanılabilir.

BÖLÜM 2

2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN UYGULAMA ALANLARI

Kablosuz Sensör Ağ uygulamaları iki kategoriye ayrılabilir; İzleme ve Takip. İzleme uygulamaları, iç / dış mekân çevre izleme, sağlık ve sağlıklı yaşam izleme, enerji izleme, envanter konumunu izleme, fabrika ve proses otomasyonu, sismik ve yapısal izlemeyi içermektedir. Takip uygulamaları ise nesneleri, hayvanları, insanları ve araçları takip etmeyi içermektedir.

Bu sınıflandırma Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Algılayıcı Uygulamalarına Genel Bir Bakış

Literatür taramalarına göre kablosuz algılayıcı ağlarının kullanım alanlarının sınıflandırılması yukarıdaki gibi olduğu görülmektedir [21]. Fakat bu tez çalışmasında

kablosuz algılayıcı ağları, yukarıdaki gibi 2 ana kategoriye ayırmak yerine yoğun kullanım alanından daha az kullanım alanına doğru kullanım alanları ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Bu sıralamaya göre;

1. Askeri Uygulamalar
2. Sağlık Uygulamaları
3. Çevre İzleme Uygulamaları
4. Habitat İzleme Uygulamaları
5. Tarım Uygulamaları
6. Endüstri Uygulamaları
7. Yapı Uygulamaları
8. Trafik Ve Yol Uygulamaları
9. Lojistik Ve Taşıma Uygulamaları
10. Web Uygulamaları
11. Eğitim Uygulamaları
12. Enerji Uygulamaları
13. Denizcilik Uygulamaları
14. Su Altı Uygulamaları
15. Diğer Uygulamalar

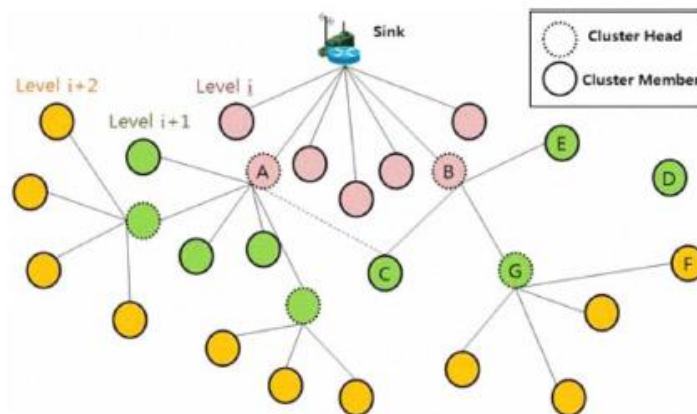
2.1. Askeri Uygulamalar

İlk kablosuz algılayıcı ağ askeri uygulamalar için kullanılmış olması nedeniyle Askeri Algılayıcı Ağlar, Kablosuz Algılayıcı Ağlarının birincil uygulama alanı olarak kabul edilmektedir.

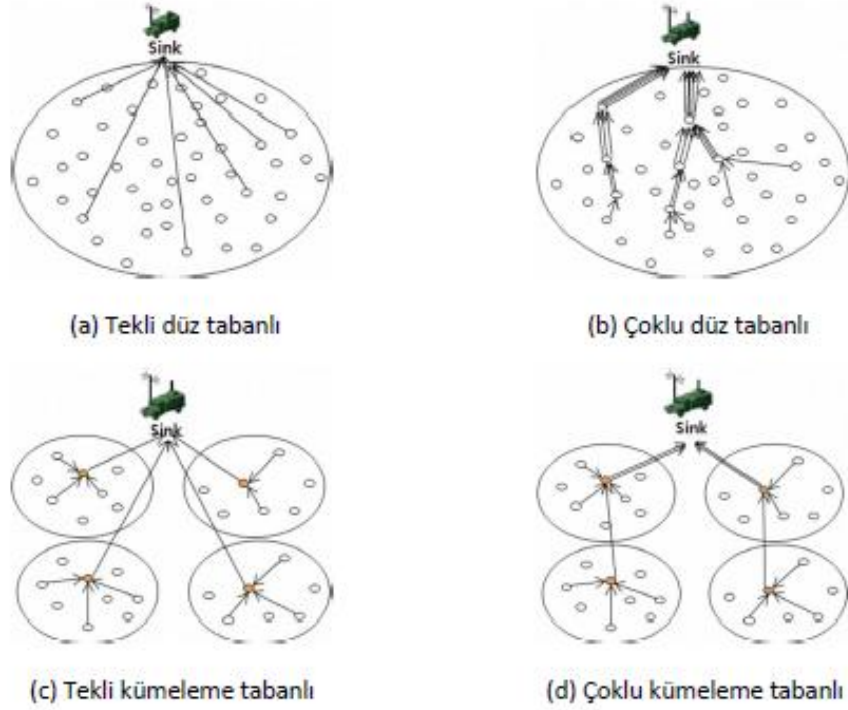
Kablosuz algılayıcılar hızlı bir şekilde herhangi bir altyapısı olmadan savaş sırasında ya da düşman bölgesinde kurulabilir. Gelecekte daha önemli roller oynayabilir ve gelecekteki savaşlarda da daha az insan müdahalesi ile daha akıllı hale gelebilirler [22]

Ticari kablosuz algılayıcı ağların aksine askeri kullanım için kullanılan askeri taktik algılayıcı ağların farklı öncelik gereksinimleri vardır. Özellikle büyük ölçekli ağ topolojisi, otomatik yapılandırma, ağ bakımı ve enerji tüketimi gibi uzaktan yönetim zorlukları vardır [23]

2.1.1. Askeri algılayıcılarda ağ mimarisi



Askeri alanda kullanılan kablosuz algılayıcı ağlarının değişik ağ mimarisi Şekil 2.2’de gösterilmiştir [26].



Şekil 2.3. Kümeleme ve Birleştirme İle Algılayıcı Ağ Mimarisi

2.1.2. Askeri uygulama projeleri kullanım amaçları

Amerikan Ordu Araştırma Laboratuvarı (The Army Research Laboratory-ARL) havan topu topçu ve küçük silah ateş geçici sinyalleri algılamak ve lokalize etmek için gergin aerosttan altında askıya Akustik Algılayıcı dizileri kullanarak deneyler yaptı. Bu şekilde devamlı gözetim askerlerin hayatı ve ölüm üzerinde güçlü bir etkisi olmaktadır. Havadaki akustik algılayıcı dizisi geçici bir yer ve yükseklik hesaplar ve hemen ipuçlarını eş konumlu görüntüleyici akustik ile aktarabilmektedir. Bu tek dizi vektör çözümü bir zemin ile kesiştiği bölge veya tehdidi raporlama için grid koordinatları tanımlamaktadır. Gözetimsiz Zemin Algılayıcı (USG) sistemleri, bir kaynak konumu 3D üçgenleme gerçekleştirebilmek için birkaç yer tabanlı akustik dizilerle ek çözüm sağlayarak vektörel dizileri güçlendirir [27]

Önemli askeri uygulama projeleri aşağıda sınıflandırılarak açıklanmıştır;

2.1.2.1. Duruma dayalı izleme

Rockwell Scientific özellikle karmaşık makine ve süreç izlenmesi için gereksinime uygun bir Kablosuz Algılayıcı Ağ geliştirmektedir. Amerikan Donanması ile birlikte bir gelişim programının bir parçası olarak donanmada gemiler üzerinde konuşlandırılmıştır. Diğer çalışmalar da genel entegre sağlık yönetim sisteminin bir parçası olarak uçak, pervaneli uçak ve uzay araçlarında kullanımı için geliştirilmektedir. Özellikle askeriye de makine bakımının çok pahalı olduğu süreçlerin kontrolünde sistem etkin rol oynamaktadır [28].

2.1.2.2. Askeri gözetim

Askeri kullanıcıları için Kablosuz Algılama Teknolojisinin odak noktası alan izleme olmuştur. Az sayıda maliyetli sistemler yerine çok sayıda dağıtılmış algılayıcılar kullanarak güvenlik ve gözetim uygulamaları için kullanılabilir. Dağıtılmış algılama sistemlerinin gelen tehditleri lokalize etme yeteneği güçlü bir ek avantaj niteliğindedir [29].

Kentsel arazi için bilinmeyen bir asker ve araç etkinliğinde teyakkuz sağlayarak açık izleme, binalar, kavşak ve çatılardaki asker güvenliğini artırması beklenmektedir. Sistemin karşı karşıya kaldığı birincil sorun sinyalin doğru tanımlanmasıdır. İkincil sorun ise yanlış alarmlardır. Bu sorunları ortadan kaldırmak için her düğümde çoklu algılayıcı kullanılmalı ve her düğümde farklı yapıda algılayıcı tercih edilmelidir (manyetik, akustik vb.) [30].

2.1.2.3. Savaş alanı izlenmesi

Algılayıcılar, muhalif güçlerin yakın gözetimini sağlayarak, araçların varlığı izlemek ve onların hareketlerini takip etmek için bir savaş içinde dağıtılabilir [31].

2.1.2.4. Nesne korunması

Algılayıcı düğümleri, örneğin, atom santralleri, stratejik köprüler, petrol ve gaz boru hatları, iletişim merkezleri ve askeri karargâh alanlarını, koruma amaçlı, duyarlı nesnelerin etrafında kurulabilir [32].

2.1.2.5. Akıllı yol gösterici

Algılayıcılar insansız robot araçlar, tanklar, jet uçakları, denizaltılar, füzeler ya da torpido hedeflerine engellerin etrafında onlara rehberlik ve daha etkili bir saldırı ya da savunma gerçekleştirmek için birbiri ile koordine etmek için onlara yol gösterebilmektedir[33].

2.1.3. Askeri Uygulama Projeleri

2.1.3.1. Sniper algılama sistemi

Boomerang keskin nişancı algılama sistemi küçük silahın ateş edişini saptayarak keskin nişancının konumu belirlemek için geliştirilmiştir. Bu da askeri kolluk kuvvetleri ve belediyeler tarafından kullanılmaktadır. Bu uygulama iki farklı mimari ile gerçekleştirilmiştir. Sistem, Counter Sniper sistemi araç üzerine yerleştirilmiş bir dizi mikrofondan oluşmaktadır ya da bir asker tarafından giyilebilir bir sistemdir. Mikrofonla algılanan ses atış yapanın görelî konumunu tahmin etmek için işlenir. Sistem, araca monte edilmiş algılayıcılar ile atış yapanın hareket bilgisini bile tespit edebilmektedir [34].

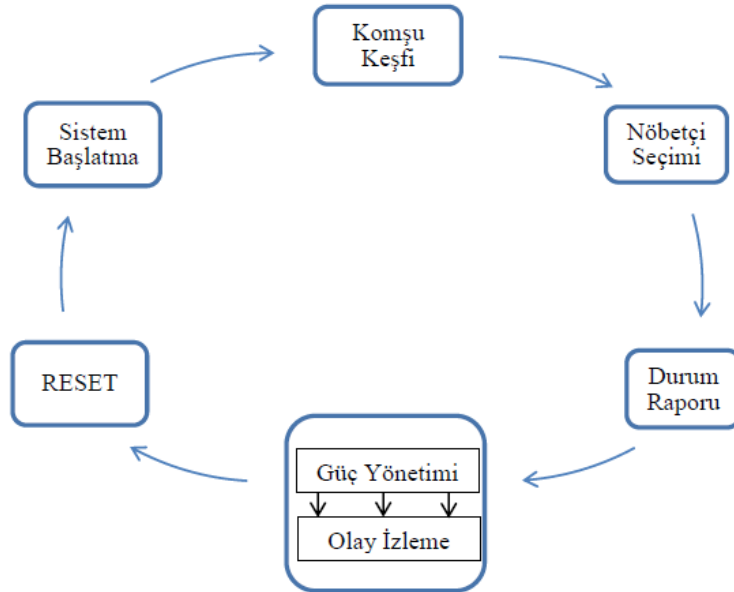
Bu tarz çok yollu ses algılama sistemleri için dağıtılmış bir ağ üzerinden Counter Sniper sistemi için akustik algılayıcılar geliştirilmiştir. Ağ, algılayıcı kart ile donatılmış Mica2 düğümlerinden oluşur. Algılayıcıya gerçek zamanlı algılama, sınıflandırma ve akustik olaylarla ilişki sağlamak için yüksek güçlü bir DSP ile yerleştirilmiştir. Bir atış çeşitli algılayıcılar tarafından tespit edildikten sonra bu algılayıcılar tarafından zaman ve konum bilgileri ile merminin yörüngesini belirlemek ve atıcının yerini tahmin etmek için kullanılırlar. Sonuç olarak sistemde bir dağıtık sistem kullanılması merkezi sistemin doğruluğunu artırmaktadır. Bu sistem yasa uygulayıcı kurumlar ve belediyelerin koruma sağlamaları için de uygundur [35].

2.1.3.2. VigilNet

VigilNet zorlu ortamlarda, enerji tasarrufu ve sinsi hedef takibi sağlamak için tasarlanmış bir büyük ölçekli gözetim ağıdır. Ağ ortamı ve uygulaması araç ve manyetik nesnelerin hareketi tarafından oluşturulan manyetik alanın tespiti için manyetik algılayıcılar ile donatılmış 70 Mica2 düğümleri ile oluşturulmuştur. Bu uygulamanın temel amacı dağıtık algılayıcı düğümleri arasında enerji etkin desteği sağlamaktır [36].

Sistemin ömrü ağ düğümleri ile hiyerarşik bir yapı ile geliştirilmiştir. Nöbetçiler olarak belirtilen bazı düğümler multi-hop yolları korumak ve bir olay meydana gelene kadar düşük güç durumunda kalmaktadırlar ve nöbetçi olmayan düğümler ise olay tabanlı operasyonu yönetmek için sorumludurlar. Bir olay, örneğin bir grup aracın geçmesi durumunda ağ düğümleri nöbetçiler yardımı ile ilgili grup da dâhil olmak üzere kümeler halinde yeniden düzenlenir. Bu sistem uzun ağ ömürlü olay tabanlı ortak bir izleme olanağı sağlamaktadır [37].

Şekil 2.4’de gösterildiği gibi VigilNet sistemi döngülerden oluşmaktadır [38].



Şekil 2.4 VigilNet Çalışma Evreleri

2.1.3.3. TOVA

Tehlikeli kimyasalların tespiti için düşük maliyetli bir algılayıcı insansız hava araçları (E-UAV) geliştirilmiştir. Tamamen Optik Buhar Analizör (The Totally Optical Vapor Analyzer -TOVA) algılayıcı küçük bir E-UAV ile kesintisiz ve özerk entegrasyon için dizayn edilmiş ve aracın 60 hava hızında seyahat ederken, 1000 fit yükseklikte kimyasal buharlar, düşük görüş yapılandırması tespit etmek için dizayn edilmiştir. Algılayıcı sekiz soğutmasız piroelektrik kızılötesi dedektörler, her biri farklı bir atmosfer ve zemin özellikleri düşük çözünürlüklü spektral taramaları sağlayan kızılötesi bant geçiren filtre ile entegre oluşturur. Tehlikeli kimyasallar, kendilerine özgü soğurma (veya emisyon) ayırt edici özellikler tarafından algılanır ve tanımlanır. Yanlış alarmları azaltmak için, üç renk filtreli (kırmızı, yeşil, mavi) foto diyot dedektörleri TOVA algılayıcılar ile entegre edilmiştir. Foto diyot dedektörler, kızılötesi dedektörler ile aynı sahneyi görüntülemek ve kimyasal algılama olaylarının arazi ayırmak için gerekli olan ek sahne bilgisi vermektedirler [39].

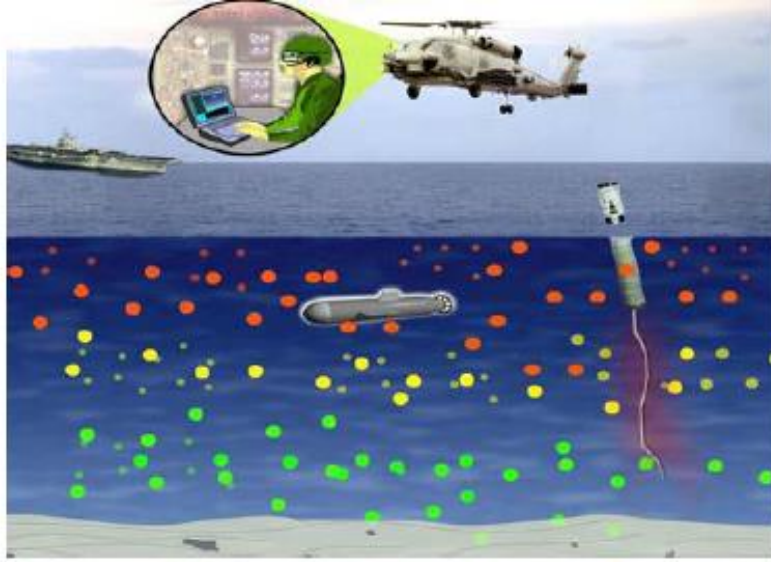
2.1.3.4. Deniz mayın tespit uygulamaları

Kıyı bölgelerinde deniz mayının otomatik algılaması, sualtı ortamı son derece değişken deniz dibi koşulları nedeniyle zor bir iştir. Algılama sistemleri doğal olarak meydana gelen ile insan yapımı karmaşıklığın boyutunu, şeklini ve yönünü ayırt etmesi gerekir. Ayrıca, otomatik sistemler, yüksek algılayıcı veri hızları ve sınırlı işleme yetenekleri ile karakterize İnsansız Sualtı Aracı (Unmanned Underwater Vehicles - UUV) algılayıcı sistemlerinin hayata geçirilmesi için işlemsel olarak verimli olmalıdır. Değişmeyen grup harmonik analiz kullanarak, hızlı, sağlam bir deniz mayın algılama sistemi oluşturulur. Deniz Yüzey Harp Merkezi Panama City (Naval Surface Warfare Center, Panama City - NSWC PC) tarafından verilen yan taramalı sonar görüntü dosyaları üniter görüntünün bir aile oluşturan gruplarla ilişkili dönüşümleri ve uygulamaları yapılır. Bu bilgiler daha önceden tasarlanmış şekillerle ilişkilendirilir [40].

İnsansız sualtı araçları (UUV), sualtı mayın tarlaları ölçme temizleme ve tehlikeli işlerin azaltılmasında önemli bir teknolojidir [41].

2.1.3.5. ASW

ASW (Anti-Submarine Warfare – Deniz Altı Savunma Harbi) Kıyıdaş sularda bataryalarla modern dizel-elektrik denizaltı işletimi ile algılama büyük ölçüde gürültülü ve yankılı bir akustik ortam nedeniyle geleneksel sonar teknolojisini kullanarak algılamak zordur. Bu sorunu gidermek için, SI2 Technologies Inc. (SI2) küçük, düşük maliyetli, kısa menzilli, çift modlu akustik algılayıcı geliştirmiştir. Örnek bir uygulama Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Bu konsept, bataryalar üzerinde çalışan modern dizel denizaltıları tespit etmek için, aktif ve pasif sonar küçük algılayıcıları kullanır [42].



Şekil 2.5. Kıyı Sularda Denizaltı Tespiti İçin Geniş-N Konsepti

2.1.3.6 EARS

Erken Saldırı Reaksiyon Algılayıcı (Early Attack Reaction Sensor - EARS), sesli uyarı ve görüntü yoluyla kullanıcıya göre yer ve atış kökenli aralığı bilgi sağlamak için (namlu, patlama ve / veya şok dalgası) silahları algılayan pasif bir akustik algılama sistemidir. EARS sistemi insanlar için giyilebilir de dâhil olmak üzere çeşitli platform bağımsız uygulamalar için küçük bir mikrofondizisi ve Dijital Sinyal İşlemeden oluşmaktadır. Amacı; anında düşmanın ateş kökenli bir askerin uyarıları düşük maliyetli bir taşınabilir / insan-giyilebilir mikro-akustik bir dizi geliştirmektir. Her asker için bir

insan giyilebilir keskin nişancı algılama sistemi sağlamak, acil ihtiyaç gidermek için ARDEC Akustik Center of Excellence entegre bir Sniper Silah Algılama sisteminin geliştirilmesi için PSI ile çalışmaktadır. Bu sistem, mevcut PSI teknoloji ile birlikte keskin nişancı COTS algılama sistemi kullanan bir el PDA içine entegre edilmiştir [43].

2.1.3.7. Tek kullanımlık algılayıcı ağı

Tek kullanımlık algılayıcılarla bir ağı kullanarak varış patlama yerleştirilmesinin zaman farkı tespiti yapılmaktadır [44].

Kabul edilebilir bir doğruluk içinde ağı bağı bir algılayıcı sistemi kullanarak bir patlayıcının olay yerinin belirlenmesi zor bir sorundur. McQ, ucuz akustik 37 algılayıcılarla bir mesh ağı kullanarak bir sistem geliştirmiştir. Sistem çok farklı ortamlarda patlamaların üç boyutlu Zaman-Fark-Varış (TDOA) verimli bir şekilde yerini bulabilmektedir. Patlamanın yer bilgisi uydu iletişimi üzerinden dışarı sızma yöntemi ile son kullanıcıya ulaştırılır [45].

Kavramsal olarak sistem, dışarı sızma düğümleri veya daha fazlası ve büyük algılayıcı düğümlerinin sayısından oluşur. Algılayıcı düğümleri ve dışarı sızma düğümlerinin her ikisi beklenen patlama yerinin yakınında konuşlandırılır. Sonra kendi kendine yapılandırılan algılayıcı düğümleri, bir veya daha fazla dışarı sızma düğümleri arasında iletişim sağlayan bir ad hoc, multi-hop sağlam kablosuz algılayıcı ağı içinde aktif ve dağıtılmıştır [46].

2.1.3.8. Dost güçlerin korunması için kablosuz algılayıcı ağlar

Dost güçlerin aktif katılımı ile özellikle cephanelik ve iletişim merkezlerin saldırıya uğramasını önlemek şarttır. Etkili savunma gerçekleştirmek için duyurga düğüm modeli ve mimarileri araştırılmış ve geliştirilmiştir [47].

2.1.3.9 Askere takılan algılayıcı sistemi

Gelişmiş Asker Algılayıcı Bilgi Sistemi ve Teknolojisi (Advanced Soldier Sensor Information System and Technology - ASSIST) DARPA programı tarafından

geliştirilmiştir. ASSIST amacı, görevi sırasında herhangi bir olay karşılaşması veya bilgi alması, gelecekteki operasyonlar ve misyonları içeren bir bilgi sistemidir [48].

2.2. Sağlık Uygulamaları

Kablosuz iletişim teknolojisindeki gelişmeler ve Mikro Elektro Mekanik Sistemler (Micro-Electro-Mechanical Systems - MEMS), büyük ölçekli, düşük güç, çok fonksiyonlu ve düşük maliyetli ağ kurulmasına izin vermektedir. Kablosuz algılayıcı ağlar etkin bir şekilde hastaların yaşam kalitesini artırmak için ve aynı zamanda sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak için kullanılabilir. Örneğin Kablosuz Vücut Alan Ağı ile donatılmış bir hastanın tanı için doktorun fiziksel olarak orada olması gerekmez. Vücut algılayıcıları hasta ile ilgili verileri doktora göndererek hastanın hemen tedavisi için hazırlamaktadır[49].

Entegre biyomedikal cihazlar ve akıllı entegre algılayıcılardaki gelişmeler biyomedikal uygulamalar için algılayıcı ağları mümkün kılmaktadır. Bu sistemler entegre hasta izleme, teşhis, hastanelerde ilaç yönetimi, böcekler ya da başka küçük hayvanların hareketleri ve izlenmesi, insan fizyolojik verilerinin tele izlenmesi, engelliler için bazı sağlık uygulamaları ve doktorla hastalar arasında arayüzlerin sağlanması ve izlenmesidir [50].

Biyoalgılayıcıya dayalı tıbbi bakım yaklaşımı tepki süresini azaltmakta ve heterojenliği azaltarak daha verimli hale getirmektedir. Bu algılayıcılar insan vücuduna ağ oluşturarak kurulmaktadırlar. İnsan vücudu için en uygun seçenek kablosuz ağ sistemidir. Bu sistem veri toplama ve dağıtma için kullanılabilir. Bu sistemler insan hayatını tehdit eden bir durum meydana geldiğinde tıp personeli uyarılmaktadır [51]

2.2.1. Sağlık izleme sistemlerinin faydaları

Tüketici elektroniği alanında teknolojik gelişmeler ve üretim maliyetlerinin azalması sıradan kullanıcılar için ucuz algılayıcıların üretilmesine neden olmuştur [52].

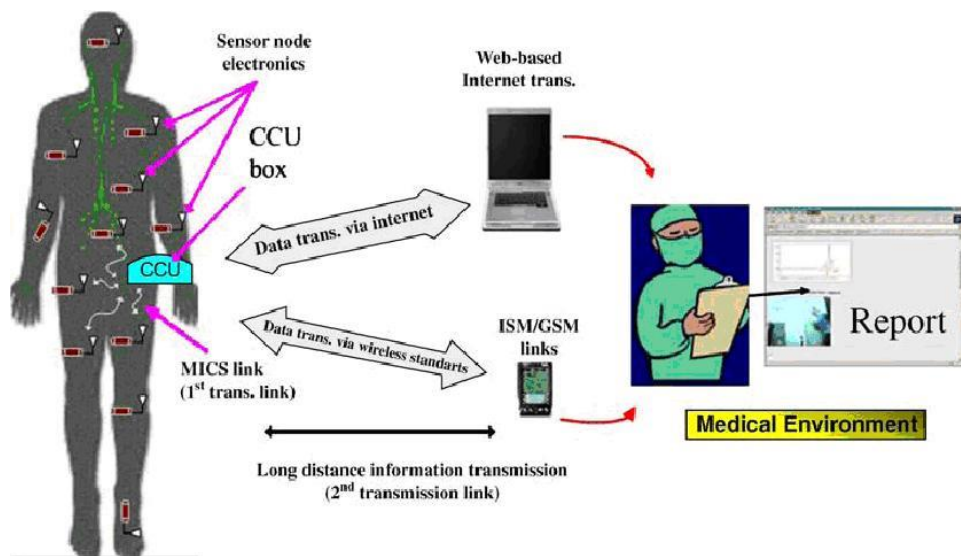
Mevcut sağlık algılama sistemlerinin çeşitli yararları vardır. Sağlık algılama sistemlerinin ana faydası uzaktan izleme yeteneğidir. Uzaktan izleme sistemlerinde riskli hastalar için

acil koşulların tanımlanması kolay olacak ve farklı derecelerde bilişsel ve fiziksel engelli insanların daha bağımsız ve rahat bir hayat için etkili olacaktır. Yine ebeveynleri yokken küçük çocuklar ve bebekler daha güvenli bir şekilde bakılacaktır. Özel bakıcılara güvenirlilik azalacaktır.

Birkaç saniye gibi kısa sürede kalbin durması veya ani atışların düşmesi durumlarının belirlenmesi ve meydana gelmeden tüm bu durumların tespiti göz önüne alındığında hayati öneme sahip olduğu görülebilmektedir. Burada yaygın sağlık sistemlerinin ne kadar faydalı olacağı görülebilmektedir.

Olay tanımlama yaygın sağlık sistemlerinin bir diğer avantajıdır. Sürekli kontrol edilmesi gereken insanlar veya olaylar için bize avantaj sağlar. Çok çeşitli algılayıcılar kullanılarak veriler toplanmaktadır. Takip edilecek olan kişinin yerini belirleyebilir, faaliyetleri izlenebilir. Gün boyunca, gün ortasında uykuya dalmış olabilir. Sistem bize doğru bilgiyi ulaştırabilir [53].

Mevcut çözümlerin çoğu hasta tarafından taşınan algılayıcılar (Vücut Alan Ağı) ve bir veya daha fazla türde kişisel alan ağı ve çevreye konuşlandırılmış çeşitli algılayıcılardan oluşabilir. Sistem bir Omurga Ağı (Gateway Node) ile bağlanmıştır. Bir grafik arayüzü ile kişinin sağlık bilgileri profesyonel sağlık personeline veya diğer bakıcılara gönderilir [54].



Şekil 2.6. Sistem Modeli

Sistemin dört farklı kategorisi vardır [55].

1. Çocuklar: Bu grupta bebekler, yeni yürümeye başlayan çocuklar ve büyümüş ama yine de takip isteyen çocuklar, kendi başlarına çevrelerini algılamaya sahip olmayan gençlerden oluşur.
2. Yaşlılar ve Kronik Hastalar: Bu grupta bilişsel zorlukları olan kronik hastalar veya kalp, solunum gibi ani düşme yaşayan yaşlılar ile diğer tıbbi hastalıkları olan kronik hasta insanları içerir.
3. Bakıcılar: Bu grupta anne-baba ve bebek, oturabilen çocuklar ve aynı zamanda yaşlı ve diğer kronik hastalığı olan ve bakıma muhtaç insanlara bakanlar.
4. Sağlık Çalışanları: Yaşlı ve kronik hasta insanların sürekli sağlık durumunun izlenmesinden sorumlu olan ve bir acil müdahale durumunda derhal yanıt vermeye sahip hekimler ve diğer tıp personelidir.

Bu gruptaki kişiler birbirleri ile farklı altyapılar kullanarak sürekli etkileşim halindedir.

Beş Alt Sistem vardır;

1. Vücut Alan Ağ Sistemi
2. Kişisel Alan Ağ Sistemi
3. Geniş Alan Ağ Geçidi
4. Geniş Alan Ağları
5. Son Kullanıcı Sağlık İzleme Uygulamaları

2.2.2. Sağlık uygulamalarında kullanılabilecek bazı algılayıcılar

Bazı sağlık izlemeler için piyasada bulunan kablosuz algılayıcıların bazıları aşağıda verilmiştir.

- Nabız oksijen doygunluğu algılayıcısı: oksijen (SpO2) ve kalp atışı ile doymuş hemoglobin yüzdesini ölçmek.
- Kan basıncı algılayıcısı
- ElektroKardiyoGram (EKG) Algılayıcısı

- ElektroMiyoGram algılayıcısı: Kas aktivitelerini ölçmek için (EMG)
- Sıcaklık algılayıcısı: vücut ve cilt ısısının her ikisini ölçmek
- Solunum algılayıcısı
- Kan akış algılayıcısı
- Oksimetre algılayıcısı: Kan oksijen seviye algılayıcısı

2.2.3. Kablosuz vücut alan ağları

Kablosuz Vücut Alan Ağları (Wireless Body Area Networks - WBANs)'nın mevcut uygulamaları kalp problemleri, astım, acil durumlara müdahale ve stres izlemedir. Kablosuz algılayıcılar medikal uygulamalarda çok fazla kullanılmaktadır. Akıllı biyoalgılayıcıların minyatürleşmesi ile hastaların sürekli izlenmesi için yeni olanaklar sağlanmış olacaktır. Küçük takılabilir algılayıcılar düzenli doktor ziyaretlerinin maliyetlerini azaltacak ve büyük miktarda veriyi kesintisiz olarak otomatik toplamaya izin verecektir. Böylece tüm araştırmacılar kayıtlı verileri kullanabilme imkânlarına sahip olacaktır [56].

2.2.4. Sağlık uygulamaları

Kullanılan algılayıcılar küçük biyoalgılayıcılar ve bataryasız RFID etiketleri arasında değişen farklı tip algılayıcılardır.

2.2.4.1. Günlük yaşam izleme faaliyetleri

Lu ve Fu konum farkındalığı ile faaliyet tanıma yaklaşımını sunmaktadırlar. Çalışmalarında ortam uyumlu aygıtlara entegre edilmiş (AICOs) kablosuz algılayıcı çeşitleri kullandılar. Bu sanal katman ile kaplı bir ev sistemi idi. Sanal katmanın amacı nesneye müdahale olmadan doğal olarak etkileşimi yakalamaktır. Bu sistemde ortamda çok fazla algılayıcı mevcuttur ve bunlarla yürüyüş, müzik dinleme, televizyon seyretme, oturma gibi aktivitelerin raporlanması sağlanmaktadır [57].

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

2.2.4.1.1. Kanser tespiti

Dünyada her yıl sayıları artan ve insan yaşamı için büyük tehdit oluşturan bir diğer hastalık kanserdir. Bu algılayıcıların farklı hücre tipleri arasında kanserli hücreleri ayırt etme yeteneği vardır.

2.2.4.1.2. Alzheimer, depresyon ve yaşlı insanların izleme

Kablosuz algılayıcı ağ, evden çıkmayan, yalnız ve depresif ve yaşlı insanlara yardım etmeyi amaçlayan ve anormal bir durum olduğu zaman komşulara, aileye ya da en yakın hastaneye bilgi gönderen sistemdir.

2.2.4.1.3. Akut hasta izleme

Bir hasta hastaneye bir şikâyetten dolayı gelmesi durumunda ve hastanın da kontrolden sonra hastanede kalmak istemesi çok sık rastlanan bir durumdur (e-SENSE). Doktor bu durumda bir cep telefonu ve tıbbi algılayıcılar sayesinde hastayı evinden kontrol edebilir.

2.2.4.1.4. Sürekli bakım

Bir ciddi bir beyin kanaması veya kalp krizi geçirebilir. Bu tarz durumlarda hastanın mutlaka sürekli izlenmesi gerekecektir. Hastanın kalbi, beyini, vücudu algılayıcılar tarafından sürekli izlenebilecektir.

2.2.4.2. Konum takip uygulamaları

Bu sistemler bina içleri ve açık alanların her ikisinde de kullanılabilir. Bina içi uygulamada konum takip sistemine durum farkındalık sistemi entegre edilerek sistem zenginleştirilebilir. Bina dışı uygulamalar sara nöbeti gibi acil durumlar ortaya çıktığında kişinin konumunun tespiti için kullanılabilir.

2.2.4.2.1. Ultra badge system

Hastane ayarlarını kullanan konum takip uygulamasıdır. Sistemde hastanın yer tespiti için 3 boyutlu etiket sistemi tasarlanmıştır. Hastanın düşmesinin muhtemel olduğu yerlerde sistem alarm vermektedir. Sistem objelere entegre ultrasonik üreteçler ve alıcılar içermektedir. Sistem tekerli sandalye tarayıcı veya ultrasonik radar olacak şekilde iki kısımdan oluşmaktadır. Düşme ihtimaline karşı bakıcı uyarılmaktadır [58].

2.2.4.3. İlaç alımı takip uygulamaları

İlaç alımını reddetme durumu yaşlılar ve akli rahatsızlığı olanlarda sık rastlanan bir durumdur. Bu nedenle ilaç alımının takip edilmesi gerekmektedir.

Moh ve arkadaşları algılayıcı ağlar ve RFID kullanarak ilaç alımını takibini önermektedirler. Şişenin ağırlığından ilaç alımını tespit eden sistemler kullanılmıştır. Sistem hangi ilaç hangi saatte ve kaç adet alındı sorularını yanıtlamaktadır. Hasta çok yüksek frekanslı RFID etiketleri üzerine giymektedir. Hasta ilaç almazsa alarm ile uyarılmaktadır.

2.2.4.4. Sağlık durumu takip uygulamaları

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

2.2.4.5.1. Kronik hastalıklar

Bunlar diyabet, astım, kalp hastalıkları ve uyku bozukları gibi sağlık sorunlarının geniş aralığını kapsamaktadır. Birçok durumda bu hastalıklar özellikle ilerlediği durumlarda hastanın izlenmesini gerektirir.

2.2.4.5.2. Kalp ve damar hastalıkları

Kalp-damar hastalıklarına yol açan ölümler çok sayıda hasta üzerinde göze batmayan bir şekilde vücuda monte edilebilir akıllı algılayıcı ile önlenabilir. İlgili sağlık personeli hastanın sağlık durumunu izlerken kalp atış hızı ve kalp düzensizlikleri ile ilgili önemli bilgiyi alarak önceden tedavi hazırlığı yapabilir [59].

2.2.4.5.3. Fireline

Bir kalp atış hızı algılama sistemidir. Herhangi bir anormallik ve stres tespit etmek için itfaiyecilerin kalp hızını gerçek zamanlı olarak izlemek için kullanılır. Bir kalp hızı algılayıcısı ve üç elektrottan oluşur. Bütün bu sistemler itfaiyecinin giyeceği gömlek içine gömülürler. T-düğümü vasıtasıyla baz istasyonuna bağlanırlar. İtfaiyecinin kalp hızı yüksek atıyorsa bir uyarı gönderilmektedir [60].

2.2.4.5.4. Astım

Kablosuz algılayıcı ağı, havada alerjik etkileri algılayarak, doktor veya hastanın kendisine durumu rapor ederek milyonlarca astım hastasına yardımcı olabilir [61].

2.2.5. Sağlık uygulama projeleri

Bundan önceki çalışmalar bir olaya özgü belirli kısıtlamaları olan çalışmalardı. Fakat bu noktadan sonraki çalışmalar daha karmaşık ve kapsamlı yapıya sahiptir.

2.2.5.1. eWatch

Bu sistemde bir giyilebilir algılama, bildirim ve bir kol saati içine yerleştirilmiş ve bilgisayar platformu bağlamda üretilen sistem araştırmak için geliştirilmiştir. Sistem farkında bildirim, yaşlı izleme ve sonbahar algılama gibi uygulamalar için kullanılabilir. Sistem acil bir durum olduğunu teyit etmek için sorgulanmaktadır. Kullanıcı yanıt

vermezse o zaman sistem ağ yetenekleri ile yardım çağırmak için kullanılmaktadır. Örneğin hastanın bazı ilaçları alması için haber verebilir. Sistem Resim 2.6'da gösterilmektedir [62].

2.2.5.2. Vital sinyal izleme sistemi

Bir felaket durumunda hastaların sürekli durumunu izlemek ve onlar hastaneye başvurana kadar konumlarını izlemek için teknolojiden büyük ölçüde yararlanılabilir. Hayati bulgu algılayıcılar, konum algılayıcılar, ad-hoc ağ, elektronik hasta kayıtları, web portal teknolojisi hastanın durumunu uzaktan izlemek için entegre gerçek zamanlı bir hasta izleme sistemidir [63].

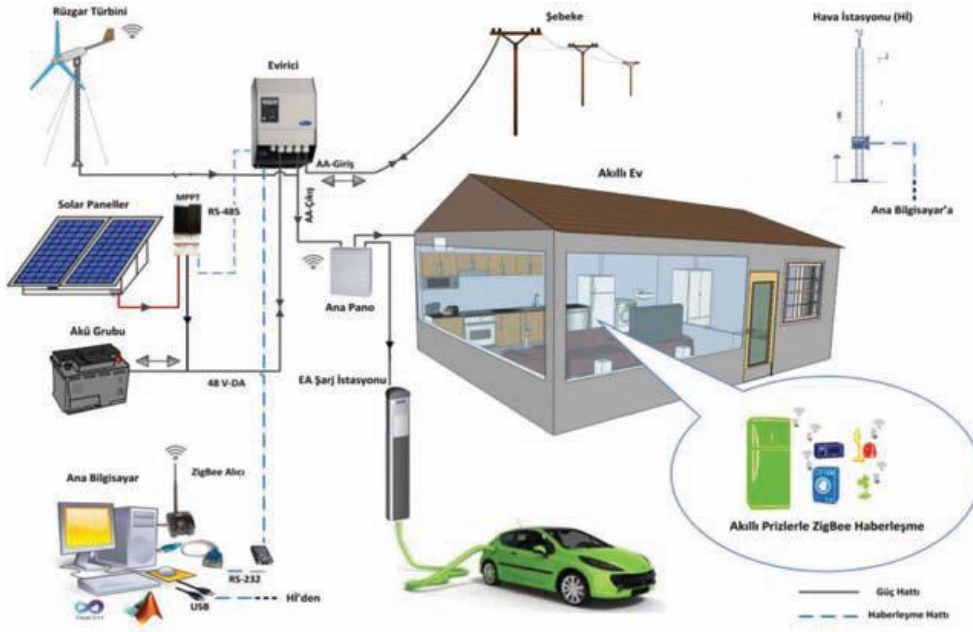
2.2.5.3. Yapay retina

Kablosuz algılayıcı vücut ağları görme engellilere de yardımcı olabilmektedir. Hiç görmeyen ya da çok az gören hastalar retina protez çiplerinin insan gözüne implantasyonu ile makul bir düzeyde görmeleri sağlanabilmektedir.

2.2.5.4. Akıllı ev uygulamaları

Bu tarz sistemler yaşam alanının tamamı akıllı algılayıcılarla donatılmakta olup hasta veya izlenecek kişiler bu algılayıcılar vasıtası ile gözlemlenebilmektedir. Ayrıca bu algılayıcılar çeşitli monitör vb. ürünler vasıtasıyla hastaya günlük faaliyetlerinde yardımcı olabilmektedir [64].

Kalp ritmi bozuklukları hastanın doktoruna anında bildirilebilir ya da ecza dolabına bebeğin yanaşması durumunda bakıcıya uyarı gönderilebilir.



Şekil 2.7. Örnek bir Akıllı Ev Uygulama Projesi

2.2.5.5. Görme engelliler için akıllı duraklar

Bu sistemde görme engelli insanlar için akıllı bir otobüs durağı tasarlanmıştır. Bu tasarımda RFID kartlar vasıtasıyla engelli insanlar önceden belirlenmiş olan bölgeye girdiklerinde sistem otobüs şoförüne uyarı mesajı gönderecek ve şoför durağa yanaşacaktır. Hatta bir PDA vasıtasıyla isterse engelli insanlar gideceği yeri de önceden sisteme girebilir ve ona göre otobüs durağa yanaşabilir [65].

2.2.6. Geleceğin tıbbi uygulamaları

Kablosuz Algılayıcı Ağlardaki gelişmeler, sağlık sistemlerinde yeni fırsatlar açtı. Gelecekte bol ve yaygın kablosuz ağlar ile mevcut uzman tıbbi teknolojinin entegrasyonu görülecektir. Kurulu altyapısı ile veri toplama ve gerçek zamanlı tepki alma işbirliği olacaktır. Gelecekte sağlık sisteminde kablosuz algılayıcı ağlardan en fazla yararlanacağı alanlar ev yardımı, akıllı bakım evleri ve klinik denetleme ve araştırmalardır [66].

Dünya nüfusunun yaşlanması ile yaşlı hastalıklarına muzdarip olanlar da artacaktır. Dolayısıyla kablosuz ağlar hafıza geliştirme, ev aletleri kontrolü, tıbbi veri tarama ve acil durum iletişimi sağlayarak ev sakinlerine yardımcı olabilir.

Göze çarpmayan, giyilebilir algılayıcılar yeni nesil klinik çalışmalar için büyük miktarda veri sağlayacaktır. Veriler için düzenli doktor ziyaretlerini azaltarak otomatik olarak toplanan veriler raporlanacaktır. Bu nedenle çok daha fazla çalışmaya katılanların kayıtlı, biyolojik, farmatolojik yararları tıbbi uygulamalarda olabilir. [67].

Yaşlı nüfusunun artması ile kaliteli ve düşük maliyetli sağlık bakımı sunma ihtiyacı önemli bir konu haline gelmiştir. Bu alanda önemli uygulamalar riskli hastaların sürekli izlenmesi için acil durum ve teşhisi ve aynı zamanda çeşitli bilişsel ve fiziksel engelli insanlar için sağlık hizmetleri sağlamaktır. Sadece yaşlılar ve kronik hastalar değil aynı zamanda her iki ebeveynin çalışmak zorunda olduğu durumlardaki aileler için bebekler ve küçük çocuklar için yüksek kaliteli bakım hizmetleri sunan sistemler kullanılabilir [68].

Sistemde ağ yapısının yanı sıra doğru ve güvenilir bilgi için göze batmayacak şekilde küçük algılayıcı cihazlar geliştirmek daha önemlidir. Tüm aktörler arasında (bakıcı, algılayıcılar, hasta, doktor, aile vb.) koordine olan bir sistem uygulanmalıdır [69].

Üretilen sistemlerde odak nokta tercihen kumaş veya diğer maddelerle insan vücudunun implante edilmesi olmalıdır.

2.3. Çevre İzleme Uygulamaları

Çevre izleme uygulamaları kablosuz algılayıcı ağların en önemli uygulamalarından biridir. Bu tür uygulamalarla çok geniş alanda düşük maliyetli algılayıcılarla algılama sağlanabilir. Örneğin buzul izleme, yangın alarmı, sel alarmı, mikro düzeyde manzara haritalama, güneş radyasyonu haritalama, nehirler, su havzaları ve ekosistem haritalama, madencilik ve tarım çevresi gözleme ve tahmin gibi çalışmalar çok kolaylıkla yapılabilir.

Kablosuz algılayıcı ağlarla doğal afet algılama; Tsunami ve deprem gibi durumların tahmininde kullanılabilir. Algılayıcılar nem ve toprak koşullarının daha verimli bir sulama alanları ile kullanımı su tasarrufu yapabilir.

Çevresel izleme uygulamaları, bilimsel topluluklar ve bir bütün olarak toplum için hayati öneme sahiptir. Bu uygulamalar açık veya kapalı ortamlarda izleme olabilir. Binlerce kilometrelik denetimli alanlarda denetim süresi birkaç yıl sürebilir. Genellikle uygulamalar ağ güvenliği ve gözetim endişeleri için çözümler sağlamaktadır. Sel ve deprem gibi doğal afetler için bu olayların meydana gelebileceği yakın yerlere kurularak daha erken bir uyarı sistemi sağlanabilir.

Sistemin mümkün olduğunca çabuk çevre değişikliklerine tepki vermesi gerektiğinden bu uygulamalarda yüksek güvenlik gereksinimleri ile gerçek zamanlı izleme teknolojileri gerektirmektedir. İlk çıkış noktası insanın olmadığı durumlarda ortam izleme için kullanmak için tasarlanmıştır. Bu tip sistemler mümkün olduğunca da sağlam olmalıdır. Çünkü atmosfer veya doğanın kaçınılmaz ve hesaplanamaz zorlukları vardır. Ayrıca bu sistemlerde mümkün olduğunca güç verimli elemanlar tercih edilmelidir.

2.3.1. Buzul izleme

2.3.1.1. GlacsWeb

GlacsWeb sisteminin amacı farklı algılayıcılar vasıtasıyla buzul davranışlarını izlemek ve kaynakların akıllı bir web ortamı ile birbirine bağlayan bir projedir. Sistem birkaç yıl boyunca hayatta kalma yeteneğine sahip düşük güç tüketimli kablosuz algılayıcı ağ düğümü geliştirilmesiyle özerk bir web erişilebilir veri tabanına verileri toplar. Problar buzulların altına ve yüzeyine yerleştirilir. Sistemin amacı basınç ve sıcaklığın buzul hareketlerini nasıl etkilediğini anlamaktır. Toplanan veriler buzulların küresel ısınmadan nasıl etkilendiğini de anlamak için önemlidir.

2.3.2. Okyanus izleme

2.3.2.1. ARGO

ARGO sistemi dünyanın okyanuslarını izleme sistemidir. 2000 metreye kadar batırılacak olan şamandıralar sıcaklık ve tuzluluk bilgilerini iletmek için kullanılacaktır. Sistem on günlük döngüler halinde 4-5 yıl sürecektir. Şamandıra başına maliyet 12.000\$'dır. Toplanan veriler iklim değişiklikleri için kullanılacaktır. Benzer bir sistem göllerde de yapılabilir [70].

2.3.3. Afet izleme uygulamaları

Doğal afetleri algılamak için algılayıcılar doğal olarak olan ya da olmayanları tespit etmek için amaçlanan bölgelere dağıtılabılır. Örneğin orman yangınları ve sel algılamak için algılayıcılar orman dağıtılmış olabilir. Sismik algılayıcılar depremin yönü ve büyüklüğünü tespit ve bina güvenliğinin değerlendirilmesini sağlamak için bir binaya entegre edilebilir [71].

2.3.3.1. Arama kurtarma uygulamaları

2.3.3.1.1. CenWits

Berkeley Mika2 algılayıcısı kullanan algılayıcı tabanlı izleme sistemi bir arama-kurtarma sistemidir. Radyo frekansı tabanlı algılayıcılar veri işleme ve depolama yapabilmektedirler. Sistem ağa sürekli bağlı değildir. Aralıklı olarak ağ bağlantısı için tasarlanmıştır. Sistem algılayıcıları konum algılamak için insanlar tarafından giyilen cep algılayıcıları, GPS alıcılarından oluşmaktadır. Kişinin konum hareketi ve konum bilgileri iletilmektedir. Sistemin amacı küçük bir alanda arama kurtarma çalışmalarının yoğunluğunu tespit etmektir [72].

2.3.3.1.2. MAX

Fiziksel dünyada insan merkezli bir arama kurtarma sistemidir. İnsanlar ihtiyaç duyduklarında fiziksel nesneleri aramamızı ve bulmamızı sağlar. Kesin koordinatlar yerine tanımlanabilir simge konum bilgileri referans sağlamaktadır. MAX, gizli etiketli bir nesne verimli arama ile dizayn edilmiştir. MAX, nesneleri bulmak için simgesel yapılar ve baz istasyonu bilgisayarları gibi alt istasyonlarda etiketlenmiş olması gereken hiyerarşik bir mimari kullanır [73].

2.3.3.2. Yangın algılama uygulamaları

Yangın çeşitli yerlerde olabilir ve farklı mekanizmalara neden olabilir. İnsani, ekonomik ve çevresel felaket gibi etkileri ölçek, konum türüne bağlı olarak değişir. Hızlı ve etkili yangın algılama sistemi yangın söndürmenin anahtarı konumundadır. Bu amaçla yangın algılama sürecini hızlandırmak ve bilgi analizi ve güvenilirliğini artırmak için yıllarca çeşitli teknolojiler ve algılama mekanizmaları geliştirilmiştir.

Yangın algılama için en ideal sistem kablosuz algılayıcı ağ sistemleridir. Çeşitli algılayıcılar (sıcaklık, nem, duman) vasıtasıyla yangın algılanabilmektedir [74].

2.3.3.2.1. Orman yangın algılama sistemleri

Son yıllarda Portekiz gibi ülkeler orman yangınları ile ciddi sorunlar yaşamaktadır. Temel sorunlardan biri yangının çok büyük oluşu ve söndürülmesinin çok zor oluşudur. Bu durumda bir kablosuz algılayıcı sistemle orman yangınına erken aşamalarda tespit etmek için kullanılabilir. Düğüm sayısı bir orman alanına önceden konuşlandırılmış olmalıdır. Her bir düğüm sıcaklık, nem, basınç ve pozisyon olarak farklı türde algılayıcıya sahip olmalıdır. Tüm algılanan veriler orman geneline dağıtılan ağ geçitleri vasıtasıyla merkeze gönderilmelidir. Ağ geçitleri merkezi telefon sistemine (Universal Mobile Telecommunications System - UMTS) bağlı olabilir ve kontrol merkezi buna göre de yangına müdahale için gerekli önlemleri alabilir. Örneğin bir tür ani sıcaklık artışı durumunda kontrol merkezi derhal alarmı geçecektir. Ve yangın söndürme helikopterleri

devreye girecektir [75]. Bu da yangının henüz başlama aşamasında iken söndürülmesini sağlayacaktır.

2.3.3.2.2. Maden yangınları

Gaz algılayıcılarına sahip düğümlerin kullanılmasıyla sistem, maden yangınlarının önceden tespit edilmesinde de yarar sağlayacaktır. Mevcut maden güvenlik sistemlerinde fiber optik, elektrik kablosu gibi kablolu iletişim mekanizmaları kullanılmaktadır. Maden ocaklarında kablolu iletişim altyapısını kurabilmek oldukça güçtür. Kablonun bir bölümünün hasar görmesi tüm sistemi kullanışsız hale getirebilir. Bu nedenle, kablesiz algılayıcı ağları maden yangınlarının da önceden belirlenmesi için en uygun çözümdür [76].

2.3.3.3. Volkan izleme uygulamaları

Bireysel bir algılayıcı istasyonu ya tek bir algılayıcı ya da farklı türlerde birçok algılayıcının dizilmesinden oluşmaktadır. Ya sürekli ya da tetiklenen olaylarda elde edilen veriler kaydedilir. Bir istasyondan kaydedilen veriler onlarca kilometre uzaktaki istasyonlara telsiz ya da telefon bağlantıları üzerinden iletilebilmektedir. Her bir kayıt istasyonu tek başına bir veri toplama sistemi kullanmaktadır. Veriler bir istasyonda birkaç gün veya hafta kaydedilebilir [77].

Mekânsal dağıtılan algılayıcı ağlar genellikle tehlike izleme, bilimsel araştırmalar ve volkanik aktivite izleme için kullanılır. Tipik algılama aletleri sismik akustik, GPS, eğim metre, termal, optik ve gaz tozudur. Ne yazık ki belirli bir volkan için dağıtılan algılayıcıların sayısı maddi sorunlar nedeniyle ve bant genişliği gibi teknik nedenlerle sınırlı olmuştur [78].

Kablesiz algılayıcı ağlar volkanik izleme sistemlerinin izlenmesi, dağıtımı, kurulumu ve bakım sürecinde yardımcı olabilirler [79].

2.3.3.3.1. Bilimsel volkanik izleme

Geleneksel olarak sismograflar volkanik bir yapının içinde meydana gelen enerji hareketliliğinin yerini ve depremlerin odak mekanizmalarını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Depremlerde daha fazla mekanizma kullanarak depremin kaynak konumunu ve kökenini belirlemek mümkündür. Volkanik depremlerin anlamak volkanik patlamaları anlamakla mümkündür.

Sismik ağların bir başka kullanım alanı ise tomografik evirme yoluyla volkanın içyapısını görüntülemektir. Mekânsal olarak dağıtılan sismometreler tarafından kaydedilen depremler belirli bir kaynak ve alıcı arasındaki yayılma hızları hakkında bilgi sağlamaktadır. Böylece sismik görüntüleme yanardağın üç boyutlu görüntülenmesine izin vermektedir [80].

İnfrasonik sinyaller volkanik aktivite çalışmalarında daha önemli araç haline gelmektedir. Akustik bir anten, üç veya daha fazla mikrofon ile düşük frekanslı ses dalgaları ile volkanik bir olayın kaynağını ayırmak için kullanılabilir. Volkan arazi veya bulut nedeniyle görünür olmayabilir ve bu durumlarda infrasonik algılayıcılar yardımcı olabilir. İtalya Stomboli’de çok sayıda delikli volkanlarda akustik algılayıcılar bireysel patlamaların tam yerini tespit edebilmektedir [81].

2.3.3.4. Sel ve su baskını algılama

Bir evde bir musluk açık unutulmuş ve bu durumda eve döndüğünde binayı su bastığı görülebilmektedir. Küçük bir kablosuz algılayıcı vasıtası ile size veya komşunuza bilgi vererek su baskınının oluşması engellenebilir. Sistem ekonomik kaybı ve çevreye kaybı en aza indirmektedir [82].

2.3.3.5. Heyelan algılama

Bir heyelan algılama sistemi heyelan sırasında meydana gelebilecek hafif toprak hareketlerini algılamak için bir kablosuz algılayıcı ağı kullanmaktadır. Gerekli verileri toplayıp uzun heyelan oluşumu gerçekleşmeden önce bildirmektedir.

2.3.4. Yapısal bütünlük izleme

Kablosuz algılayıcı ağlar ile binalar, köprüler, gemiler, uçaklar gibi sistemleri zararlı durumlardan arındırılmak için kullanılabilir. Yapısal bütünlük kontrolü örneğin deprem ve rüzgâr gibi bir durumun uyarılması ile hasar konumunu tespit edebilir veya merkezi uyarı sağlayabilir. Sistemin ana amacı bir deprem veya bir patlamanın ardından yapının sağlık kontrolü veya sürekli afet izleme ve alınan verileri değerlendirmek amaçlanmaktadır [83].

2.3.5. Bina ve çevresi izleme sistemleri

İnşa edilmiş bir binada çeşitli yerlerden kablolar geçirmek çirkin bir görüntü oluşturabilir. Bina içinde sorunların nedenini analiz için adli tıp analizi kısa vadede algılayıcılarla büyük ölçüde kullanılacaktır. Yine algılayıcılar hataların tespiti ve teşhisinde bina ekipmanlarının kritik parçalarına yerleştirilebilir. Binalarda daha fazla algılama noktalarından yararlanılarak otomasyon, aydınlatma, ısıtma, havalandırma ve klima ekipman ve gereçlerinin kontrolü yapılabilir. Yangın gibi tehlikeli durumlarda algılayıcılarla ilk müdahale gerçekleştirilmiş olacaktır [84].

Kintner-Meyer ve arkadaşları bir binada HVAC sistemini incelemek için 30 adet sıcaklık algılayıcı kullanmıştır. Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Topluluğu (The American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers - ASHRAE), binaların kablosuz denetimi için kablosuz algılayıcı ağlara destek vermiştir. Raimo, bir binada kontrolörleri bağlamak için ağ şebekesi oluşturmasını tartışmıştır. Lynch, bir binanın yapısal sağlığının izlenmesi gerektiğini ilk ortaya atan kişidir. Ve bunun için de 12-15 arasında algılayıcı ile binanın çelik aksamının kontrolünün gerçekleştirilmesi gerektiğini ortaya atmıştır. Buradaki en büyük maliyet olarak ortaya çıkmaktadır [85].

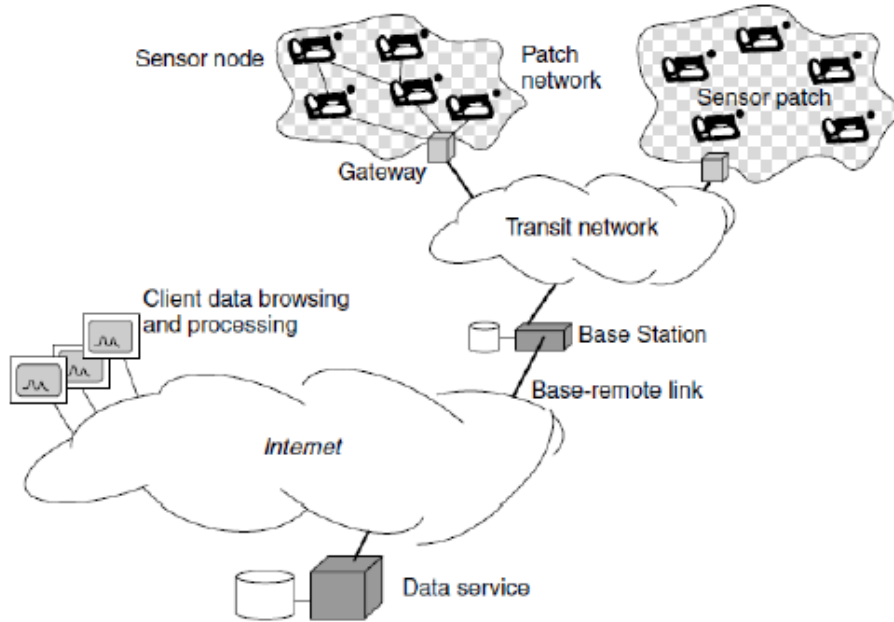
2.4. Habitat İzleme Uygulamaları

Habitat izleme, kablosuz çevre algılayıcı ağlarda çevre izlemenin temel uygulama alanlarından biridir. Bu tür uygulamalar genellikle algılama ve biyofiziksel veya biyokimyasal veri toplama gerektiren Kızılağaç, Fırtına Kuşu, Zebralar veya İstiridyeler gibi sistemlerde kullanılır. Çoğu senaryoda habitat çalışmaları minimum, maksimum ve

ortalama işlemleri kullanarak veri toplama gibi nispeten basit bir sinyal işleme gerektirir. Bu nedenle düğümler uygulamalar için ideal platformlar sunmaktadır [86].

Yaban Hayatı, nesli tükenmekte olan ve yeri doldurulamaz hayvanlar için çok önemlidir. Türlerin hayatta kalması için onlara yardımcı olmak gerekmektedir [87].

Kablosuz algılayıcı ağlarında çok ilginç bir çalışma alanı olması nedeniyle bilgisayar bilimciler yararlı veriler üreten bir sistem oluşturmak için biyologlarla yakın işbirliği içinde çalışmak zorundadırlar [88].



Şekil 2.8. Habitat İzleme

2.5. Tarım Uygulamaları

Günümüzde sulama, gübreleme ve böcek ilaçları yönetimi çoğu çiftçi ve ziraat mühendisinin takdirine bırakılmıştır. Genel olarak kullanılması gerekenden daha fazla kimyasal madde ve su kullanılmaktadır. Burada doğrudan bir geri bildirim yoktur.

Tarım tesisleri yerel iklim koşulları ve insan kararları arasında gerçek zamanlı bir geri bildirim elde etmek için detaylı izlemeye tabi tutulmalıdır [89].

Bu noktada teknolojilerin üç yönü vardır; Uzaktan Algılama (Remote Sensing - RS), Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System - GPS) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographical Information System - GIS). Örnekleme, toprak problemleri sayesinde uydudan uzaktan optik tarayıcılar gibi elektronik algılayıcılar vasıtasıyla olmaktadır. Elektronik veri tabanlarının bu tür veri toplama sistemi Coğrafi Bilgi Sistemi'ni doğurmaktadır. Veriler üzerinde ise istatistiksel analizler yapılmaktadır. Daha sonra ise grafik haritalar elde edilmektedir [90].

2.5.1. Hassas tarım uygulamaları

Hassas tarım, çiftlik yönetimi, kaynakların tutumlu kullanımı yoluyla daha verimli şekilde üretmek için çiftçilere sağlanan bir yöntemdir. Bu mikro izleme toprak, bitki ve iklim arasında bir karar destek sistemi gibi çalışır [91].

Hassas tarım uygulamalarında algılayıcı düğümleri kullanılmaktadır. Hassas tarım bir alanda toprağın bitki ve iklim gibi farklı yönlerini izlemeyi kapsamaktadır. Büyük ölçekli tarım alanlarında büyük miktarda böyle uygulamalar kullanılmaktadır [92].

Teknolojik gelişme ile hassas tarım sistemleri kolaylaşmış ve otomatikleşmiştir. Bunlardan bazıları [93].

- Verim İzleme: Kütle akış algılayıcılar ve GPS alıcısı ile zaman ve mesafeye dayalı anlık verim izlemek için kullanılır.
- Verim Haritalama: Uzamsal koordinatlarla GPS alıcıları ile verim görüntülemek için kullanılır.
- Değişken Gübre: Sıvı ve gaz gübre yönetimi
- Yabancı Ot Haritalama: Ekim, püskürtme zamanlarında yabancı otların haritalanmasını sağlar.
- Topoğrafya ve Sınırlar: Saha bölümleri, planlama gibi işlemler için haritalama işlemi yapar.

- Tuzluluk Haritalama: Zaman içinde tuzluluk değişimlerini izlemektedir.

Algılayıcılar toprak çok kuru ise; alan boyunca dağıtılan algılayıcılar birbirleriyle iletişim sonucunda gönderilen verileri analiz ederek çevre koşullarına göre yağmurlama sistemini aktif hale getirebilir.

Biyolojik karmaşıklığı haritalamak için de algılayıcı düğümleri kullanılabilir. Algılayıcılar baskın bitki türlerinin mekânsal karmaşıklığını gözlemlemek için kullanılabilir [94].

Algılayıcılar üreme mevsimi başlangıcından önce konuşlandırılmakta olup bitkiler uykuda veya zemin boşken saha çalışmaları sık sık tekrarlanarak güvenilirlik artırılmaktadır. Bu da geleneksel yöntemlere göre daha az masraflıdır [95] .

2.5.1.1. Sera izleme

Kablosuz algılayıcı ağlar aynı zamanda ticari seraların sıcaklık ve nem düzeylerini kontrol etmek için kullanılabilir. Sıcaklık ve nem seviyeleri özel seviyeye düştüğünde sera yöneticisi, e-posta ya da cep telefonuna mesaj yoluyla haberdar olmaktadır. Ya da anabilgisayar, fanları açmak veya açık sistemleri kapatmak gibi görevlere sahip olmaktadır.

2.6. Endüstri Uygulamaları

Kablosuz teknoloji endüstriyel otomasyon dâhil olmak üzere pek çok endüstriyel uygulama alanında başarıyla kullanılmaya başlanmıştır. Bu aynı zamanda kablosuz algılayıcı ağ teknolojilerini içermektedir. Örneğin Siemens Endüstriyel Otomasyon Bölümü'nde otomasyon ortamlarında kullanmak için kablosuz teknolojileri değerlendirmektedir [96].

Willig'e göre IEEE 802.15.4 standardı zaten tanınmış bir endüstri standardı haline gelmiştir. IEEE 802.15.4 standardının üstüne inşa edilmiş açık bir belirtimi olan Düşük Hızlı Kablosuz Kişisel Alan Ağları (Low-Rate Wireless Personal Area Networks - LR-WPANs) ağ kurulması ve bakımı üzerinde durulmaktadır. Bu standardın temel tasarım

amaçlarından biri enerji tasarrufudur. WirelessHART daha karmaşık ağ protokolleri tanımlamak için IEEE 802.15.4 standardının alt katmanında kullanılmaktadır.

Endüstriyel otomasyon, özellikle güvenilirlik ve gerçek zamanlı protokol yetenekli uygulamalar için ilgi çekicidir [97].

Endüstri uygulamalarına örnek bazı ticari uygulamalar [98,99],

- Malzeme yoğunluğunun izlenmesi
- Sanal Klavye yapımı
- Envanter yönetimi
- Ürün kalitesinin izlenmesi
- Akıllı ofis alanları inşa edilmesi
- Ofis binaları ve çevre kontrolü
- Otomatik üretim ortamlarında robot kontrol ve rehberlik
- Fabrika proses kontrol ve otomasyonu
- Afet bölgesinin izlenmesi
- İçinde gömülü algılayıcı düğümleri ile akıllı yapılar
- Makine tanıma
- Ulaşım
- Fabrika enstrümantasyonu
- Aktüatörlerin yerel kontrolü
- Araç izleme ve algılama
- Yarıiletken işleme odaları, makine, rüzgâr tünelleri ve yankısız odalar, dönen enstrümantasyon.

2.6.1. Otomotiv uygulamaları

Modern bir otomotivde yaklaşık olarak sistemleri birbirine bağlamak için 8 km kablo kullanılmaktadır. Kablolama için gerekli ağırlığı ve hacmi azaltmak ve daha fazla özgürlük sağlamak için kablosuz algılayıcı ağırları kullanan algılayıcılar kullanmak gerekmektedir.

Yakın bir gelecekte lastiklerin içine monte edilen algılayıcılar kullanılması planlanmaktadır. Özellikle kamyonlarda aşırı şişirilmiş lastikler işletim maliyetlerini önemli ölçüde artırmaktadır.[100]

2.6.2. Endüstriyel otomasyon

Endüstriyel otomasyon uygulamaları kontrol, koruma, verimlilik ve güvenlik sağlamaktadır. Mevcut üretim ve proses kontrol sistemlerini güvenilir bir şekilde idame etmektedir. Kritik ekipmanların sürekli izlenmesi ve varlık yönetimini geliştirmektedir. Optimize edilmiş üretim süreçleri ile enerji maliyetlerini azaltmaktadır. Verimsiz çalışmayı veya kötü performans sağlayan ekipmanları tespit etmektedir. Kullanıcı müdahalesini azaltmaktadır. Önleyici bakım için ayrıntılı veri oluşturmaktadır. Uygun raporlama ile sisteme yardımcı olmaktadır [101]. Kablolu uygulamalar özellikle hareketli parçalı uygulamalar için kısıtlayıcı olmaktadır.

2.6.2.1. Makine uygulamaları

Maliyet tasarrufları nedeniyle kablosuz algılayıcı ağırlar Makine Durum Tabanlı Bakım (Machinery Condition - Based Maintenance - CBM) için geliştirilmektedir. Özellikle makine başına 10-1000 \$ kablo maliyeti olan kablolu sistemler yerine sadece kurulum maliyeti olan algılayıcılar kullanılabilir. Ayrıca algılayıcı sistemlerle özellikle ulaşılabilir yerlere, makine dönen kısmı gibi tehlikeli veya kısıtlı alanlara uyarlamak kolaydır [103].

Genellikle şirketler kalibre, ölçme ve ekipman sağlamak için manuel teknikleri kullanmaktadır. Bu emek yoğun bir yöntem ve bakım maliyetler artmakta, aynı zamanda insan hataları da artan bir sistem haline gelmektedir. Özellikle ABD Deniz Kuvvetleri

gemi sistemlerinde personeli azaltarak otomatik bakım izleme sistemleri kurmayı zorunlu hale getirmektedir [104].

2.6.3. Boru hattı izleme

Kablosuz algılayıcı ağları için diğer bir uygulama da doğal gaz, su ve petrol boru hattı izlenmesidir. Özellikle boru hatlarında kullanılan algılayıcı ağlar doğrusal tipte olanlardır. Bu da bütün algılayıcıların bir çizgi halinde dağıtılmış yapıda olması demektir. Bu özellik boru hattı sistemlerinin iletişim kalitesini ve güvenilirliğini artırmaktadır [105]. Boru hatlarında malzeme kusurları, kasti hasar, kaçaklar, deprem, heyelan ya da çarpışmalardan dolayı bir deformasyon oluşabilir. Bu sistemler için piyasada fiber optik, sıcaklık, termal ve akustik algılayıcılar mevcuttur [106].

2.6.4. Demiryolu / metro izleme

Doğrusal algılayıcı ağların uygulama alanlarından biri de demiryolu ve metro izleme, gözetim ve kontroldür. Demiryolu altyapılarının güvenliği pek çok ülke için endişe verici bir durumdur. 1999 yılında Lee ve arkadaşları demiryolu köprülerinin üstyapı yorgunluk kritik bileşenlerini fiber optik algılayıcılarla araştırmıştır. Algılayıcı tarama işlemi özellikle tehlikeli çatlakların tespiti ve by-pass durumu araştırılmıştır. Fiber Fabry-Perot Gerilme Ölçer (FFPI), paslanmaz çelik şeritlere yapıştırılmaktadır. Ayrıca fiber optik algılayıcılarla elektrik resistif gerilmeyi ölçmek amacıyla köprü üzerine monte edilmiştir. Fiber optik algılayıcılarla çatlaklar da tespit edilmektedir. Dağıtım ve bakım maliyetlerini en aza indirmek için yüksek düzeyde iletişim hiyerarşisi kullanılmaktadır.

Yoğunluk ve hiyerarşi içinde çeşitli düğümler arasındaki mesafe, data oranları, uygun yapısal ve iletişim noktaları da dâhil olmak üzere sistem için optimum parametreleri belirlemek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir [107].

2.7. Yapı Uygulamaları

Teknoloji ilerledikçe akıllı algılayıcı düğümleri ve aktüatörler süpürge, mikro dalga fırın, buzdolabı ve DVD oynatıcılar gibi elektrikli aletler ve su izleme sistemleri gömülü olabilir.

Yerleşik cihazların içinde bu algılayıcı düğümleri birbirleriyle ve dış ağ ile İnternet veya uydu üzerinden etkileşimde bulunabilir. Sistemler son kullanıcılara uzaktan kontrol için izin vermektedir. Kablosuz algılayıcı ağlar ev sistemlerinin kontrolü için ara bağlantı sağlamaktadır [108].

Binalarda ısı kaçağı gibi durumlar kızılötesi görüntüleyicilerle algılanabilir. Nispeten basit algılayıcılar kullanılarak yapı içinde aşırı derecede yüksek veya düşük sıcaklıkların varlığı tespit edilebilir. Bu sistemler ısıtma veya soğutma sistemlerinin daha iyi ve daha verimli kontrolünü sağlayabilir [109].

2.7.1. Bina otomasyon ve kontrol sistemleri

Kablolu sistem tasarımında sistemin toplam maliyetinin %50-90'ını kablolama maliyetleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla kablosuz algılayıcı ağ kullanımı maliyetleri de aşağıya çekecek bir yapıdadır [110].

Kablosuz algılayıcı ağlarla dimmer balastlar, kontrol edilebilir ışık anahtarları, özelleştirilebilir ışık düzenleri, aydınlık günlerde enerji tasarrufu gibi aydınlatma kontrolü yapılabilir. Özellikle hotel gibi ticari yerlerde enerji yönetimi yapılabilmektedir.

Algılama uygulamaları entegre aydınlatma, ısıtma, soğutma ve güvenlik yönetimini merkezileştirir. Sistemin korunması, esnekliği ve güvenliğini artırmaktadır. HVAC yönetiminin enerji harcamalarını azaltır. Adil kullanım maliyetlerine katkıda bulunur.

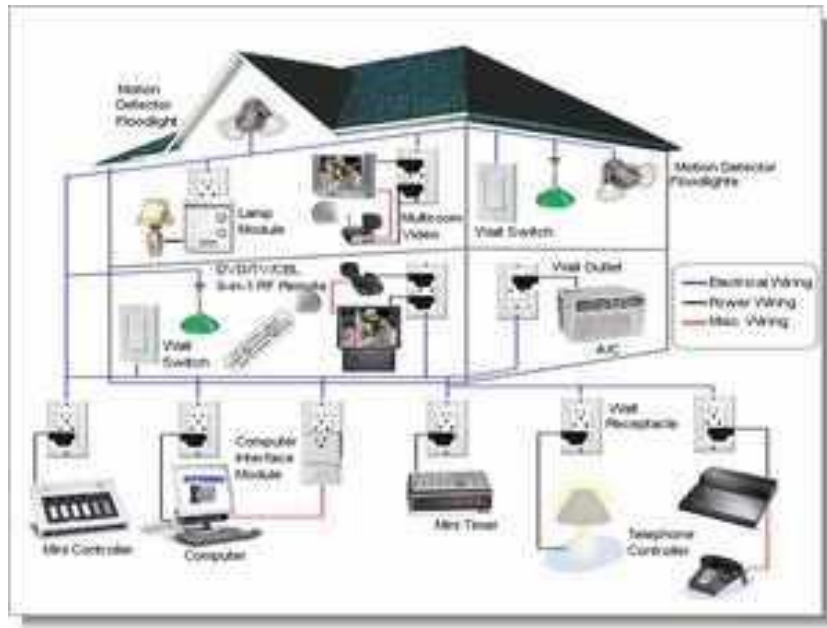
Son dönem çalışmalarında iki odak noktası vardır; hava akımı ölçüm teknolojisi ve iç mekân sıcaklığını kontrol etmek. Özellikle ticari binalarda bu çok önemlidir. Sıcaklığın tek bir yerden kontrol edilmesi özellikle ticari binalarda Yerden Hava Dağıtımı (Underfloor Air Distribution - UFAD) sistemlerini doğurmuştur.

Aydınlatma ticari binaların elektrik tüketiminin yaklaşık olarak %50'sini oluşturmaktadır. Amerika'da bu sistemlerin kullanılması ile 55 milyar dolar tasarruf sağlanacağı tahmin edilmektedir [111].

2.7.1.1.Ev otomasyonu

Teknoloji ilerledikçe elektrikli süpürgeler, mikro dalga fırınlar, buzdolapları ve VCR gibi ev aletleri akıllı algılayıcılar ve aktüatörlerle gömülü olabilir. Bu cihazlarla algılayıcılarla internet veya uydu üzerinden etkileşimde bulunabilirsiniz. Bu da sistemin uzaktan kontrolüne izin vermektedir [112].

Ev ana kontrol uygulamaları, kontrol, koruma ve güvenlik gibi alanlarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Evde herhangi bir yerden aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin esnek yönetimini sağlar. Birden fazla sistemin otomatik olarak kontrolünü sağlamaktadır. Son derece ayrıntılı elektrik, su ve gaz şebekelerinin kullanım verilerini yakalar. Doğal kaynakların tüketimini optimize etmeye yardımcı olmaktadır. Olağandışı olayların tespit edilmesinde otomatik bildirim sağlamaktadır [113].



Şekil 2.9. Akıllı ev sistemi

2.7.2. Akıllı ortam

Akıllı çevre tasarımı iki farklı bakış açısı ile olabilir; insan merkezli veya teknoloji merkezli olabilir. İnsan merkezli sistemler bir giriş/çıkış yetenekleri açısından son kullanıcı

ihtiyaçlarına uyum sağlamak için vardır. Teknoloji merkezli sistemler ise yeni donanım teknolojileri, ağ çözümleri ve ara katman hizmetlerinin geliştirilmesidir [114].

Mobilya ve ev aletleri içine gömülü algılayıcı düğümleri olabilir ve onlar birbirleriyle ve oda sunucusu ile iletişim kurabilir. Oda sunucusu aynı zamanda baskı tarama ve faks gibi hizmetlerle ve diğer oda sunucuları ile iletişim kurabilir. Akıllı evre için bir örnek ise Georgia Teknoloji Enstitüsü’nün geliştirmekte olduğu Konut Laboratuvarıdır [115].

2.7.3.Akıllı ulaşım

Trafik izleme için kullanılan algılayıcılar yol yatakları ya da trafik akışını ölçmek için kullanılmaktadır. Kameralar ışık ihlallerini kontrol etmekte, araçlardaki algılayıcılar hız ve diğer koşulları izlemektedirler [116].

Bu sistemler gerçek zamanlı bilgi paylaşımlı hale getirildiğinde bize akıllı yollar sunmakta, sıklıkla azaltmakta ya da bilmediğimiz bir şehirde en yakın otoparkı bulmamıza yardımcı olmak için dinamik bir altyapı oluşturabilmektedir. Kablosuz algılayıcılarla donatılmış otomobil ve kamyonlar önündeki araçlarla çarpışmayı engelleyebilir. Trafiki optimize etmek için kullanılabilir. Gerçek zamanlı bilgiler ile araçlar servise bilgi gönderebilir [117].

2.8. Lojistik ve Taşıma Uygulamaları

Yakın gelecekte algılayıcı ağlar, tedarik zinciri yönetimi içinde büyük etkiler yapabilir. Kasalara ekli kablosuz algılayıcı ağ düğümleri, rulo konteynerler, paletler ve nakliye konteynerleri aktif taşıma sürecini izlemek üzere programlanmış olabilir.

Bu tür uygulamalarda RFID ile yapılan pasif uygulamalar çok göze çarpmaktadır. RFID kartlar gelişmiş uygulamaları destekleyemez. İşte tam da burada kablosuz algılayıcı ağlarının aktif olarak sisteme katılımları gündeme gelmektedir [118].

Bu sistem, taze gıdalar için sıcaklık gibi uygun taşıma koşullarını doğrular ve aktif olarak önemli bir gelir kaybına neden olan gecikmeleri ve mal kaybı veya hırsızlığı önemli ölçüde

azaltmak için her türlü taşıma ögesini izleyen bir lojistik uygulama senaryosunu içerebilir [119].

Bu cihazların programlanması kablosuz algılayıcı ağ sistemi yazılımı tarafından sunulanın ötesinde esneklik ve güvenlik düzeyi gerektirmektedir.

Lojistik, yeni mikro ve nano teknolojiler için sıcak bir araştırma alanıdır. Kablosuz algılayıcı ağ kullanarak ürün son kullanıcıya teslim edinceye kadar üretimden kuruluma kadar takip edilebilir [120].

2.8.1. Hedef izleme

Bir tren istasyonunda bagaj arabalarının izlenmesi sistemidir. Arabalar sabit alanda bulunmaktadır. Uygulamanın amacı arabaların nerede olduğudur; kullanımda mı?, boşta mı?, ya da dışarıda mı?. Bunu yapmak için bir aktif RFID etiket ve algılayıcı düğümü gereklidir. Algılayıcılar periyodik olarak gelen konum bilgilerini merkeze iletmektedir [121].

2.8.2. Depo izleme

Büyük bir şirket yakınında depo bulunmaktadır. Ürün müşterilere teslim edilmeden önce depolanması gerekmektedir. Depo 100.000 adet ürün almaktadır. Deponun bu büyük kapasitesi nedeniyle depo yöneticisi sürekli sorun yaşamaktadır. ID etiketler sayesinde depo yöneticisine üretim tarihi, saklama tarihi, ürün adı gibi bilgiler verilebilir. Sistem tam bir doğrulukta kullanılmakta ve departman kolayca sınıflandırılmaktadır. Her müşterinin durumu kontrol altında tutulmaktadır.

2.8.3 Akıllı depolama

Özellikle bozulabilir gıda depolanması zor bir süreçtir. Sistemde depolama süresi, bozulabilir ürünler, depolama ürünleri arasında uyumsuzluk, bina hırsızlık durumları gibi olguların yönetilmesi gerekmektedir. Kablosuz algılayıcı ağ tabanlı RFID etiketler sistemi kolay yönetmeye yardımcı olur. Depo sorumlusu ürün geldiğinde ambalajda (yol, ulaşım

ve ara depolama süresi, soğuk zincir olayları) kapalı ürünler hakkında bilgi sahibi olur. Öncelikle ürünler için uygun depolama yeri belirlenmelidir. Bozulacak ürünlerle ilgili gerçek zamanlı bilgi alınır. Depo sorumlusu gerçek zamanlı olarak depoyu proaktif olarak [122].

2.9. Web Uygulamaları

Ortaya çıkan olayları ve bu olaylar ile ilgili uyarı mesajlarının bir uyarı bildirimi veya tespiti gereklidir. Web hizmetleri teknolojileri farklı hizmetler arasında bir platform, işletim sistemi ve dil bağımsız birlikte çalışabilirliği sağlamak ve internet üzerinden heterojen uygulamalara uyum sağlanabilmektedir [123].

Web olay bildirim sistemleri dağıtık sistemlerle farklı kişiler arasında asenkron iletişim sağlar. Bu sistemler olay bildirimleri sunmak için web servis teknolojisi kullanılmaktadırlar. İki farklı özellik ön plana çıkmıştır;

- Web Olay Hizmetleri Bildirimi (WS- Olay)
- Web Hizmetler Bildirimi (WS- Bildirim)

2.10. Denizcilik Uygulamaları

2.10.1. DAD

Kablosuz algılayıcı ağların kullanıldığı bir başka alan ise Denizcilik uygulamalarıdır. Denizcilik uygulamalarının en önemlisi ise bir Acil Durum Tespit ve Kurtarma Sistemidir. Denizcilik sektöründe karşılaşılan sorunların başında yangın gelmektedir ve ikincil sırada ise Denize Adam Düşmesi gelmektedir. Bu sorun ise gerçek zamanlı algılama ve konum tespiti ile çözülebilmektedir. Geleneksel kurtarma sistemleri günlük 8 saat çalışmakta ve aşırı derecede maliyetli olmaktadır. Kablosuz algılayıcı sistemleri ise nerede ise bir yıl bakımsız çalışabilmektedir [124].

Sistem genel olarak bir gemi içerisindeki mürettebatın hareketlerini, bulundukları konumları izleyen ve acil durum oluşumunda alarm donanımlarını (siren ve yüksek güçlü ışık kaynağı) çalıştıran bir mimari yapıdan oluşmaktadır.

Sistemde denize kişi düştüğü anda sistem devreye gireceğinden kişinin suda kalma süresi minimuma indirilmiş ve hayatta kalma ihtimali yükseltilmiştir [125].

2.11. Su Altı Uygulamaları

Yerkürenin dörtte üçünü kaplayan denizler ve okyanuslar, henüz keşfedilmemiş yönleri ile insanların her zaman ilgisini ve hayranlığını uyandırmıştır. Son dönemde gerek bilimsel ve askeri, gerekse ticari açıdan denizleri ve okyanusları gözlemlene konu artan bir ilgi görmektedir. Bu tip gözlemler için en uygun araç dağıtık sualtı kablosuz algılayıcı sistemleridir ve bu sistemler Sualtı Kablosuz Algılayıcı Ağları olarak bilinmektedirler [126].

Deniz/Okyanus dibine yerleştirilen algılayıcılar, sismik hareketleri gözlemlene, deniz suyu kirliliğini ölçme, sualtı madenlerini araştırma, sualtı ve su üstündeki cihaz ve araçları izleme gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamaları olanaklı kılmak için cihazların sualtında haberleşmeleri gerekmektedir.

Dağıtık ve ölçeklenebilir kablosuz algılayıcı ağlarının sualtına iki ya da üç boyutlu bir şekilde kurulması ile her bir algılayıcıların yerel olarak çevresel olayları gözlemlene hale gelmektedir. Bu durumlarda algılayıcılar genellikle bir platform üzerine sabitlenerek sualtına yerleştirilmektedir. Fakat okyanus ortamı değişken ve hareketli bir ortamdır. Dolayısıyla hareketli ve dinamik bir gözlem sisteminin kullanımı daha uygun olacaktır. Hareketli algılayıcılardan oluşmuş kendi kendine organize olabilen bir sualtı ağı, algılama, gözlemlene, izleme, zamanlama, sualtı kontrolü ve hataya dayanıklılık gibi uygulamalar için daha iyi bir destek sağlamaktadır.

Sualtı algılayıcı ağları yeni yeni ilgi gören tekniklerden biridir ve bu ağlar karasal algılayıcı ağlardan belirgin şekilde ayrılmaktadır. Karasal algılayıcı ağları araştırmacılar tarafından oldukça fazla ilgi görmüş bir konudur. Karasal algılayıcı ağları için geliştirilmiş

birçok ağ protokolü olmasına karşın, bu protokollerin, üzerlerinde hiçbir değişiklik yapmadan sualtı ağlarında kullanılması çok yüksek olasılıkla olumsuz sonuç verecektir. Bunun sebebi ise sualtı algılayıcı ağlarını karasal algılayıcı ağlardan ayıran kendine has özelliklerinin olmasıdır. Bu farklılıkları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür [127;]

- Sualtında kullanılan algılayıcıların maliyeti daha yüksektir.
- Sualtında algılayıcılardan uygulama alanına karasal algılayıcılara göre daha seyrek olarak yerleştirilirler.
- Algılayıcılar arasındaki uzak mesafelerden ötürü sualtı ağlarında uzamsal ilişişim zayıftır.
- Hem algılayıcılar arasındaki mesafelerin uzak olması hem de alıcılardaki karmaşık sinyal işleme sebebiyle sualtında daha fazla güç tüketimi gerekmektedir.
- RF sinyallerinin sualtında yetersiz yayılması sebebiyle, akustik iletişime ihtiyaç vardır.

Akustik iletişim, sualtı ağları için tipik bir fiziksel katman teknolojisidir. Aslında radyo dalgaları su altında çok düşük frekansta uzun mesafe kat edebilirler. Ancak bu işlem, yüksek iletim gücü ve çok büyük antenler gerektirir. Dolayısıyla sualtındaki bağlantılar akustik iletişime dayanmaktadır [128].

2.11.1. Su altı izleme

Mercan kayalıkları ve balıkçılığın uzun vadeli izlenmesi için kullanılacak su altı algılayıcı ağlar için platform geliştirilmiştir. Algılayıcı ağ sabit ve mobil sualtı algılayıcı düğümlerinden oluşmaktadır. Düğümler noktadan noktaya yüksek hızlı optik haberleşme linkleri aracılığıyla iletişim kurmaktadır. Düğümlerde sıcaklık, basınç algılama cihazları ve kameralar da dâhil pek çok algılama cihazları vardır [128].

BÖLÜM 3

3.KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARINDA GÜVENLİK

Düşük maliyetli algılayıcı mimarilerindeki ve kablosuz iletişimdeki gelişmeler Kablosuz Algılayıcı Ağlarını yeni ve popüler araştırma alanı yapmıştır. Bu ağlar çok sayıda sınırlı kapasiteli, kısa mesafeli vericiye sahip, düşük güçlü ve düşük maliyetli algılayıcının kolayca erişilemeyen ve çoğu zaman güvenilir olmayan bir ortama rastgele bırakılmasıyla oluşur. Her bir algılayıcı düğümü çevresindeki sıcaklık, nem, basınç gibi nicelikleri ölçebilme, basit hesaplama işlemleri yapabilme ve diğer algılayıcı düğümleri veya merkezi baz istasyonu ile haberleşme yapabilme özelliklerine sahiptir. Kablosuz algılayıcı ağlarda planlanmış bir ağ omurgası yoktur ve algılayıcılar tarafından ortak gayret sarf ederek toplanan veriler merkezi bir baz istasyonuna diğer algılayıcılar üzerinden gönderilir.

Algılayıcıların düşük işlemci ve radyo kapasiteleri geleneksel güvenlik protokollerinin Kablosuz algılayıcı ağlarda uygulanmasına olanak tanımaz. Dahası, algılayıcıların fiziksel güvenlikleri sağlanamadığından, algılayıcılar her an kötü niyetli kişilerce ele geçirilip, yeniden programlanabilir. Bu tip algılayıcılar “ele geçirilmiş algılayıcılar” (compromised nodes) olarak tanımlanır ve ağdaki diğer algılayıcılar genelde ele geçirilmiş algılayıcıları fark edemez [129].

3.1. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN KARAKTERİSTİKLERİ

Kaynak açısından kısıtlı algılayıcılar ve Kablosuz algılayıcı ağların boyutları, güvenlik çözümleri üreten araştırmacıların önüne yeni zorluklar çıkarmaktadır. Bu bölümde geleneksel güvenlik protokollerini Kablosuz algılayıcı ağlar da kullanmayı engelleyen ve sadece Kablosuz algılayıcı ağlara ait karakteristikler özetlenmiştir. Bu bölümde açıklanan karakteristiklerin protokol tasarımı ve geliştirilmesi sırasında dikkate alınması protokolün kullanılabilirliğini artırmaktadır [130].

3.1.1. Büyük ölçek

Kablosuz algılayıcı ağların genel uygulamaları (örneğin askeri gözetleme uygulamaları) coğrafi açıdan geniş bir alanın kapsanmasını gerektirir. Ayrıca düğümlerin yüksek ölüm

oranları, kısıtlı radyo kapasiteleri, güvenilirliği düşük ucuz algılayıcılar sebebiyle Kablosuz algılayıcı ağlar genelde çok büyük ölçekte olabilir ve bir Kablosuz algılayıcı ağlardaki düğüm sayısı on binleri aşabilir.

3.1.2. Kısıtlı kaynak

Kablosuz algılayıcı ağların düşük kurulum ve işletim maliyetli olma zorunluluğu algılayıcı düğümlerinin donanım açısından sade olmasını gerektirir. Bu nedenle Kablosuz algılayıcı ağlar da işlem ve iletişim kaynakları kısıtlıdır. Ayrıca algılayıcı bataryalarının değiştirilmesi çok zor hatta çoğu zaman imkânsız olduğundan ve Kablosuz algılayıcı ağların yaşam süresi bu bataryaların kullanım sürelerine bağlıdır. İşlemci kapasitesinin düşüklüğü, hafıza ve radyo iletiminin kısıtlı olması, ağ ömrünün batarya ömrü ile sınırlı olması Kablosuz algılayıcı ağlar için tasarlanan her protokolü etkilemektedir.

3.1.3. Artıklılık

Kablosuz algılayıcı ağları oluşturan algılayıcı düğümlerinin yaşam sürelerinin önceden kestirilememesi ve algılayıcıların kısa radyo iletişim aralıkları, Kablosuz algılayıcı ağlar da düğüm artıklılığını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle Kablosuz algılayıcı ağlar kurulurken algılayıcı düğümleri yüksek dereceli bir artıklılıkla kullanılırlar. Bu yüksek dereceli düğüm artıklılığı sayesinde tek bir düğümün vaktinden önce kullanılmaz duruma gelmesi, sistemin kapasitesini çok fazla etkileyemez. Ancak düğüm artıklılığı nedeniyle her olay birden fazla algılayıcı düğümü tarafından algılanır ve dolayısı ile ağ da taşınması gereken veri miktarı artar. Başka bir deyişle artıklık baz istasyonuna gönderilen verilerin miktarını artırmakta ve ağın yaşam süresini azaltmaktadır. Veri artıklılığından kurtulmak için veri kümeleme protokolleri kullanılmaktadır [131].

3.1.4. Güvenlik

Askeri sistemler ve tıbbi takip sistemleri gibi Kablosuz algılayıcı ağlar uygulamaları güvenlik açısından çok hassastırlar. Algılayıcı düğümlerinin kısıtlı kaynaklarından dolayı geleneksel güvenlik mekanizmaları Kablosuz algılayıcı ağlar da kullanılamaz. Buna ek olarak Kablosuz algılayıcı ağlar da geleneksel ağlarda görülmeyen algılayıcıların fiziksel

güvenliklerinin olmaması sorunu vardır. Algılayıcıların fiziksel güvenlikleri sağlanamadığından, ağdaki algılayıcı düğümleri her an kötü niyetli kişilerce ele geçirilip, kötü amaçlar için kullanılabilirler. Bu nedenlerden dolayı Kablosuz algılayıcı ağların güvenlik mekanizmaları algılayıcı düğümlerinin kaynak kısıtları ve kötücül algılayıcılar göz önüne tutularak tasarlanmalıdır.

3.1.5. Veri Merkezli işleme

Veri merkezli işleme Kablosuz algılayıcı ağların en önemli özelliklerindendir. Algılayıcı düğümlerin ID'leri uygulamalar için çoğu zaman önemli değildir. Bu nedenle Kablosuz algılayıcı ağlar uygulamalarında adlandırma düzeni çoğunlukla veriye yöneliktir (data oriented). Örneğin bir çevre gözetim sisteminde sıcaklık ölçümü yapmak için “X,Y ve Z düğümlerinden sıcaklık ölçüm değerlerini topla” şeklinde değil, “(X1,Y1,X2,Y2) koordinatları ile sınırlanmış bölgeden sıcaklık ölçüm değerlerini topla” şeklinde olur. O bölgedeki algılayıcı düğümlerinin ID'lerinin uygulama için bir önemi yoktur.

3.1.6. Tahmin Edilememelik

Algılayıcıların donanımlarının fiyatının çok düşük olması, hava durumu ve zor çevre koşulları gibi nedenlerle algılayıcı düğümlerinde ölçüm hataları çok yaygındır. Çok sayıda dağıtılmış düğüm tarafından paylaşılan kablosuz iletişim ortamı istenmeyen tıkanıklık ve engellemelere neden olmaktadır. Yüksek bit hata oranı, düşük bant genişliği ve çok sayıda algılayıcı düğümünün aynı iletim ortamını kullanması nedeniyle, Kablosuz algılayıcı ağlarda iletişim yüksek tahmin edilememelik gösterir. Bu tahmin edilememelik, genelde sistem parametrelerinin çevrimdışı (off-line) tasarımını engellemektedir. Bu nedenle Kablosuz algılayıcı ağ tasarımında çevrim-içi (on-line) gözetim ve geri beslemeli kontrol, yüksek servis kalitesini (quality-ofservice) sağlamak için gereklidir.

3.1.7. Gerçek Zamanlı Kısıtları

Kablosuz algılayıcı ağlar gerçek dünya işlemlerinde kullanıldıklarından çoğu zaman gerçek zaman kısıtlamalarına uymaları gerekmektedir. Gözetim sistemlerinde, örneğin

iletişimdeki gecikme doğrudan doğruya uygulamanın hedef bulma niteliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

Kablosuz iletişimin tabiatından ve trafik yoğunluğunun önceden tahmin edilememesinden dolayı, Kablosuz algılayıcı ağların katıgerçek- zamanlı (hard-real-time) kısıtlamaları garanti etmesi beklenemez ancak olasılık temelli araştırmalar zaman kısıtlamalarının belli seviyelerde garanti edilmesini sağlayabilmektedir.

3.2 KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA GÜVENLİK GEREKSİNİMLERİ

Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi güvenlik Kablosuz algılayıcı ağların en önemli sorunlarından biri sayılmaktadır. Bu bölümde Kablosuz algılayıcı ağlarda ne tür güvenlik gereksinimlerine ihtiyaç olduğunu açıklanmaktadır.

3.2.1. Veri Gizliliği

Veri gizliliği Kablosuz algılayıcı ağlarda, toplanan veriye yetkisiz kişilerin erişiminin engellenmesini garantiye almaktadır ve hassas Kablosuz algılayıcı ağ uygulamalarında en önemli gereksinimden biridir. Bir algılayıcı düğüm çevreden okuduğu verileri komsularına sızdırmamasının sağlaması gerekir [132]. Özellikle askeri uygulamalarda düğümlerde depolanan veriler çok hassas olabilir. Ayrıca birçok uygulamalarda düğümler çok hassas verileri, (örneğin, anahtar dağılımı) kablosuz iletim ortamı üzerinden diğer algılayıcı düğümlerine aktarmak zorundadırlar. Bunlara ilaveten yönlendirme verileri de kötücül düğümlere karşı, gizli tutulmalıdır. Çünkü kötücül düğümler bu verilerden yararlanarak ağın performansını düşürebilirler. Bu nedenlerle Kablosuz algılayıcı ağlar da veri aktarımı için güvenli bir iletişim kanalı oluşturulması çok önemlidir. Hassas verileri gizli tutmak için standart yaklaşım, verinin bir gizli anahtar ile şifrelenmesidir. Düşük enerji tüketimlerinden dolayı Kablosuz algılayıcı ağlarda gizli anahtar altyapısına dayalı şifreleme algoritmaları kullanılmaktadır.

3.2.2 Veri Bütünlüğü

Veri gizliliği kötücül düğümlerin veriyi ele geçirememesini garanti edebilir ama verinin yetkisiz kişilerce değiştirilmesini engelleyemez. Veri bütünlüğü iletişimde mesajın değiştirilmemesini garanti etmektedir. Bir kötücül düğüm mesajları bozarak ağın düzgün çalışmamasına neden olabilir. Dahası, doğrudan doğruya bir kötücül düğüm olmadan da mesajlar aktarım esnasında da bozulabilir. Bu nedenle veri bütünlüğü için mesaj kimlik kanıtlama doğrulama kodları (message authentication codes) ya da dairesel kodları (cyclic codes) kullanmak zorunludur.

3.2.3. Kaynak Doğrulama

Kablosuz algılayıcı ağlar ortak kablosuz ortamı kullandığından, kötücül düğümlerden gelen mesajları veya yanıltma paketlerini bulmak için, kaynak doğrulama mekanizmalarına ihtiyaç vardır. Kaynak doğrulama metotları bir düğümün iletişim halinde olduğu düğümün kimliğini doğrulayabilmesini sağlamaktadır. Bir kötücül düğüm, kaynak doğrulama olmadan bir başka düğümün rolünü yaparak hassas bilgileri elde edebilir ve başka düğümlerin işleyişlerine engel olabilir. Eğer sadece iki düğüm iletişimdeyse kaynak doğrulama gizli anahtar kriptografisi (symmetric key cryptography) ile yapılabilir. Alıcı ve verici bir ortak gizli anahtar (secret key) paylaşımı ile tüm gönderilen mesajların doğrulama kodunu hesaplayabilir. Ancak, yayımlama (broadcast) türü iletişimde kaynak doğrulama için daha kompleks çözümlere ihtiyaç vardır. Perrig et. al. μ TESLA [5] adlı güvenli yayımlama protokolünde gizli anahtarların açıklanmasını geciktirerek gizli anahtar kriptografisi ile yayımlama türü iletişimde kaynak doğrulamayı basarmıştır. μ TESLA her bir düğüme özel olarak gönderilmiş “özetlenmiş anahtar zincirlerine” (hashed key chains) bağlıdır. Ancak her bir düğüme anahtar zincirlerinin güvenli olarak gönderilmesi bir sorundur. μ TESLA’nın bu eksikliği [133] nolu çalışmalarda giderilmiştir.

3.2.4. Kullanılrlık

Kullanılrlık Kablosuz algılayıcı ağların servis devamlılığını servis reddi (denial-of-service -DoS) atakları sırasında da devam ettirebilmesidir. DoS atakları Kablosuz algılayıcı ağ’ın her protokol katmanında gerçekleştirilebilirler ve seçilen kurban düğümleri etkisiz hale

getirebilirler. DoS ataklarına ek olarak aşırı iletişim ya da aşırı hesaplama yükü düğümün bataryasını beklenenden daha çabuk bitirebilir. Kablosuz algılayıcı ağının kullanılabilirliğin sağlanamaması çok ciddi sonuçlara yol açabilir. Örneğin askeri bir izleme uygulamasında, eğer bir kaç tane düğüm doğru çalışmazsa, düşman birlikleri Kablosuz algılayıcı ağının çalışmayan bu bölümünden içeri sızabilirler. Kullanılabilirlik Kablosuz algılayıcı ağlarda genelde algılayıcı düğüm artıklığı ile sağlanmaktadır.

3.2.5. Lokalizasyon

Kablosuz algılayıcı ağlarda düğümünün yerlerinin doğru olarak tespit edilebilmesi çok kritik özelliktir. Çünkü Kablosuz algılayıcı ağların yararlı olması düğümünün yerlerinin doğru olarak tespit edilebilmesine bağlıdır. Örneğin bir yangın uyarı sisteminde yangın çıkan yerin koordinatlarının doğru belirlenmesi için algılayıcıların koordinatları önceden doğru olarak bilinmelidir. Ayrıca yer bilgileri birçok sistemin fonksiyonelliğinde (system functionalities) kullanılır. Örneğin yer bilgisi sorgulama, coğrafi yönlendirme algoritmaları ve ağ kapsam kontrolü [134] vb. Bu nedenle doğru algılayıcı düğümünün yer bilgilerinin doğru olarak tespiti bu Protokollerin performansında önemli bir rol oynar.

KAYNAKLAR

- [1] Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., “*Wireless Sensor Networks-A Survey*”, Elsevier Computer Networks, Vol. 38, 393-422, Mart 2002.
- [2] Alaybeyoğlu, A., Kantarcı, A., Erciyes, K., “*Telsiz Duyarga Ağlarında Hedef İzleme Senaryoları*”, Akademik Bilişim 2009 konferansı, Bildiri No: 69, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 11 - 13 Şubat 2009.
- [3] Ahmed, N., Salil Kanhere, S., Jha, S., “*The Holes Problem in Wireless Sensor Networks: A survey*”, ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (MC2R), Sayı 9, No 2, Nisan 2005, 4–18.
- [4] Li, M., Yang, B., “*A Survey on Topology Issues in Wireless Sensor Networks*”, ICWN, Las Vegas, Nevada, USA, Haziran 2006.
- [5] Pathan, A.S.K., Hyung-Woo L., Choong S. H., “*Security in wireless sensor networks: issues and challenges*”, The 8th International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT, Cilt 2, 20-22, 2006.
- [6] Tekin, U., “*Kablosuz Duyarga Ağlarında Etkili Yönlendirme Ve Enerji Problemleri*”, Seminer Raporu, 12.06.2006, GYTE Bil. Müh. Bölümü, Gebze, Türkiye, 2006.
- [7] S. Tilak, N. Abu-Ghazaleh, and W. Heinzelman, “*A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models*,” ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R), Volume 6, Number 2, April 2002.
- [8] Huang T. G., “*Casting the Wireless Sensor Net*”, Technical Review, <http://www.cens.ucla.edu/News/TechReview.pdf>, 2003.

- [9] Chung C.M., Ying-Hong W., Chih-Chieh C., “*Ad hoc on-demand backup node setup routing protocol*”, 15th International Conference on Information Networking, Proceedings, 2001, 933 – 937
- [10]. Jun-Zhao S., “*Mobile ad hoc networking: an essential technology for pervasive computing*”, International Conferences on Info-tech and Info-net, Proceedings, 3, 2001, 316 – 321
- [11]. Intanagonwiwat C., Govindan R., and D. Estrin, “*Directed diffusion for wireless sensor Networks*”, IEEE/ACM Trans. Networking, 11(1), 2003, 2–16
- [12] Heinzelman W., Chandrakasan A., and Balakrishnan H., “*Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor Networks*”, Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. Syst. Sci. (HICSS’00), January 2000.
- [13] Heinzelman W., Kulik J., and Balakrishnan H., “*Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor Networks*”, Proc. 5th ACM/IEEE Mobicom Conf. (MobiCom’99), 174-185, August 1999.
- [14] Kulik J., Heinzelman W., and Balakrishnan H., “*Negotiation-based protocols for disseminating information in wireless sensor Networks*”, Wireless Networks, 8, 2002, 169–185
- [15] Tillett J., Rao R., Sahin F., “*Cluster-head identification in ad hoc sensor networks using particle swarm optimization*”, Personal Wireless Communications, IEEE International Conference- 2002, 201 – 205
- [16] Heinzelman W. Chandrakasan A. And Balakrishnan H., “*An Application-Specific Architecture for Wireless Microsensor Networks*”, To appear: IEEE Transactions on Wireless Communications.

- [17] Ganesan D., Govindan R., Shenker S., and Estrin D., "Highly-resilient, energyefficient multipath routing in wireless sensor Networks", *ACM SIGMOBILE Mobile Computing Commun. Rev.*, 5(4), 2001, 10–24
- [18] Chang J. and Tassiulas L., "Maximum lifetime routing in wireless sensor Networks", Proc. Adv. Telecommun. Inf. Distribution Res. Program (ATIRP2000), College Park, MD, March 2000.
- [19] Dorigo, M., Member, IEEE, Maniezzo, V., and Coloni, A., "The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B*, Vol.26, No.1, 1996, 1-13
- [20] Okdem, S., and Karaboga, D., "Routing in Wireless Sensor Networks Using Ant Colony Optimization", Proc. 1st NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems, 2006, 401-404
- [21] T. Soylu. (2012), " *Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları ve bir Algılayıcı Düğüm Tasarımı* ", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012
- [22] J., Jamalipour, A., (2009), "*Wireless Sensor Networks A Networking Perspective*", New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISBN 0470167637 .
- [23] K. B., Song, E. Y., (2009), "*Sensor Alert Web Service for IEEE 1451-Based Sensor Networks*", Singapore: I2MTC 2009, International Instrumentation and Measurement Technology Conference.
- [24] D. J., (2005), "*Wireless Sensor Systems and Networks: Technologies, Applications, Implications and Impacts*", CSIS Press, Center for Strategic & International Studies, ISBN 0892064625.

- [25] S. H., Lee, S., Song, H., Lee, H. S., (2009), *"Wireless Sensor Network Design For Tactical Military Applications: Remote Large-Scale Environments"*. Military Communications Conference, 2009. MILCOM 2009. IEEE (978-1-4244-5238-5).
- [26] S. H., Lee, S., Song, H., Lee, H. S., (2009), *"Wireless Sensor Network Design For Tactical Military Applications: Remote Large-Scale Environments"*. Military Communications Conference, 2009. MILCOM 2009. IEEE (978-1-4244-5238-5).
- [27] M., Khan, P., Sup, K., (2009), *"WSN Research Activities for Military Application"*, 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.
- [28] K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.
- [29] K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.
- [30] K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.
- [31] J., Jamalipour, A., (2009), *"Wireless Sensor Networks A Networking Perspective"*, New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISBN 0470167637 .
- [32] J., Jamalipour, A., (2009), *"Wireless Sensor Networks A Networking Perspective"*, New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISBN 0470167637 .
- [33] J., Jamalipour, A., (2009), *"Wireless Sensor Networks A Networking Perspective"*, New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISBN 0470167637 .
- [34] I. F., Vuran, M. C. (2010) *"Wireless Sensor Networks"*, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 9780470036013.

[35] I. F., Vuran, M. C. (2010) *"Wireless Sensor Networks"*, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 9780470036013.

[36] T., Krishnamurthy, S., Stankovic, J. A., Abdelzaher, T., Luo, L., Stoleru, R., Zhou, G., (2006), VigilNet: An Integrated Sensor Network System for Energy-Efficient Surveillance.

[37] T., Krishnamurthy, S., Stankovic, J. A., Abdelzaher, T., Luo, L., Stoleru, R., Zhou, G., (2006), VigilNet: An Integrated Sensor Network System for Energy-Efficient Surveillance.

[38] T., Krishnamurthy, S., Stankovic, J. A., Abdelzaher, T., Luo, L., Stoleru, R., Zhou, G., (2006), VigilNet: An Integrated Sensor Network System for Energy-Efficient Surveillance.

[39] M., Khan, P., Sup, K., (2009), *"WSN Research Activities for Military Application"*, 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.

[40] M., Khan, P., Sup, K., (2009), *"WSN Research Activities for Military Application"*, 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.

[41] M., Khan, P., Sup, K., (2009), *"WSN Research Activities for Military Application"*, 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.

[42] M., Khan, P., Sup, K., (2009), *"WSN Research Activities for Military Application"*, 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.

[43] M., Khan, P., Sup, K., (2009), "*WSN Research Activities for Military Application*", 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.

[44] L., Tuysuz-Erman, A., Havinga, P., (2009), "*Combined Coverage Area Reporting And Geographical Routing in Wireless Sensor-Actuator Networks For Cooperating With Unmanned Aerial Vehicles*". Third ERCIM Workshop On eMobility, Enschede, The Netherlands.

[45] M., Khan, P., Sup, K., (2009), "*WSN Research Activities for Military Application*", 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.

[46] M., Khan, P., Sup, K., (2009), "*WSN Research Activities for Military Application*", 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.

[47] S. H., Lee, S., Song, H., Lee, H. S., (2009), "*Wireless Sensor Network Design For Tactical Military Applications: Remote Large-Scale Environments*". Military Communications Conference, 2009. MILCOM 2009. IEEE (978-1-4244-5238-5).

[48] K. B., Song, E. Y., (2009), "*Sensor Alert Web Service for IEEE 1451-Based Sensor Networks*", Singapore: I2MTC 2009, International Instrumentation and Measurement Technology Conference.

[49] P., Hussain, M., & Kwak, K. S., (2009), "*Medical Applications of Wireless Body Area Networks*", International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.

[50] I. F., Vuran, M. C. (2010) "*Wireless Sensor Networks*", West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 9780470036013.

[51] P., Hussain, M., & Kwak, K. S., (2009), "*Medical Applications of Wireless Body Area Networks*", International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.

[52] Alemdar, H., & Ersoy, C., (2010), "*Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey*", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.

[53] Alemdar, H., & Ersoy, C., (2010), "*Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey*", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.

[54] Alemdar, H., & Ersoy, C., (2010), "*Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey*", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.

[55] Alemdar, H., & Ersoy, C., (2010), "*Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey*", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.

[56] P., Hussain, M., & Kwak, K. S., (2009), "*Medical Applications of Wireless Body Area Networks*", International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.

[57] Alemdar, H., & Ersoy, C., (2010), "*Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey*", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.

[58] Alemdar, H., & Ersoy, C., (2010), "*Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey*", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.

- [59] P., Hussain, M., & Kwak, K. S., (2009), *"Medical Applications of Wireless Body Area Networks"*, International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.
- [60] J., Mukherjee, B., Ghosal, D., (2008), *"Wireless Sensor Network Survey"*, Computer Networks, Volume 52, Issue 12, 22 August 2008, Pages 2292–2330.
- [61] P., Hussain, M., & Kwak, K. S., (2009), *"Medical Applications of Wireless Body Area Networks"*, International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.
- [62] P., Hussain, M., & Kwak, K. S., (2009), *"Medical Applications of Wireless Body Area Networks"*, International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.
- [63] P., Hussain, M., & Kwak, K. S., (2009), *"Medical Applications of Wireless Body Area Networks"*, International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.
- [64] D. H., Bien, Z., Bang, W.-C., (2004), *"The Smart House for Older Persons and Persons With Physical Disabilities: Structure, Technology Arrangements, and Perspectives"*, Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions.
- [65] T. P., Kim, M. C., Lee, H. K., Eom, K. H., (2010), *"Wireless Sensor Network apply for the Blind U-bus System"*, International Journal of u- and e- Service, Science and Technology, Vol. 3, No. 3.
- [66] J. A., Cao, Q., Doan, T., Fang, L., He, Z., Kiran, R., Wood, A., (2005), *"Wireless Sensor Networks for In-Home Healthcare : Potential and Challenges"*, Peterborough, In Proceedings of Workshop, High Confidence Medical Devices Software and Systems (HCMDSS).

- [67] J. A., Cao, Q., Doan, T., Fang, L., He, Z., Kiran, R., Wood, A., (2005), *"Wireless Sensor Networks for In-Home Healthcare : Potential and Challenges"*, Peterborough, In Proceedings of Workshop, High Confidence Medical Devices Software and Systems (HCMDSS).
- [68] H., & Ersoy, C., (2010), *"Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey"*, Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.
- [69] H., & Ersoy, C., (2010), *"Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey"*, Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.
- [70] D. J., (2005), *"Wireless Sensor Systems and Networks: Technologies, Applications, Implications and Impacts"*, CSIS Press, Center for Strategic & International Studies, ISBN 0892064625.
- [71] J., Jamalipour, A., (2009), *"Wireless Sensor Networks A Networking Perspective"*, New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISBN 0470167637 .
- [72] J., Mukherjee, B., Ghosal, D., (2008), *"Wireless Sensor Network Survey"*, Computer Networks, Volume 52, Issue 12, 22 August 2008, Pages 2292–2330.
- [73] J., Mukherjee, B., Ghosal, D., (2008), *"Wireless Sensor Network Survey"*, Computer Networks, Volume 52, Issue 12, 22 August 2008, Pages 2292–2330.
- [74] M., Zwaag, B. J., Meratnia, N., & Havinga, P., (2010), *"Fire Data Analysis and Feature Reduction Using Computational Intelligence Methods"*, Baltimore, Maryland: Second KES International Symposium on Intelligent Decision Technologies, IDT 2010.
- [75] R., Dardari, D., Mazzini, G., Conti, A., (2008), *"Wireless Sensor And Actuator Networks: Technologies, Analysis And Design"*, Academic Press, ISBN 0123725399.

[76] Ç., Şimşek, G., Yıldırım, K., Kantarcı, A., (2010), "*Kablosuz Algılayıcı Ağları ile Yangın Tespit Sistemi*". İstanbul, Gömülü Sistemler ve Uygulamalar Sempozyumu - GÖMSİS, İTÜ.

[77] G., Johnson, J., Ruiz, M., Lees, J., Welsh, M., (2005), "*Monitoring Volcanic Eruptions with a Wireless Sensor Network*", Wireless Sensor Networks, Proceedings of the Second European Workshop.

[78] G., Johnson, J., Ruiz, M., Lees, J., Welsh, M., (2005), "*Monitoring Volcanic Eruptions with a Wireless Sensor Network*", Wireless Sensor Networks, Proceedings of the Second European Workshop.

[79] J., Mukherjee, B., Ghosal, D., (2008), "*Wireless Sensor Network Survey*", Computer Networks, Volume 52, Issue 12, 22 August 2008, Pages 2292–2330.

[80] G., Johnson, J., Ruiz, M., Lees, J., Welsh, M., (2005), "*Monitoring Volcanic Eruptions with a Wireless Sensor Network*", Wireless Sensor Networks, Proceedings of the Second European Workshop.

[81] G., Johnson, J., Ruiz, M., Lees, J., Welsh, M., (2005), "*Monitoring Volcanic Eruptions with a Wireless Sensor Network*", Wireless Sensor Networks, Proceedings of the Second European Workshop.

[82] K. K., Perseedoss, R., Mungur, A., (2010), "*A Wireless Sensor Networks Air Pollution Monitoring System*", International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol 2, No 2.

[83] R., Dardari, D., Mazzini, G., Conti, A., (2008), "*Wireless Sensor And Actuator Networks: Technologies, Analysis And Design*", Academic Press, ISBN 0123725399.

[84] W., Healy, W., (2009), "*Wireless Sensor Network Performance Metrics For Building Applications*", Energy and Buildings, Volume 42, Issue 6, Pages 862–868.

[85] W., Healy, W., (2009), *"Wireless Sensor Network Performance Metrics For Building Applications"*, Energy and Buildings, Volume 42, Issue 6, Pages 862–868.

[86] Y., Prasanna, V. K., (2006), *"Information Processing And Routing In Wireless Sensor Networks"*, USA, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, ISBN-10: 981270146X.

[87] D. G., Tan, D. Y., (2010), *"Wireless Sensor Networks: Application-Centric Design"*, India: InTech, ISBN 978-953-307-321-7.

[88] C. S., Sivalingam, K. M., Znati, T., (2004), *"Wireless Sensor Networks"*, Boston, Kluwer Academic Publishers, ISBN 978-1-4020-7883-5.

[89] D. G., Tan, D. Y., (2010), *"Wireless Sensor Networks: Application-Centric Design"*, India: InTech, ISBN 978-953-307-321-7.

[90] D. G., Tan, D. Y., (2010), *"Wireless Sensor Networks: Application-Centric Design"*, India: InTech, ISBN 978-953-307-321-7.

[91] W., Poellabauer, C., (2010), *"Fundamentals Of Wireless Sensor Networks : Theory And Practice"*, United Kingdom, John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0470997656.

[92] K. K., Perseedoss, R., Mungur, A., (2010), *"A Wireless Sensor Networks Air Pollution Monitoring System"*, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol 2, No 2.

[93] W., Poellabauer, C., (2010), *"Fundamentals Of Wireless Sensor Networks : Theory And Practice"*, United Kingdom, John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0470997656.

[94] K. K., Perseedoss, R., Mungur, A., (2010), *"A Wireless Sensor Networks Air Pollution Monitoring System"*, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol 2, No 2.

- [95] K. K., Perseedoss, R., Mungur, A., (2010), *"A Wireless Sensor Networks Air Pollution Monitoring System"*, International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN), Vol 2, No 2.
- [96] F., German, R., Dressler, F, (2009), *"QoS-oriented Integrated Network Planning for Industrial Wireless Sensor Networks"*, Rome, Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks Workshops, 2009.
- [97] F., German, R., Dressler, F, (2009), *"QoS-oriented Integrated Network Planning for Industrial Wireless Sensor Networks"*, Rome, Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks Workshops, 2009.
- [98] I. F., Vuran, M. C. (2010) *"Wireless Sensor Networks"*, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 9780470036013.
- [99] Akyildiz, I. F., W. Su, Y. S., & Cayirci, E., (2002), *"Wireless Sensor Networks A Survey"*. Elsevier Science B.V, ISSN 1570-8705.
- [100] J., Velez, F. J., Ferro, J. M. (2008), *"Application of Wireless Sensor Networks to Automobiles"*, Measurement Science Review, Volume 8, Issue 3, Page 65-70.
- [101] K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.
- [102] C., Arms, S., (2004), *"Wireless Sensor Networks: Principles and Applications"*, Sensor Technology Handbook. Elsevier, ISBN: 9780750677295.
- [103] A., Ballal, P., Lewis, F. L., (2007), *"Energy-Efficient Wireless Sensor Network Design And Implementation For Condition-Based Maintenance"*, ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN), Volume 3, Issue 1.

- [104] A., Ballal, P., Lewis, F. L., (2007), *"Energy-Efficient Wireless Sensor Network Design And Implementation For Condition-Based Maintenance"*, ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN), Volume 3, Issue 1.
- [105] I., Mohamed, N., Shuaib, K. (2007), "A Framework for Pipeline Infrastructure Monitoring Using Wireless Sensor Networks", Pomona, CA Wireless Telecommunications Symposium, WTS 2007.
- [106] W., Poellabauer, C., (2010), *"Fundamentals Of Wireless Sensor Networks : Theory And Practice"*, United Kingdom, John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0470997656.
- [107] I., Mohamed, N., P.Agrawal, D., (2011), *"Linear Wireless Sensor Networks: Classification And Applications"*, Journal of Network and Computer Applications, Volume 34, Issue 5, September 2011, Pages 1671–1682.
- [108] I. F., Vuran, M. C. (2010) *"Wireless Sensor Networks"*, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 9780470036013
- [109] D. J., (2005), *"Wireless Sensor Systems and Networks: Technologies, Applications, Implications and Impacts"*, CSIS Press, Center for Strategic & International Studies, ISBN 0892064625.
- [110] K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.
- [111] K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.
- [112] I. F., W. Su, Y. S., & Cayirci, E., (2002), *"Wireless Sensor Networks A Survey"*. Elsevier Science B.V, ISSN 1570-8705.
- [113] K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.

- [114] I. F., W. Su, Y. S., & Cayirci, E., (2002), *"Wireless Sensor Networks A Survey"*. Elsevier Science B.V, ISSN 1570-8705.
- [115] I. F., W. Su, Y. S., & Cayirci, E., (2002), *"Wireless Sensor Networks A Survey"*. Elsevier Science B.V, ISSN 1570-8705.
- [116] F., Guibas, L. J., (2004), *"Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach"*, Boston, Elsevier-Morgan Kaufmann, ISBN 1558609148.
- [117] F., Guibas, L. J., (2004), *"Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach"*, Boston, Elsevier-Morgan Kaufmann, ISBN 1558609148.
- [118] H., Willig, A., (2005), *"Protocols And Architectures For Wireless Sensor Networks"*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0470095105.
- [119] P., Kuper, J., (2007), *"Flexible Sensor Network Reprogramming for Logistics"*, Pisa, Mobile Adhoc and Sensor Systems, MASS 2007.
- [120] R., Dardari, D., Mazzini, G., Conti, A., (2008), *"Wireless Sensor And Actuator Networks: Technologies, Analysis And Design"*, Academic Press, ISBN 0123725399
- [121] R., Dardari, D., Mazzini, G., Conti, A., (2008), *"Wireless Sensor And Actuator Networks: Technologies, Analysis And Design"*, Academic Press, ISBN 0123725399.
- [122] R., Dardari, D., Mazzini, G., Conti, A., (2008), *"Wireless Sensor And Actuator Networks: Technologies, Analysis And Design"*, Academic Press, ISBN 0123725399.
- [123] S. H., Lee, S., Song, H., Lee, H. S., (2009), *"Wireless Sensor Network Design For Tactical Military Applications: Remote Large-Scale Environments"*. Military Communications Conference, 2009. MILCOM 2009. IEEE (978-1-4244-5238-5).

- [124] U., Sevin, A., Ekiz, H., Bayılmış, C., Ertürk, İ., Atmaca, S., Akgül, M. M., (2010), "*K-ATKS: Kablosuz Algılayıcı Ağ Kullanarak Gemiler İçin Geliştirilen Bir Acil Durum Tespit ve Kurtarma Sistemi*", Muğla, Akademik Bilişim 2010.
- [125] U., Sevin, A., Ekiz, H., Bayılmış, C., Ertürk, İ., Atmaca, S., Akgül, M. M., (2010), "*K-ATKS: Kablosuz Algılayıcı Ağ Kullanarak Gemiler İçin Geliştirilen Bir Acil Durum Tespit ve Kurtarma Sistemi*", Muğla, Akademik Bilişim 2010.
- [126] Y., & Kantarcı, A., (2010), "*Kablosuz Sualtı İletişiminde Yeni Araştırma Konuları*". Muğla, Akademik Bilişim 2010.
- [127] Y., & Kantarcı, A., (2010), "*Kablosuz Sualtı İletişiminde Yeni Araştırma Konuları*". Muğla, Akademik Bilişim 2010.
- [128] J., Mukherjee, B., Ghosal, D., (2008), "*Wireless Sensor Network Survey*", Computer Networks, Volume 52, Issue 12, 22 August 2008, Pages 2292–2330.
- [129] A Akyildiz, I.F. Su, W. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A survey on sensor Networks", IEEE Communications Magazine, vol.40, no.8 , pp. 102-114, 2002.
- [130] H. Chan ,A. Perrig. "Security and privacy in sensor networks", **IEEE Computer Magazine**, pp 103–105, 2003.
- [131] A Akyildiz, I.F. Su, W. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A survey on sensor Networks", IEEE Communications Magazine, vol.40, no.8 , pp. 102-114, 2002.
- [132] A. Perrig, R. Szewczyk, J. D. Tygar, V. Wen, D. E. Culler," Spins: security protocols for sensor Networks", **Wireless Networking**, vol.8, no.5, pp.521–534, 2002.
- [133] D.Liu, P. Ning, "Efficient distribution of key chain commitments for broadcast authentication in distributed sensor Networks", **10th Annual Network and Distributed System Security Symposium**, pp. 263–276, 2003.

[134] T. Yan, T. He, J.A. Stankovic, " *Differentiated Surveillance Service for Sensor Networks*", **First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '03)**, Los Angeles, USA, pp.51-62, 2003.

ÖZGEÇMİŞ



Büşra ALTUN 1993’de Ankara’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Tevfik İleri Anadolu İmam Hatip Lisesinden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü’ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri

E-posta: Busraaltun@outlook.com