T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN UYGULAMA ALANLARI VE BİR ALGILAYICI DÜĞÜM TASARIMI

(WIRELESS SENSOR NETWORKS APPLICATIONS AND DESIGN OF A SENSOR NODE)

Tuncay SOYLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Erdem UÇAR

Temmuz, 2012

EDİRNE

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN UYGULAMA ALANLARI VE BİR ALGILAYICI DÜĞÜM TASARIMI

(WIRELESS SENSOR NETWORKS APPLICATIONS AND DESIGN OF A SENSOR NODE)

Tuncay SOYLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Yrd. Doç. Dr. Erdem UÇAR

Temmuz, 2012

EDİRNE

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN UYGULAMA ALANLARI VE BİR ALGILAYICI DÜĞÜM TASARIMI
(WIRELESS SENSOR NETWORKS APPLICATIONS AND DESIGN OF A SENSOR NODE)

Tuncay SOYLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez **25 / 07 / 2012** tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından **Kabul Edilmiştir.**

Doç. Dr. Erdem UÇAR

(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Bahtiyar DURSUN

Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT

ÖZET

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN UYGULAMA ALANLARI VE BİR ALGILAYICI DÜĞÜM TASARIMI

Tuncay SOYLU
Bilgisayar Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi
Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Erdem UÇAR
Temmuz, 2012

İletişim teknolojilerindeki gelişmeler ve ihtiyaçların kablosuz ortama doğru kayması sonucunda günümüzde iletişim yöntemleri, kablosuz iletişim teknolojilerinin üzerine yoğunlaşılmasına neden olmuştur. Son yıllarda iletişim teknolojilerinde en çok gelişme ise Kablosuz Algılayıcı Ağlar üzerinde olduğu görülmektedir.

Kablosuz Algılayıcı Ağları diğer ağlara göre farklılıklar göstermektedir. En belirgin özellikleri arasında; diğer kablosuz ağlarda tek taraflı iletişim var iken, veri gönderme veya alma, kablosuz algılayıcı Ağlarda ise çift taraflı iletişim söz konusudur. Ayrıca Kablosuz Algılayıcı Ağlar diğer ağlara göre Akıllı Ağ (Smart Network) sınıfına girmektedir. Bu ağlar; veriyi alma, gönderme ve yorumlama özelliklerine de sahiptirler.

Kablosuz Algılayıcı Ağlar ilk zamanlarda özellikle askeri alanda yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Buna ek alarak teknolojik gelişmeler ve algılayıcı fiyatlarındaki düşüş nedeniyle sağlık, çevre ve habitat izleme alanında yoğunlaşmıştır. Daha sonra ise Tarım, Endüstri, Trafik, Eğitim gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlamış ve neredeyse bütün sektörlere yayılmıştır.

Bu tezde Kablosuz Algılayıcı Ağları'nın geçmişten günümüze kullanım alanları detayları olarak incelenmiştir. Bu inceleme sonuçları sektörel bazda sınıflandırılarak detaylı olarak anlatılmıştır.

Bu tezde PIC tabanlı bir Kablosuz Algılayıcı Düğümü tasarlanmıştır. Bu düğüm bir Algılayıcı Düğüm ve bir Ana Düğümden oluşmaktadır. Düğümlerde PIC'ler C dili ile kodlanmıştır. Algılayıcı düğümde sıcaklık algılayıcı kullanılmaktadır. Alınan

sıcaklık bilgisi RF aracılığıyla kablosuz olarak Ana Düğüme iletilmektedir. Yapılan düğüm tasarımının veri iletişimi bir insan üzerinde incelenmiştir.

Alınan verilerin analizi için bir Seriport Arayüz Programı (Kablosuz Algılayıcı Uygulaması) C# programlama dilinde yazılmış ve verilerin bilgisayar ortamında grafik analizi ve veritabanına kaydedilmesi gerçekleştirilmiştir.

Yıl **:** Temmuz, 2012

Sayfa Sayısı **:** 216

Anahtar Kelimler **:** Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Kablosuz Algılayıcı Ağlar Uygulama Alanları, Kablosuz Algılayıcı Düğümü Tasarımı

ABSTRACT

WIRELESS SENSOR NETWORKS APPLICATIONS AND DESIGN OF A SENSOR NODE

Tuncay SOYLU
Computer Engineering, Master of Science Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdem UÇAR
July, 2012

Today communication methods, as a result of the developments and necessities moving towards wireless environment in communication technologies, resulted in focusing on wireless communication technologies. In recent years, a great progress has been seen on wireless sensor networks in communication technologies.

Wireless sensor networks show differences compared to other networks. The most distinct features present; while there is a one-sided communication in other networks,whether sending or receiving data, in wireless sensor networks there is a mutual communication. Besides wireless sensor networks are classified in Smart Network class when compared to other networks. These networks have features such as receiving, sending and interpreting the data.

In the beginning, wireless sensor networks were intensively used particularly for military use. In addition to this, as a result of the technological developments and decline in the prices of sensors, wireless sensor networks started to be used densely in health, environment and monitoring habitat areas. Later on, they have been widely used in Agriculture, Industry, Traffic and Education and penetrated to nearly all fields.

In this thesis, areas of use of Wireless Sensor Networks was examined from past to present in a detailed way. These examination results was put forward via classifying in sectoral basis elaboratively.

In this thesis, a PIC based Wireless Sensor Node was designed. This node is composed of a Sensor Node and a Main Node. In the nodes, PIC's were coded via C. Temperature Detector is used in sensor node. The temperature data is transmitted into

Main Node wirelessly via RF. The data communication of node design was examined on a human.

A Serial Port Interface Programme (Wireless Sensor Application) was written in C# for the analysis of the data taken and graphical analysis and saving of the data to data base in computer environment was executed.

Year **:** July, 2012

The number of pages **:** 216

Key Words **:** Wireless Sensor Networks, Wireless Sensor Networks and Applications, Design Of Wireless Sensor Nodes

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezi danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarımın yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Erdem UÇAR'a teşekkür ederim. Çok değerli katkılarından dolayı hocam Sayın Doç. Dr. Hasan BALIK'a (Arel Üniversitesi, Öğretim Üyesi) teşekkür ederim. Ayrıca bu tezde uygulama kısmında yardımlarını esirgemeyen Sayın Öğr. Gör. Ertuğrul KARAKULAK'a ve Sayın Öğr. Gör. M. Ozan AKI'ya teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili ağabeyim Durmuş SOYLU'ya çok teşekkür ederim. Ayrıca, bana her zaman destek olan ve sabır gösteren aileme ve eşim Yıldız SOYLU'ya çok teşekkür ederim.

Her şeyden çok sevdiğim sevgili kızım DeNiZ NAZ'a …

Tuncay SOYLU

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **III**
ABSTRACT ..... **VI**
ÖNSÖZ ..... **VIII**
İÇİNDEKİLER ..... **IX**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **XVII**
RESİMLER LİSTESİ ..... **XVIII**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **XX**
SEMBOLLER VE KISALTMALAR ..... **XXI**
GİRİŞ **1**
BÖLÜM 1 ..... **3**
KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR **3**
1.1. Kablosuz Algılayıcı Düğümlerinin Gelişimi **4**
1.1.1. WINS – University of California, Los Angeles 4
1.1.2. Motes Ailesi – University of California, Berkeley 5
1.1.3. Medusa – University of California, Los Angeles 7
1.1.4. PicoRadio - University of California, Berkeley 7
1.1.5. μAMPS - MIT 8
1.2. Kablosuz Algılayıcı Ağlarının Desteklediği Protokoller **9**
1.2.1. IEEE 802.15.4/Zigbee kablosuz algılayıcı ağ iletişim protokolü 9
1.2.1.1. IEEE 802.15.4/ZigBee mimarisi 9
1.2.2. IEEE 802.15.1&2 / Bluetooth 11
1.3. Kablosuz Algılayıcı Ağları Mimarisi **12**
1.3.1. Yıldız ağ 12
1.3.2. Mesh Ağ 13
1.3.3. Yıldız – Mesh hibrid ağ 13
BÖLÜM 2 ..... **15**
KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR UYGULAMA ALANLARI **15**
2.1. Askeri Uygulamalar **16**

2.1.1. Askeri algılayıcılarda ağ mimarisi 17
2.1.2. Örnek bir uygulama 19
2.1.3. Önemli projeler ve oluşumlar 20
2.1.3.1. C4ISRT 20
2.1.3.2. DARPA 23
2.1.3.3. REMBASS 25
2.1.3.4. Gunfire 25
2.1.4. Askeri uygulama projeleri kullanım amaçları 26
2.1.4.1. Duruma dayalı izleme 26
2.1.4.2. Askeri gözetim 27
2.1.4.3. Savaş alanı izlenmesi 27
2.1.4.4. Nesne korunması 28
2.1.4.5. Akıllı yol gösterici 28
2.1.4.6. Uzaktan algılama 28
2.1.5. Askeri Uygulama Projeleri 28
2.1.5.1. Smart dust 28
2.1.5.2. Sniper algılama sistemi 29
2.1.5.3. Omni kuşu 30
2.1.5.4. VigilNet 31
2.1.5.5. Askeri operasyonlar için otomatik araç 32
2.1.5.6. Ayakkabı tarayıcı 33
2.1.5.7. SSA 34
2.1.5.8. TOVA 34
2.1.5.9. Deniz mayın tespit uygulamaları 35
2.1.5.10. ASW 35
2.1.5.11. EARS 36
2.1.5.12. Tek kullanımlık algılayıcı ağ 36
2.1.5.13. Füze hazne sürekli izlenmesi için yeni optik algılayıcı sistemi 37
2.1.5.14. SIGIS 38
2.1.5.15. Akustik tehdit eden ses tanıma sistemi 38
2.1.5.16. Dost güçlerin korunması için kablosuz algılayıcı ağlar 39

2.1.5.17. Askere takılan algılayıcı sistemi....39
2.1.5.18. Uzaktan büyük ölçekli alanlarda kablosuz algılayıcı ağlar....39
2.1.5.19. Sınır izleme....40
2.1.5.20. PinPtr....41
2.2. Sağlık Uygulamaları....41
2.2.1. Sağlık izleme sistemlerinin faydaları....42
2.2.2. Sağlık uygulamalarında kullanılabilecek bazı algılayıcılar....46
2.2.3. Kablosuz vücut alan ağları....46
2.2.4. Sağlık uygulamaları....47
2.2.4.1. Günlük yaşam izleme faaliyetleri....47
2.2.4.2. Düşme ve hareket tespiti uygulamaları....52
2.2.4.3. Konum takip uygulamaları....53
2.2.4.4. İlaç alımı takip uygulamaları....55
2.2.4.5. Sağlık durumu takip uygulamaları....55
2.2.5. Sağlık uygulama projeleri....61
2.2.6. Geleceğin tıbbi uygulamaları....71
2.3. Çevre İzleme Uygulamaları....72
2.3.1. AWARE....74
2.3.2. Buzul izleme....75
2.3.2.1. GlacsWeb....75
2.3.3. Okyanus izleme....75
2.3.3.1. ARGO....75
2.3.4. Hava durumu izleme....75
2.3.5. Hava kirliliği izleme uygulamaları....76
2.3.5.1. MESSAGE....76
2.3.5.2. Streetbox....77
2.3.5.3. WAPMS....77
2.3.6. Afet izleme uygulamaları....77
2.3.6.1. Arama kurtarma uygulamaları....78
2.3.6.2. Yangın algılama uygulamaları....78
2.3.6.3. Volkan izleme uygulamaları....80

2.3.6.4. Sel ve su baskını algılama 83
2.3.6.5. Heyelan algılama 84
2.3.7. Yapısal bütünlük izleme 84
2.3.8. Bina ve çevresi izleme sistemleri 84
2.3.9. Diğer 85
2.3.9.1. BikeNet 85
2.3.9.2. PODS 85
2.3.9.3. NIMS 85
2.3.9.4. Macroscope 85
2.3.9.5. Vineyard 86
2.3.9.6. PicoRadio 86
2.3.9.7. Heathland 86
2.3.9.8. Shellfish 86
2.3.9.9. PEG 86
2.3.9.10. Tracking 86
2.3.9.11. Multi-target 86
2.3.9.12. Wisden 87
2.3.9.13. SensorScope 87
2.4. Habitat İzleme Uygulamaları 87
2.4.1. Great Duck Island (GDI) 88
2.4.2. CORIE 90
2.4.3. ZebraNet 91
2.4.4. tigerCENSE 92
2.4.5. The Hogthrob Project 93
2.4.6. İstiridye 94
2.4.7. DeerNet 94
2.4.8. TUTWSN 95
2.5. Tarım Uygulamaları 95
2.5.1. AGRO-SENSE 97
2.5.2. Smart Fields 98
2.5.3. SoilNet 98

2.5.4. Hassas tarım uygulamaları 98
2.5.4.1. Sera izleme 99
2.5.4.2. Şarap bağ evi 100
2.5.4.3. Lofar Agro 101
2.5.4.4. İntel kablosuz bağ 101
2.6. Endüstri Uygulamaları 102
2.6.1. Otomotiv uygulamaları 103
2.6.1.1. Mobil robotlar 104
2.6.2. Endüstriyel otomasyon 105
2.6.3. Endüstriyel proses kontrol 106
2.6.4. Koruyucu bakım 106
2.6.4.1. Yarıiletken üretim tesisi ve petrol tesisi izleme 106
2.6.4.2. Makine uygulamaları 108
2.6.5. SINEMA E 108
2.6.6. Su / atık su kontrolü 109
2.6.6.1. Depolamada zemin seviyesi izleme ve pompa sayacı 109
2.6.6.2. Su kulesi seviye kontrolü 109
2.6.7. Cyclops 109
2.6.8. AMR 110
2.6.9. Boru hattı izleme 110
2.6.9.1. PipeNet 110
2.6.9.2. Yer üstü boru hatları 111
2.6.9.3. Su altı boru hatları 111
2.6.10. Demiryolu / metro izleme 113
2.7. Yapı Uygulamaları 113
2.7.1. Su izleme 114
2.7.2. Bina otomasyon ve kontrol sistemleri 115
2.7.2.1. BACs 115
2.7.2.2. Ev otomasyonu 117
2.7.3. İnşaat yapı kontrolü 118
2.7.4. Yapısal sağlık izleme 120

2.7.5. Akıllı ortam 122
2.7.6. Ofis binaları çevre kontrolü 122
2.8. Trafik ve Yol Uygulamaları 123
2.8.1. Trafik sinyal teknolojisi 125
2.8.2. Akıllı ulaşım 125
2.8.3. Iris-Net 126
2.8.4. Siemens Sipark PMA 126
2.8.5. Sürücü uyarı ağı 127
2.8.6. D-Systems Project 127
2.9. Lojistik ve Taşıma Uygulamaları 127
2.9.1. Hedef izleme 128
2.9.2. Depo izleme 128
2.9.3. Mağaza yönetimi 129
2.9.4. Akıllı depolama 129
2.10. Web Uygulamaları 129
2.10.1. The Apache PubScribe 130
2.10.2. SensorNet 130
2.10.3. SensorWeb 131
2.10.4. SenseWeb 132
2.11. Eğitim Uygulamaları 132
2.11.1. Akıllı anaokulu 132
2.11.2. Pearl River projesi 133
2.12. Enerji Uygulamaları 133
2.12.1. DALI 133
2.12.2. AC elektrik direklerinin izlenmesi 134
2.12.3. Akıllı enerji 135
2.13. Denizcilik Uygulamaları 135
2.13.1. DAD 135
2.13.2. NEPTUNE 136
2.13.3. GOMaP 136
2.14. Su Altı Uygulamaları 136

2.14.1. Su altı izleme 138
2.15. Diğer Uygulamalar 138
2.15.1. Gerçek zamanlı uygulamalar 138
2.15.1.1. RTNS 138
2.15.2. Yeraltı madenciliği 140
2.15.3. Etkileşimli müzeler 140
BÖLÜM 3 141
MATERYAL VE METOD 141
2.16. Amaçlar 141
2.17. Metodoloji 141
BÖLÜM 4 142
BİR KABLOSUZ ALGILAYICI DÜĞÜMÜ TASARIMI 142
2.19. Algılayıcı Düğümü 142
2.19.1. Algılayıcı 145
2.19.2. İşlemci 146
2.19.2.1. İşlemci programı 147
2.19.3. RF Trasmitter 148
2.20. Ana Düğüm 149
2.20.1. İşlemci 151
2.20.1.1. İşlemci programı 152
2.20.2. RF Receiver 154
2.21. Seri Port Arayüzü 155
2.22. Uygulama 159
2.22.1. Vücut Isısı 159
2.22.1.1. Hipotermi 159
2.22.1.2. Hipertermi 159
2.22.2. Sıcaklık ölçüm bölgesi 159
2.22.3. Algılayıcı düğümü yerleştirilmesi 160
2.22.4. Ana düğüm 160
2.22.5. Kablosuz algılayıcı uygulaması programı 160
2.22.6. Vücut sıcaklığı ölçüm uygulaması 160

2.23. Uygulama Sonuçları ve Tartışma 162
BÖLÜM 5..... 164
SONUÇLAR VE TARTIŞMA 164
EK-I KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ ARAŞTIRMA KONULARI 167
EK-II GÖNDEREN DENETLEYİCİNİN C DİLİNDE YAZILMIŞ KODLARI. 173
EK-III ALICI DENETLEYİCİNİN C DİLİNDE YAZILMIŞ KODLARI..... 174
EK-IV KABLOSUZ ALGILAYICI UYGULAMASI C# KODLARI 176
KAYNAKÇA 181
ÖZGEÇMİŞ..... 191

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. ZigBee Mimarisi 10
Şekil 1.2. Yıldız Ağ 12
Şekil 1.3. Mesh Ağı 13
Şekil 1.4. Yıldız - Mesh Hibrid Ağı 14
Şekil 2.1. Algılayıcı Uygulamalarına Genel Bir Bakış 15
Şekil 2.2. Taktik Askeri Algılayıcı Ağ Yapısı 18
Şekil 2.3. Kümeleme ve Birleştirme İle Algılayıcı Ağ Mimarisi 18
Şekil 2.4. Temel Koruma Desteği Kablosuz Algılayıcılar 19
Şekil 2.5. Kablosuz Algılayıcı Ağlarla C4ISR Senaryosu 21
Şekil 2.6 Dağıtılmış Keskin Nişancı Algılama Sistemi 30
Şekil 2.7. VigilNet Çalışma Evreleri 32
Şekil 2.8. Geometrik modeli (a) ve açık erişim için sonlu eleman modeli (b) 33
Şekil 2.9. SI2, Kıyı Sularda Denizaltı Tespiti İçin Geniş-N Konsepti 36
Şekil 2.10. Yüksek algılama sistemi mimarisi 37
Şekil 2.11. Bir Hastane Ortamında CodeBlue Mimarisi 60
Şekil 2.12. Volkanik Görüntüleme Algılayıcı Dizileri 82
Şekil 2.13. Uzun Menzilli TUTWSN Prototipi 95
Şekil 2.14. Lider-Takipçi Senaryosu 104
Şekil 2.15. FapApp Mimarisi 107
Şekil 2.16. Kesintisiz Özerk Su İzleme Sistemi (NAWMS) Mimarisi 114
Şekil 2.17. BACs Elemanları 116
Şekil 2.18. Ev Kontrol Uygulaması 118
Şekil 2.19. Köprü Gerilme Verileri 120
Şekil 2.20. Golden Gate Köprüsü a. Düğümler Her İki Tarafa Da Yerleştirilmiş. b. Yerleştirmenin İki Boyutlu Görüntüsü 122
Şekil 2.21. Çin İletişim Bakanlığı Tarafından Planlanan Akıllı Otoyol Sistemi Test Tesisi 123
Şekil 2.22. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Kimyasal Takip 131
Şekil 2.23. Kablosuz Gün Işığı Sistemi 134
Şekil 2.24. Gecikme Zamanı Oluşumları 139
Şekil 4.1. Algılayıcı Düğümü Baskı Şeması 143
Şekil 4.2. Algılayıcı Düğümü Şeması 144
Şekil 4.3. DS18B20 Algılayıcı Blok Şeması 146
Şekil 4.4. 16F628A Mikrodenetleyicisi 147
Şekil 4.5. Algılayıcı Ana Düğümü Baskı Devre Şeması 150
Şekil 4.6. Ana Düğüm Bağlantı Şeması 150
Şekil 4.7. PIC16F877 Mikrodenetleyicisi 152

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1.1. Rockwell Bilim Merkezi WINS Düğümü 5
Resim 1.2. Berkeley'den MOTES Düğümleri 6
Resim 1.3 UCLA'dan Medusa Düğümü 7
Resim 1.4. Berkeley'den PicoBeacon Düğümü 8
Resim 1.5. MIT µAMPS-1 Düğümü 8
Resim 2.1. Askeri Örnekler (Rockwell Scientific). 27
Resim 2.2. Boomerang Sniper Algılama Sistemi 29
Resim 2.3. Uzaktan Büyük Ölçekli Bir Ortamda Taktik Algılayıcı Ağ Operasyon Sistemi 40
Resim 2.4. Sistem Modeli 43
Resim 2.5. Gelecekte Bir Sağlık Sistemi Senaryosu 45
Resim 2.6. Myofeedback BAN: Giysi, Elektrotlar, ReTra ve MBU 49
Resim 2.7. TMSI "Mobi" Aygıtı 49
Resim 2.8. Hasta Görüntüleme Sistemi 50
Resim 2.9. Hastanın Kalça Rehabilitasyonu İçin HipGuard Pantolon 53
Resim 2.10. MobiHealth Sistemi, Hastane Ortamı Dışında Bir Hasta İzleme 59
Resim 2.11. Kablosuz Nabız Oksimetre Algılayıcısı 60
Resim 2.12. eWatch Bilgisayarı 62
Resim 2.13. Kablosuz, (a) 3 Yollu EKG Algılayıcısı (b) EKG Kemeri, (c) Spo2 Algılayıcısı, (d) PDA Baz İstasyonu 62
Resim 2.14. Vital Sinyal İzleme Sistemi 63
Resim 2.15. Akıllı LifeShirt 64
Resim 2.16. Görme Engelli Kişiler için Yapay Retina 64
Resim 2.17. Örnek Bir Akıllı Ev Sistemi 66
Resim 2.18. Kablosuz EKG Sistemi 67
Resim 2.19. Görme Engelliler İçin Akıllı Otobüs Durağı 68
Resim 2.20. Kablosuz Algılayıcı Ağlar İle Çevre İzleme Sistemi Örnekleri 72
Resim 2.21. AWARE Platform Mimarisine Genel Bakış 74
Resim 2.22 Hindistan Deep Earth Probe Projesi 77
Resim 2.23. Bir Kablosuz Algılayıcı 79
Resim 2.24. Habitat Görüntüleme Sistem Modeli 88
Resim 2.25. Great Duck Island Habitat İzleme Ağı İki Katmanlı Mimarisi 89
Resim 2.26. a) Great Duck Island Habitat Alanı b) Gözlenen Kuş 89
Resim 2.27. Bir Zebra Bağlı ZebraNet Yaka Algılayıcısı 91
Resim 2.28. tigerCENSE Kaplan Algılama Sistemi Görüntüleri 92
Resim 2.29. Hogthrob Projesinde Kullanılan Düğümün Mikrodenetleyici Kartı 93
Resim 2.30. Hogthrob Projesinde Kullanılan Düğümün Telsiz İletişim Kartı 94
Resim 2.31. Bir Bağdaki Dağıtılmış Kablosuz Algılayıcı Ağ 96

Resim 2.32. AGROSENSE Projesinden Bir Görüntü....97
Resim 2.33. Sera Uygulaması....100
Resim 2.34. Mobil Sera İzleme Aracı....100
Resim 2.35. Kablosuz Algılayıcı Ağ Endüstriyel Uygulaması....106
Resim 2.36. Ben Franklin Köprüsü....119
Resim 2.37. AMR Manyetik Algılayıcı İle Hareket Eden Bir Araç Tespiti....124
Resim 2.38. Traffic.com Tarafından Geliştirilen Sistem....125
Resim 2.39. Trafik İzleme Uygulaması....126
Resim 2.40. Bir İnsansız Hava Aracından Bırakılan Algılayıcı Düğümü....131
Resim 4.1. Algılayıcı Ağ Düğümü....143
Resim 4.2. Algılayıcı Düğümü Alttan Görünüşü....144
Resim 4.3. Algılayıcı Düğümü Üstten Görünüşü....145
Resim 4.4. DS18B20 Algılayıcı Resmi....145
Resim 4.5. RF Transmitter Görüntüsü....149
Resim 4.6. Ana Düğüm Alttan Görünüş....151
Resim 4.7. Ana Düğümü Üstten Görünüş....151
Resim 4.8. RF Alıcı Modül....154
Resim 4.9. Seri Port Programı Ayar Yüzü....156
Resim 4.10. Seri Port Programı Grafik Yüzü....156
Resim 4.11. Seri Port Programı Veri Alımı....157
Resim 4.12. Seri Port Programı Grafik Gösterimi....157
Resim 4.13. Uygulama Veri Akışı İlk Sayfası....161
Resim 4.14. Uygulama Veri Akışı Son Sayfası....161
Resim 4.15. Uygulama Grafik Sayfası....162

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. IEEE 802.15.4 Radyo Frekansları Ve Veri Aktarım Hızları 9
Tablo 1.2. Zigbee Ve Bluetooth Karşılaştırması 10
Tablo 1.3. Bluetooth Fiziksel Özellikleri 11
Tablo 4.1. Uygulama Veri Tablosu 163

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

°C	Celcius	Santigrat
µW	mikroWatt	mikroWat
4ISRT	Command, Control, Communications, Computing, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance And Targeting	Komuta, Kontrol, Haberleşme, Bilgi İşlem, İstihbarat, Beka, Keşif ve Hedef Bulma
AAS	Augmented Awareness System	Artırılmış Bilinçlendirme Sistemi
ADL	Activities of Daily Living	Günlük Yaşam Etkinlikleri Tanıma
AEF	The American Expeditionary Forces	Hava Keşif Kuvvetleri
AFRL	Air Force Research Laboratory	Hava Keşif Kuvvetleri Teknolojileri Bölümü
AFSK	Audio Frequency-Shift Keying	Ses Frekanslı Modülasyon
ALERT	Automated Local Evaluation in Real-Time	Otomatik Gerçek Zamanlı Yerel Değerlendirme
AMD	Age-Related Macular Degeneration	Yaşa-Bağlı Maküler Dejenerasyon
AMR	Wireless Automatic Meter Reading	Kablosuz Otomatik Sayaç Okuma
ARGUS	Advanced Remote Ground Unattended Sensor	Gelişmiş Uzaktan Zemin Gözetimsiz Algılayıcısı
ARL	The Army Research Laboratory	Amerikan Ordu Araştırma Laboratuvarı
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers	Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Topluluğu
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers	Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Topluluğu
ASSIST	Advanced Soldier Sensor Information System and Technology	Gelişmiş Asker Algılayıcı Bilgi Sistemi ve Teknolojisi
ASW	Anti-Submarine Warfare	Deniz Altı Savunma Harbi
AWACS	Airborne Warning and Control System	Havadan Erken Uyarı ve Kontrol Sistemi
AWARE	AWAreness during Resuscitation	Resüsitasyon sırasında Farkındalık
BACnet	Building Automation and Control Networks	Bina Otomasyon ve Kontrol Ağları Komitesi

BACs	Building Automation And Control Systems	Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemleri
BPSK	Binary Phase Shift Keying	İki Faz Kaydırmalı Modülasyon
BTU	British Thermal Unit	İngiliz Isı Birimi
BWRC	Berkeley Wireless Research Center	Berkeley Kablosuz Araştırma Merkezi
BM	Machinery Condition - Based Maintenance	Makine Durum Tabanlı Bakım
CENS	Center of Embedded Networked Sensing	Gömülü Ağ Algılama Merkezi
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor	Bütünleyici Metal Oksit Yarıiletken
CO	Carbon Monoxide	Karbon Monoksit
CoBIs	Collaborative Business Items	İşbirlikçi İş Öğeleri
CORIE	The Columbia River Ecosystem	Kolombiya Nehri Ekosistemi
CPOD	Crew Physiological Observation Device	Ekip Fizyolojik Gözlem Cihaz
DARPA	The Defense Advanced Research Project Agency	Savunma İleri Araştırma Proje Ajansı
dbm	decibels (dB) milliwatt	Bir mili Wattaki Güç
DIKU	Department of Computer Science	Bilgisayar Bilimleri Departmanı
DSN	Distributed Sensor Nets	Dağıtılmış Algılayıcı Ağ
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum	Düz Sıralı Dağınık Spektrum
DTU	Denmarks Tekniske Universitet	Danimarka Teknik Üniversitesi
EARS	Early Attack Reaction Sensor -	Erken Saldırı Reaksiyon Algılayıcı
EKG	ElektroKardiyoGram	Elektrokardiyografi
EMG	ElektroMiyoGram	Elektromiyografi
EPA	United States Environmental Protection Agency	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
E-SMART	Integrated Sniper Location System and Environmental Systems Management, Analysis and Reporting Network	Entegre Sniper Yer Sistemi ve Çevre Sistemleri Yönetimi, Analiz ve Raporlama Ağı
FHSS	Frenquency Hopping Spread Spectrum	Frekans Atlamalı Dağınık Spektrum
FHSS	The Forest-Fires Surveillance System	Orman Yangınları Gözetleme Sistemi
g	gramme	gram
GFSK	Gaussian Frequency-Shift Keying	Gaussian Frekans Modülasyonu
GHz	Gigahertz (10^9 Hertz)	Milyar Hertz
GIS	Geographic Information System	Coğrafi Bilgi Sistemi
GIS	Geographical Information System	Coğrafi Bilgi Sistemi

GOMaP	Global Ocean Mapping Project	Global Okyanusu Haritalama Projesi
GPRS	General Packet Radio Service	Genel Paket Radyo Servisi
GRS	General Reminder System	Genel Hatırlatma Sistemi
HVAC	Heat Vacumm Air Condition	Isıtma, Havalandırma ve Klima
ID	Identity	Kimlik
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IST	Information Society Technologies	Bilgi Toplumu Teknolojileri
ITALH	(The Information Technology for Assisted Living At Home	Evde Yaşam Desteği için Bilgi Teknolojisi
IUSS	Integrated Undersea Surveillance System	Entegre Sualtı Gözetleme Sistemi
Kb	Kilo Byte (2^{10} Byte)	Bin Byte (2^{10} Byte)
Kbps	Kilobit per Second	saniyede 1 Kilobit
kHz	KiloHertz (10^3 Hertz)	Bin Hertz (10^3 Hertz)
km	kilo meter	kilo metre
KVL	The Royal Veterinary and Agriculture University	Kraliyet Veteriner ve Tarım Üniversitesi
LCD	Liquid Crystal Display	Likit Kristal Görüntü
LR-WPANs	Low-Rate Wireless Personal Area Networks	Düşük Hızlı Kablosuz Kişisel Alan Ağları
LWIMs	Low Power Wireless Integrated Microsensors	Düşük Güçlü Entegre Kablosuz Mikro Algılayıcılar
MAC	Media Access Control	Ortam Erişim Kontrolü
MAETTS	Mobile Agent based Electronic Triage Tag	Kablosuz Ajan Elektronik Öncelik Etiket Sistemi
MANET	Mobile Ad-Hoc Networking	Mobil Ad-Hoc Ağ
MARS	Mobile Autonomous Robot Software	Mobil Otonom Robot Yazılım
MAVs	Micro-Air Vehicles	Mikro Hava Araçları
MB	Mega Byte (2^{20} Byte)	Milyon Byte (2^{20} Byte)
Mbps	Megabit (10^6 Bit) per second	Saniyede Bir Milyon Bit
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems	Mikro Elektro Mekanik Sistemler
MESSAGE	Mobile Environmental Sensing System Across Grid Environments	Şebeke Ortamlarında Mobil Çevre Algılama Sistemleri
MHz	Megahertz (10^6 Hertz)	Milyon Hertz (10^6 Hertz)
MIT	Massachusetts Institute of Technology	Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
mPCA	Mobile Patient Caregiver Assistant	Mobil Hasta Bakıcısı
mW	miliWatt	mili Wat

mw	mili Watt	mili Wat
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards	Ulusal Hava Kalitesi Standartları
NATO	North Atlantic Treaty Organization	Kuzey Atlantik İttifakı
NBC	Nuclear Biological Chemical	Nükleer, Biyolojik Ve Kimyasal
NEST	The Network Embedded Systems Technology	Ağ Gömülü Sistemler Teknolojisi Programı
NIH	National Institutes of Health	Ulusal Sağlık Enstitüsü
NOAA	The National Oceanographic And Atmospheric Administration	Ulusal Oşinografi ve Atmosfer İdaresi
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
NSWC PC	Naval Surface Warfare Center, Panama City	Deniz Yüzey Harp Merkezi Panama City
NWS	National Weather Service	Ulusal Hava Hizmetleri
OGC	Open Geospatial Concortium	Açık Coğrafi Konsorsiyum
PATHS	Physical Activities Healthcare System	Fiziksel Aktiviteler Sağlık Sistemi
PCB	Printed Circuit Board	Baskı Devre
PDA	Personel Digital Assistant	Kişisel Sayısal Yardımcı
pH	Power of Hydrogen	Asitlik Düzeyi
PWM	Personal Wellness Manager	Kişisel Sağlık Yönetimi
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	Karesel Genlik Modülasyonu
QR	Quadrupole Resonance	Kuadropol Rezonans
REMBASS	The Remotely Monitored Battlefield Sensor System	Uzaktan İzlenebilir Savaş Alanı Algılama Sistemi
RF	Radio Frequency	Radyo Frekansı
RFID	Radio Frequency Identification	Radyo Frekansı ile Tanımlama
RMA	Revolution In Military Affairs	Askeri Meselelerde Devrim
RP	Retinitis Pigmentosa	Ağ Katman Körlüğü
RRAPDS	Remote Readiness Asset Prognostic and Diagnostic System	Uzak Hazırlık Varlık Prognostik ve Teşhis Sistemi
RTOS	Real-Time Operating System	Gerçek Zamanlı İşletim Sistemi
SCIER	Sensor & Computing Infrastructure for Environmental Risks	Doğal Afetleri Yönetmek İçin Bir Teknolojik Simülasyon Platformu
SCW	Sophisticated Conventional War	Sofistike Konvansiyonel Savaş
SensAction-ALL	SENSing and ACTION to support mobility in Ambient Assisted Living	Ortam Destekli Yaşam Hareketliliğini Desteklemek İçin Algılama Ve Eylem.
SENSE	Smart Embedded Network of Sensing Entities	Varlık Algılama Akıllı Gömülü Ağ
SENSIT	The Sensor Information	Algılayıcı Bilgi Teknolojisi

	Technology	
SHM	Structural Health Monitoring	Yapısal Sağlık İzleme
SIDS	Sudden İnfant Death Syndrome	Ani Bebek Ölümü Sendromu
SIGIS	Scanning Infrared Gas Imaging System	Tarama Kızılötesi Gaz Görüntüleme Sistemi
SNAV	Sensor Networks for Active Volcanoes	Aktif Volkanlar için Algılayıcı Ağlar
SpO2	Oxygen Saturation	Pulse Oksimetri
SSA	Self-Sensing Array	Self Algılama Dizisi
STANAGs	STANdardization AGreementS	Standardizasyon Anlaşmaları
SWE	Sensor Web Enablement	Algılayıcı Web Etkinleştirme
TOT	Toys of Tomorrow	Yarının Oyuncakları
TOVA	The Totally Optical Vapor Analyzer	Tamamen Optik Buhar Analizör
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter	Eşzamansız Alıcı-Verici
UbiMon	Ubiquitous Monitoring Environment for Wearable and Implantable Sensors	Giyilebilir Ve Vücuda Yerleştirilebilir Sürekli Çevre İzleme
UCAV	Unmanned Combat Air Vehicle	İnsansız Savaş Hava Taşıtları
UFAD	Underfloor Air Distribution	Yerden Hava Dağıtımı
UGS	Unattended Ground Sensor	Katılımsız bir Zemin Algılayıcısı
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi
UUV	Unmanned Underwater Vehicles	İnsansız Sualtı Aracı
VHF	Very High Frequency	Çok Yüksek Frekans
WAPMS	Wireless Sensor Network Air Pollution Monitoring System	Kablosuz Algılayıcı Ağı Hava Kirliliği İzleme Sistemi
WBANs	Wireless Body Area Networks	Kablosuz Vücut Alan Ağları
WINS	Wireless Integrated Network Sensors	Entegre Kablosuz Ağ Algılayıcılar
WINSOC	Wireless Sensor Network with Self Organization Capabilities	Kritik ve acil uygulamalar için Kendi Kendine Örgüt Yetenekli Kablosuz Algılayıcı Ağ
WISP	The Wireless Identification And Sensing Project	Kablosuz Kimlik ve Algılama Projesi
WildCENCE	Project For Indian Wild Life Monitoring	Hindistan Yaban Hayatı İzleme
WsHC	Wireless Health and Care	Kablosuz Sağlık ve Bakım

GİRİŞ

Bu tezde I. bölümde Kablosuz Algılayıcı Ağlarda düğüm tasarımının tarihçesi verilmektedir. Yine aynı bölümde Kablosuz Algılayıcı Ağlar konusunun desteklediği protokollere ve mimarisine yer verilmektedir.

Tezin II. bölümünde ise Kablosuz Algılayıcı Ağlar'ın uygulama alanları aşağıdaki sıralamaya göre detaylı olarak incelenmiştir;

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

Tezin IV. Bölümünde ise; gerçekleştirilmiş olan Bir Algılayıcı Düğümü Tasarımı ayrıntılı olarak ele alınıp anlatılmaktadır. Ayrıca bu bölümde yapılan tasarımın bir insan vücudunda sıcaklık ölçmesi üzerinde test edilmesi de gerçekleştirilmektedir. Yapılan testler sonucunda Seri port Arayüz (Kablosuz Algılayıcı Uygulaması) Programı

vasıtasıyla alınan veriler bir Microsoft Access 2010 veritabanına kaydedilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu sayede veriler istenildiği kadar saklanabilmektedir. Yine aynı programda veriler, alındığında kendi üzerinde görüntülenebilmekte ve Grafik Arayüzü sayesinde de verilerin bu grafik ortamında analizi de mümkündür.

Tezin V. Bölümünde ise yapılan çalışma ile ilgili olarak Sonuç ve Tartışma yer almaktadır.

EK-I'de "Kablosuz Algılayıcı Ağ Araştırma Konuları" adı altında dünyada yapılan Kablosuz Algılayıcı Ağ araştırma konuları sıralı dizin olarak sunulmuştur.

BÖLÜM 1

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR

Dağıtılmış Algılayıcı Ağ (Distributed Sensor Nets - DSN) teknoloji bileşenleri 1978 yılında "Proceedings of the Distributed Sensor Nets Workshop" çalıştayında tespit edilmiştir. Bu algılayıcılara (akustik), iletişim ve işleme modülleri ve dağıtık yazılım dâhil edilmiştir. Bu sistemler tam olarak kablosuz bağlantı ile ilişkili değildiler. Bilgisayar, iletişim ve mikro elektromekanik teknolojisindeki son gelişmeler kablosuz algılayıcı ağ araştırmalarında çığır açmıştır. 1998 yılından sonra da yeni bir uluslararası araştırma dalgası başlamıştır. Algılayıcıların boyutlarının küçülmesi ve fiyatlarının düşmesi ile kullanım alanları genişlemiştir (Merret ve Tan, 2010).

DARPA'nın SENSIT araştırma projesi ile yeni bir dalga daha başlamış oldu. Yine IEEE olayları inceledi ve kablosuz kişisel alan ağları için IEEE 802.15.4 standardını tarif etti. ZigBee Alliance tarafından yüksek düzeyde iletişim protokolleri standardı IEEE 802.15.4'e dayanarak yayımlandı. Şu an için kablosuz algılayıcı ağları 21. yüzyılın en önemli projelerinden biri olarak görülmektedir. Çin gibi ülkeler de kendi stratejik araştırma programlarına yer vermektedirler. Ayrıca Crossbow gibi ticari kuruluşlar da bu sistemlerin yaygınlaşmasını sağlamaktadırlar (Merret ve Tan, 2010).

1978 yılından itibaren meydana gelen kablosuz algılayıcılar konusundaki teknolojik gelişmelere bağlı olarak kablosuz sistemler ortam şartlarını gözlemleyen ve veri aktarımında kullanılan algılayıcılarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin kullanılmasının birçok sebebi vardır ve en önemlileri ise; düşük maliyet, düşük güç tüketimi, veri işleme, kablosuz iletişim kapasiteleri, sınırlı sayıda ekipman kullanımı ve küçük algılayıcılar olmasıdır. Kablosuz algılayıcılar bu özellikleri nedeniyle iletişim, gözlem ve veri aktarımı alanında önemli bir yer tutmaktadır (Merret ve Tan, 2010).

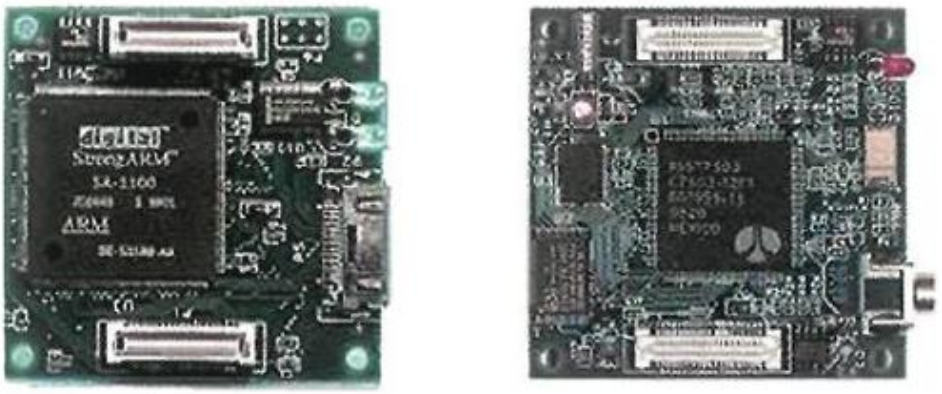
Bunun yanında ortam şartlarından kaynaklanan sorunlar veya ticari nedenlerle de kablosuz algılayıcıların tercih edilmesine neden olmuştur. Kablolu sistemlerin sorunları kablo kırılmaları veya kopmaları, yüksek kablo maliyetleri, yüksek güç tüketimi sayılabilir. Ayrıca algılayıcılar çevre veya toplumla bütünleşik olarak kullanılabilir (Merret ve Tan, 2010).

1.1. Kablosuz Algılayıcı Düğümlerinin Gelişimi

1.1.1. WINS – University of California, Los Angeles

1996 yılında Düşük Güçlü Entegre Kablosuz Mikro Algılayıcılar'ın (LWIMs) UCLA ve Rockwell Bilim Merkezi tarafından üretilmesiyle, kablosuz algılayıcılar ticari alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Düşük maliyetli CMOS fabrikasyon ile çok sayıda algılayıcı, elektronik arayüz, kontrol ve iletişim birimleri tek küçük bir aygıtta toplanmıştır. LWIM 1mW verici ile 10 metrelik bir alanda 100Kbps kablosuz iletişimi desteklemekteydi (Yu ve Prasanna, 2006).

1998 yılında yine aynı takım, ikinci nesil algılayıcı düğümü olan Entegre Kablosuz Ağ Algılayıcılarını (Wireless Integrated Network Sensors - WINS) üretti. Rockwell tarafından üretilen ticari kullanım amaçlı WINS, 32 bitlik Intel Strong ARM SA1100 işlemci (1 MB SRAM ve 4 MB flash hafıza), 1 ile 100mW arasında ayarlanabilen güç tüketimi ile 100Kbps kablosuz iletişimi destekleyen bir radyo kartı ve bir algılayıcı kartı barındırmaktaydı. İşlemcinin aktif güç tüketimi 200mW seviyesindeyken uyku halinde güç tüketimi 0.8mW civarındaydı (Yu ve Prasanna, 2006).



(a) WINS Ana Kartı (b) WINS Radyo Kartı

Resim 0.1. Rockwell Bilim Merkezi WINS Düğümü

1.1.2. Motes Ailesi – University of California, Berkeley

1999 yılında Berkeley'de geliştirilen Smart Dust projesi ile üretilen WeC adı verilen ilk algılayıcı düğümü piyasaya sürüldü. WeC, 8 bitlik 4 MHz hızında aktif güç tüketimi 15mW, pasif güç tüketimi 45 µW olan Atmel Mikro denetleyici (512b Ram 8Kb Flash hafıza) üzerinde barındırmaktaydı. Aynı zamanda WeC 10Kbs hızında kablosuz veri iletişimini 36mW verici ve 9mW alıcı güç tüketimi ile desteklemekteydi. (Yu ve Prasanna, 2006).

Bu süreçte, Mica, Mica2, Mica2Dot ve MicaZ'yi bünyesinde barındıran Mica ailesi 2001 yılında piyasaya sürüldü. Mica 8 bit 4 Mhz hızındaki ATmega103L işlemcisini kullanmaktayken önceki algılayıcı düğümlere kıyasla daha üstün bir kapasiteye sahip olduğu kabul edildi. Mica 4Kb Ram ve 128 Kb flash hafızası ve basit bit düzeyinde radyo kullanan RFM TR1000 ile neredeyse WeC ile aynı güç tüketim değerleriyle 40Kbps kablosuz veri iletişimine olanak tanımaktaydı. Mote mimarisi, birden fazla değişik türevde algılayıcı, veri erişim kartı veya ağ ara yüz kartı monte edilmesine izin veriyordu (Yu ve Prasanna, 2006).



a) WeC b) Mica Ailesi



c) Telos d) Spec Prototip

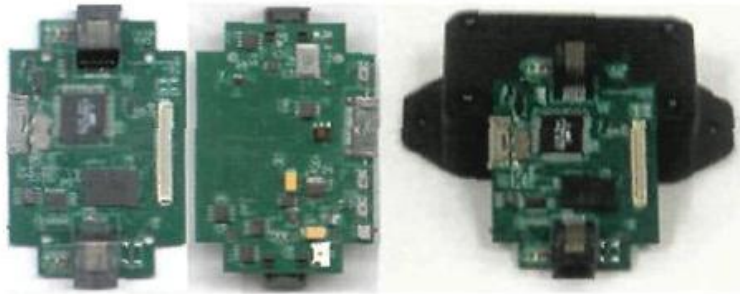
Resim 0.2. Berkeley'den MOTES Düğümleri

Mica'yı takip eden süreçte 2002 yılında Mica2 ve Mica2Dot düğümleri, 33mW aktif ve 75µW pasif güç tüketimine sahip, ATmega128L mikrodenetleyicisi ile piyasaya sürüldü. Radyo modülünü de daha geniş frekans seçeneği sunan ve FSK modülasyonu kullanarak gürültü düzeyini düşüren Chipcon CC1000 modülü ile değiştirildi. Bundan bir yıl sonra MicaZ, 802.15.4/ZigBee protokolü destekleyen (Abhiman, vd, 2006), 250Kbs üzeri kablosuz veri iletişimi sağlayan Chipcon CC2420 geniş band modülüyle piyasaya sürüldü. Bu modül aynı zamanda tümleşik olarak şifreleme ve kimlik doğrulamayı da destekliyordu (Yu ve Prasanna, 2006).

Motes ailesinin diğer bir ürünü olan Telos 2004 yılında piyasaya sürüldü (Polastre, vd, 2005). 3mW aktif, 15µW pasif güç tüketimine sahip Texas Instruments firmasının mikro denetleyicisini kullanan Telos oldukça düşük güç tüketimiyle dikkat çekmekte idi. Bununla birlikte maliyeti düşüren PCB üzerinde tümleşik anten, PC ile kolay iletişim kurmayı sağlayan tümleşik USB bağlantı arayüzü, entegre nem, sıcaklık ve ışık algılayıcı, eşsiz algılayıcı kimlik tanımlama için 64 bit MAC adresleme Telos ile sunulan yeniliklerdendir (Yu ve Prasanna, 2006).

1.1.3. Medusa – University of California, Los Angeles

Motes, tasarım felsefesi ve kullanım alanları bakımından WINS'ten oldukça farklıdır. Motes basit algılama ve sinyal işleme uygulamaları için tasarlanmış, işlem ve iletişim kapasitesi bakımından zayıf kalmıştır. WINS esasen yoğun işlem uygulamaları ve büyük hafıza ihtiyaçları için geliştirilmiştir. Motes ve WINS arasındaki bu boşluğu doldurmak amacıyla Medusa MK-2 algılayıcı düğümü CENS (Gömülü Ağ Algılama Merkezi - Center of Embedded Networked Sensing) tarafından 2002 yılında UCLA'da geliştirilmiştir (Yu ve Prasanna, 2006).



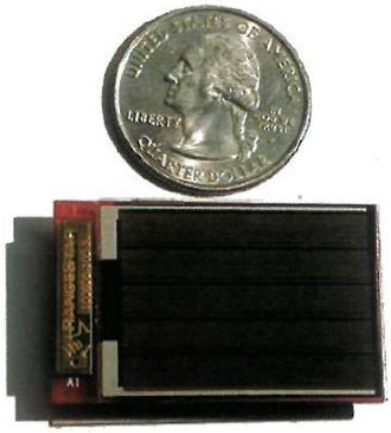
Resim 0.3 UCLA'dan Medusa Düğümü

İki adet mikrodenetleyici içermesi Medusa MK-2'nin ayırt edici özelliğidir. ATmega128 mikrodenetleyicisi düşük işlem kapasitesi gerektiren, radyo bandı işleme ve algılayıcı örneklemeye ayrılmıştır. Diğer işlemcisi olan AT91FR4081 mikrodenetleyicisi (40MHz, 1Mb flash hafıza, 136 Kb Ram) ise daha fazla güç gerektiren karmaşık işlemlere ayrılmıştır. Bu iki farklı özellikte mikro denetleyicinin bir araya gelmesiyle Kablosuz Algılayıcı Ağlarında, yüksek hız ve uzun pil ömrü ihtiyacı gerektiren ortamlarda esnek bir kullanım sağlanmaktadır (Yu ve Prasanna, 2006).

1.1.4. PicoRadio - University of California, Berkeley

Kablosuz düğümlerin en kritik sorunu enerji tüketimi konusudur. Geniş saha kullanımlarında sık denetim ve yenileme ihtiyacı yüzünden bakım maliyeti sorunu ortaya çıkarmaktadır. 2003 yılında Berkeley Kablosuz Araştırma Merkezi (Berkeley Wireless Research Center - BWRC) gücünü güneşten ve titreşim sinyallerinden alan ilk kablosuz verici olan Pico Beacon'u piyasa sürdü. Entegre edilen RF modülü 400µW'tan

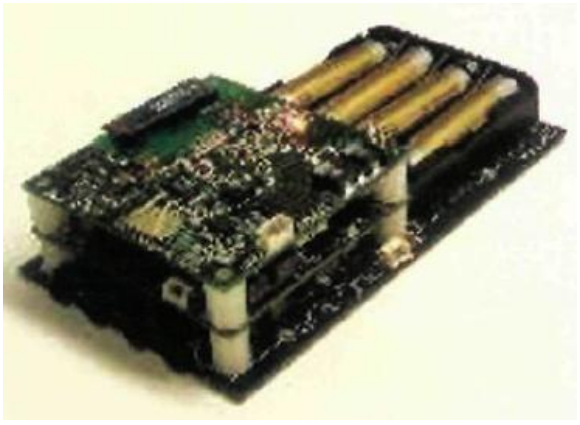
daha az güç tüketmekteydi. Yoğun ışıklı bir ortamda %100, karanlık bir ortamda titreşime bağlı olarak %2.6 işlem kapasitesiyle çalışmaktaydı (Yu ve Prasanna, 2006).



Resim 0.4. Berkeley'den PicoBeacon Düğümü

1.1.5. µAMPS - MIT

İlk testin ardından takım bir dijital ve bir analog RF ASIC, / zAMPS-II entegre algılayıcıdan oluşmuştur. Sistemin ilginç özelliği düğümlerin birkaç modda çalıştırılıyor olmasıdır. Burada ya düşük-uç tek başına koruma düğüm, orta-uç algılayıcı ağlar için tamamen işlevsel bir düğüm ya da daha güçlü-uç algılayıcı sistemleri bir eşlik bileşeni olarak çalıştırılabilir. Böylece kaynakların daha verimli kullanılması için heterojen algılayıcı düğümleri bir ağ oluşturulur. MIT (Massachusetts Institute of Technology – Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) tarafından geliştirilen µAMPS-1 Düğümü Resim 1.5'de gösterilmiştir (Yu ve Prasanna, 2006).



Resim 0.5. MIT µAMPS-1 Düğümü

1.2. Kablosuz Algılayıcı Ağlarının Desteklediği Protokoller

1.2.1. IEEE 802.15.4/Zigbee kablosuz algılayıcı ağ iletişim protokolü

Kişisel kablosuz ağlarda, düşük güç ile sınırlı kapasite veri iletimi sağlamak amacıyla ZigBee tarafından geliştirilmiş ve IEEE tarafından 802.15.4 adıyla standartlaştırılmış iletişim protokolüdür (Karasulu, vd, 2009).

ZigBee'nin diğer IEEE standartlarına göre ayırt edici özellikleri; (Chandra, vd, 2008)

- 10 ile 115.2Kbps arasında düşük veri hızı
- Standart bir batarya ile birkaç yıl süren düşük güç tüketimi
- Çoklu izleme ve uygulama kontrolü sağlayan ağ topolojisi
- Düşük maliyet, basit ve kolay kullanım
- Yüksek güvenlik

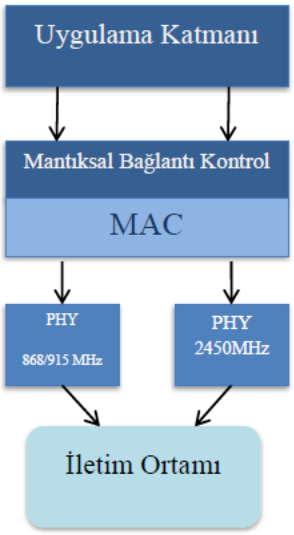
Tablo 0.1. IEEE 802.15.4 Radyo Frekansları Ve Veri Aktarım Hızları

Band	Etki Sahası	Kanal	Veri Hızı
2.4GHz	Dünya geneli	16 kanal	250 kbps
915MHz	Amerika	10 kanal	40 kbps
868MHz	Avrupa	1 kanal	20 kbps

1.2.1.1.IEEE 802.15.4/ZigBee mimarisi

ZigBee; IEEE'nin Wi-Fi, Bluetooth gibi diğer kablosuz standartların mimarisine benzer bir mimariye sahiptir (Rackley, 2007). Şekil 4.1'de basitleştirilmiş blok şema olarak ZigBee'nin mimarisi görülmektedir (Ma, vd, 2010). En altta RF alıcı-vericinin fonksiyon tanımlamasına göre iki fiziksel katman seçeneği görülmektedir. Her ikisinin de aynı anda aygıtta olması beklenmez. Fiziksel katman üzerinde iki adet alt katmandan oluşan Veri bağlantı katmanı bulunur. Bu alt katmanlar; mantıksal bağlantı kontrol ve MAC katmanıdır. MAC katmanı, fiziksel katmanların yönetiminden, kanal erişim, slot zamanlarının izlenmesi ve mesaj ulaşım bilgisinden sorumludur (Agha, vd, 2009).

Mantıksal Bağlantı Kontrol katmanı ise MAC, fiziksel katman ve uygulama yazılımı arasında bir ara yüz oluşturur (Karasulu, vd, 2009).



Şekil 0.1. ZigBee Mimarisi

Tablo 1.2.'de kişisel alan ağlarında yaygın olarak kullanılan Bluetooth modeli ile ZigBee'nin karşılaştırılması yapılmıştır (Karasulu, vd, 2009).

Tablo 0.2. Zigbee Ve Bluetooth Karşılaştırması

	Bluetooth	**ZigBee**
İletim Programı	FHSS	DSSS
Modülasyon	GFSK	QPSK BPSK
Frekans Bandı	2.4Ghz	2.4Ghz, 915Mhz, 868Mhz
Ham Veri Bit Hızı	1Mbps	250kbps, 40kbps, 20kbps
Güç Çıkışı	Max 100mw, 2.5mw Veya 1mw (Sınıfına Bağlı)	Min 0.5mw Maksimum İse Yerel Regülasyona Bağlı
Minimum Hassasiyet	%0.1 Bit Hata Oranı İçin -70dbm	%1'den Küçük Paket Hata Oranı İçin -85dbm (2.4Ghz) Veya 92dbm (915/868Mhz)
Ağ Topolojisi	Master + Slave 8 Aktif Düğüm	Yıldız Veya Noktadan Noktaya 255 Aktif Düğüm

Zigbee ağının koordinatör özellikleri şöyle sıralanabilir; (Özçekiç, 2005)

- Ağı kurup hazır hale getirir
- Ağda bulunan Beacon ismindeki çerçeveleri iletir.
- Ağda bulunan düğümleri düzenler
- Ağda düğüm bilgilerini depolar
- Eşleşmiş düğümler arasındaki mesajları yönetir.
- Tipik alıcı konumunda işlem yapar

1.2.2. IEEE 802.15.1&2 / Bluetooth

IEEE 802.11x standardından daha güçlü bir kişisel alan ağı standardıdır. Bilgisayarlar ile cep telefonu gibi aygıtlar arasında kısa mesafede veri aktarımı uygulamalarını kullanmak amacıyla geliştirilmiştir. Yıldız topolojisinde 7 düğümün bir merkez istasyonu ile iletişim kurmasını destekler. Bazı firmalar bluetooth teknolojisini kullanan kablosuz algılayıcı geliştirmiş olsa da geniş çevreler tarafından bluetooth teknolojisinin kısıtlamaları sebebiyle kabul görmemiştir (Karasulu, vd, 2009).

Bluetooth teknolojisinin kablosuz algılayıcı ağlarında kabul görmemesinin belli başlı sebeplerini şöyle sıralanabilir (Karasulu, vd, 2009);

- Kısa iletim mesafesi için yüksek güç tüketimi
- Bekleme modundan çıkıp tekrar sistem ile senkronize olmasının uzun sürmesi ve bu durumun ortalama sistem güç tüketimini arttırması.
- Az sayıda düğüme imkân tanıması

Tablo 0.3. Bluetooth Fiziksel Özellikleri

Frekans Aralığı	2402 – 2480 MHz
Veri Oranı	1 Mbps (fiziksel)
Kanal Bant Genişliği	1 MHz
Kanal Sayısı	79
Mesafe	10 – 100 m
RF Atlama	1600 kez
Şifreleme	Cihaz ID ve 0 / 40 / 64 bit anahtar uzunluklar

Tx Çıkış Gücü	Azami 20dbm (0.1mw)

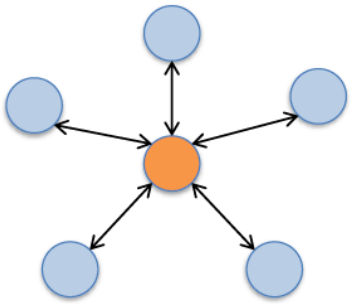
1.3. Kablosuz Algılayıcı Ağları Mimarisi

Kablosuz iletişimde birçok farklı ağ iletişim yöntemi mevcuttur. Kablosuz algılayıcı ağlarının yapısı diğer uygulama alanlarından farklı olduğu için genellikle; yıldız, mesh, yıldız-mesh hibrit ağ mimarileri kullanılmaktadır (Raludi, 2011).

1.3.1. Yıldız ağ

Bir merkez istasyonundan birçok düğüm kontrol noktasına mesaj göndermek veya mesaj almak biçiminde işleyen ağ bağlantı türüdür. Bu ağ bağlantı türünde, düğüm noktaları sadece merkez istasyon ile arasında veri aktarımı yapabilir. Her düğüm kendi arasında veri aktarımı yapamaz (Raludi, 2011).

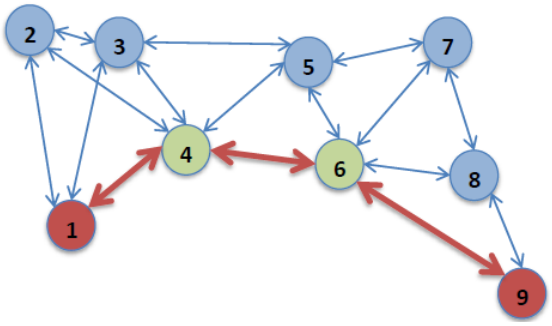
Bu bağlantı türünün kablosuz algılayıcı ağları için avantajı; düğümlerin güç tüketimlerini basit bir şekilde kontrol altında tutabilmesidir. Ayrıca merkez istasyon ile düğüm arasındaki veri aktarım gecikmesi de oldukça düşüktür. Olumsuz yanı ise bütün düğümlerin merkez istasyonunun kapsama alanı içerisinde bulunması gereksinimidir (Raludi, 2011).



Şekil 0.2. Yıldız Ağ

1.3.2. Mesh Ağ

Mesh ağ bağlantı türünde herhangi bir düğümün kapsama alanı içinde bulunan bir düğümün diğer bir düğüm ile iletişim kurabilmesine izin vermektedir. Geniş alan kablosuz algılayıcı ağlarında oldukça tercih edilen bir yöntemdir. Eğer bir kablosuz algılayıcı kapsama alanı dışında kalan diğer bir algılayıcı ile bağlantı kurmak istiyorsa diğer algılayıcı düğümlerini köprü olarak kullanır ve radyo dalgalarının kapsama alanı dışında kalan algılayıcı düğümü ile iletişim kurar. Bu yöntem ile oldukça geniş mesafelerde düşük güç harcayarak iletişim kurmak mümkün olmaktadır (Raludi, 2011).

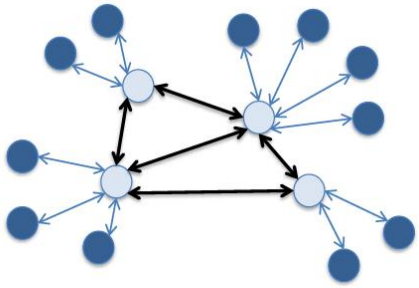


Şekil 0.3. Mesh Ağı

Şekil 1.3'de mesh ağı kullanan kablosuz algılayıcılar arasında veri aktarım örneği görülmektedir. 1. ve 9. düğümler birbirinin kapsama alanı dışında olmasına rağmen 4. ve 6. düğümleri kullanarak iletişim kurmaktadır. Ayrıca bu ağ yöntemi ile sisteme kolaylıkla bir düğüm eklenebilir ve 255 düğüm noktasına kadar bağlanmayı desteklemektedir. Olumsuz yönü ise düğüm noktalarının kendi verilerini gönderip almasının yanında birbirleriyle iletişim kurmaya çalışan diğer düğümler arasında da veri iletişimi yaptıkları için güç tüketimi yıldız ağ bağlantı tipine göre fazladır. (Okdem ve Karaboga, 2009)

1.3.3. Yıldız – Mesh hibrid ağ

Yıldız ağı ile Mesh ağının yapısını birlikte kullanarak kapsama alanının maksimum; enerji tüketiminin de minimum seviyede tutulmasını amaçlayan kablosuz ağ bağlantı yöntemidir (Figueiredo, vd, 2009).



Şekil 0.4. Yıldız - Mesh Hibrid Ağı

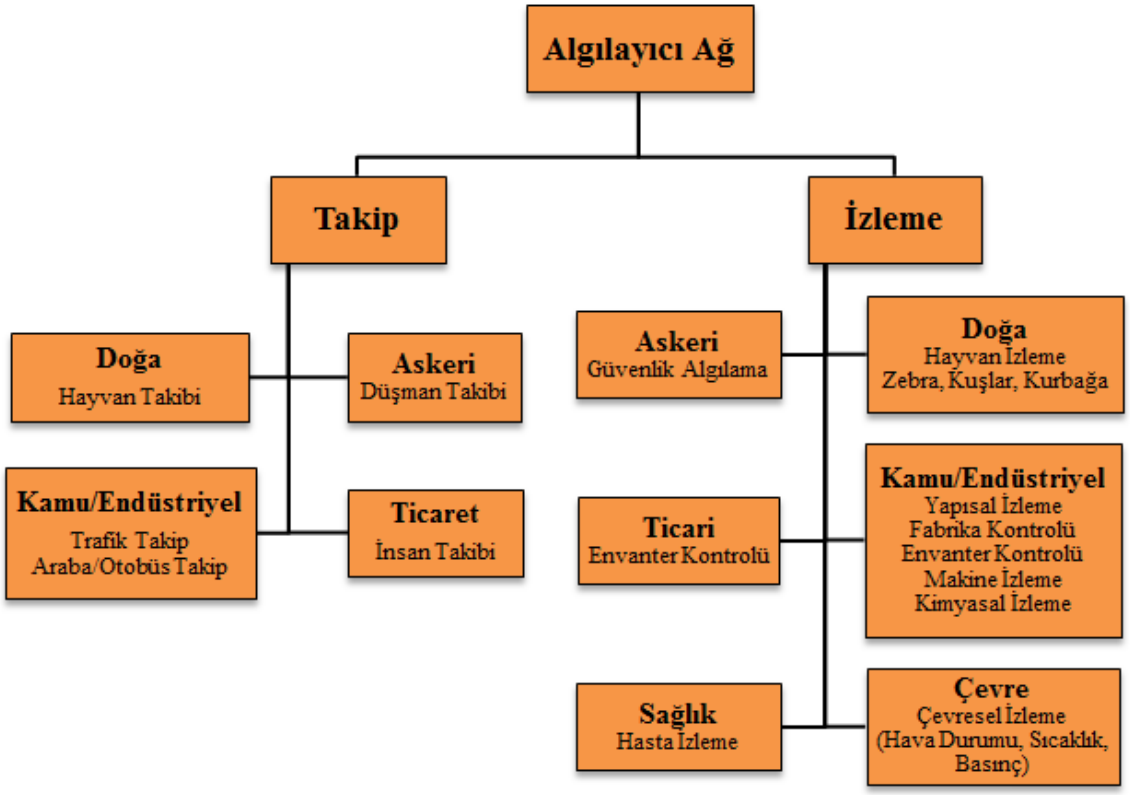
Bu ağ topolojisinde düşük güçlü düğümlerin kendi veri aktarımı dışında diğer düğümlerin kendi üzerinden bağlantı kurmasına izin verilmez. Doğrudan yüksek güçlü diğer bir düğüm üzerinden erişmek istedikleri düğüm ile bağlantı kurarlar. Bu yöntem ile geniş bir alanda kurulan kablosuz algılayıcı ağında kullanılan düğümlerin büyük oranda düşük güç tüketmesi sağlanır. Bu ağ topolojisi ZigBee topolojisi olarak da bilinmektedir (Bhattacharyya, vd, 2010).

BÖLÜM 2

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR UYGULAMA ALANLARI

WSN 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 (Yick, vd, 2008).

Bu sınıflandırma Şekil 2.1'de gösterilmiştir (Yick, vd, 2008);



Şekil 0.1. Algılayıcı Uygulamalarına Genel Bir Bakış

Literatür taramalarına göre kablosuz algılayıcı ağlarının kullanım alanlarının sınıflandırılması yukarıdaki gibi olduğu görülmektedir. 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. Buradaki amaç aynı uygulamanın hem takip hem de izleme alanında görülebilmesi nedeniyle tekrardan kurtulmaktır.

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 (Hussain, vd, 2009) Askeri Algılayıcı Ağlar, Kablosuz Algılayıcı Ağlarının birincil uygulama alanı olarak kabul edilmektedir (Winkler, vd, 2008).

Kablosuz Algılayıcı Ağlar, yoğun dağıtıma dayalı ve düşük maliyetli olduklarından bazı düğümler düşmanlar tarafından imha edilse bile geleneksel algılayıcılar kadar askeri operasyonları etkilemez ve savaş için daha iyi yaklaşım sunabilirler (Akyildiz ve Vuran, 2010).

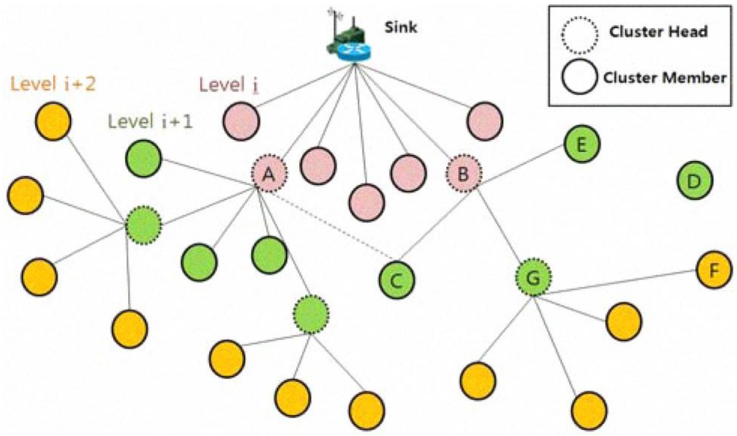
Kablosuz algılayıcılar hızlı bir şekilde herhangi bir altyapısı olmadan savaş sırasında ya da düşman bölgesinde kurulabilir. Gelecekte daha önemli roller oynayabilir ve gelecekteki savaşlarda da daha az insan müdahalesi ile daha akıllı hale gelebilirler (Zheng ve Jamalipour, 2009).

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 yönetme zorlukları vardır (Lee, vd, 2009).

Görünür ve kızılötesi görüntüleyiciler ve nokta algılayıcılar çevredeki şartların sabit olduğu güvenlik gözetimi için kullanılır (Nagel, 2005). Eğer şartlar sabit değilse bunun yerine daha aktif yapıya sahip kablosuz algılayıcı ağların kullanılması gerekmektedir.

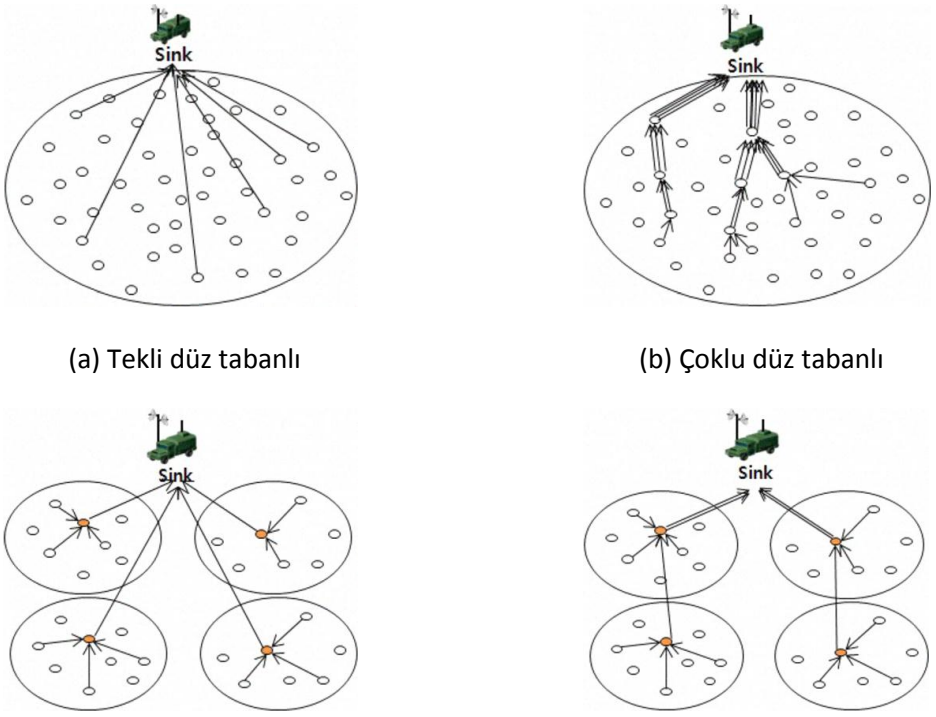
2.1.1. Askeri algılayıcılarda ağ mimarisi

Ticari algılayıcılarda enerji verimliliği çok önemli olduğu bilinmektedir. Taktik algılayıcılarda bunun önemi daha da artmaktadır. Birkaç algılayıcıda kritik bilginin enerji sorunları nedeniyle gecikmesi veya gelmemesi savaş anında taktiksel olarak yanlış kararların verilmesine neden olabilir. Bu nedenlerden dolayı taktiksel algılayıcı ağ yapısı Şekil 2.3.'deki gibi olmalıdır (Lee, vd, 2009).



Şekil 0.2. Taktik Askeri Algılayıcı Ağ Yapısı

Askeri alanda kullanılan kablosuz algılayıcı ağlarının değişik ağ mimarisi Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Lee, vd, 2009).

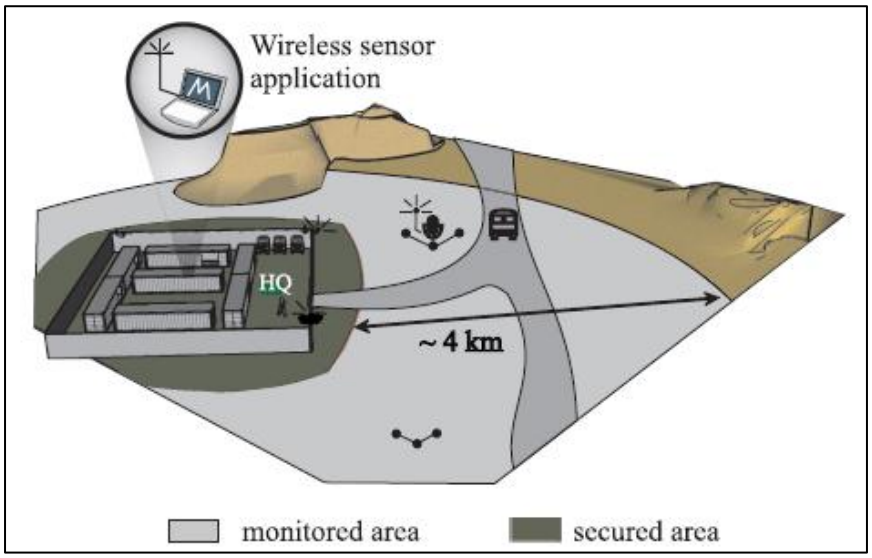


(a) Tekli düz tabanlı (b) Çoklu düz tabanlı

(c) Tekli kümeleme tabanlı (d) Çoklu kümeleme tabanlı

Şekil 0.3. Kümeleme ve Birleştirme İle Algılayıcı Ağ Mimarisi

2.1.2. Örnek bir uygulama



Şekil 0.4. Temel Koruma Desteği Kablosuz Algılayıcılar

Şekil 2.4'de örnek bir algılama sistemi tasarımı verilmiştir (Winkler, vd, 2008). Burada Elektromanyetik Algılayıcıların Yanı Sıra Akustik Algılayıcılar da kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi ya temel koruma desteği için ya da genel olarak kuvvet koruma için algılayıcılar kullanılabilmektedir (Winkler, vd, 2008).

Saldırıya uğramamak için algılayıcıların bir alanda uygun şekillerde dağıtılmış olması gerekmektedir. Askeriye çevresinde arazi dalgalı ve dağlık olabilir, ormanlarla çevrilmiş olabilir, bitki örtüsü ile gizlenmiş olabilir. Saldırı yaya militan şeklinde olabilir ya da gruplar halinde motorlu araçlarla gelebilir. Erken teşhis sistemi için kablosuz algılayıcı ağlar 10 km alanda 4 km'yi kapsayacak şekilde bir kemer halinde planlanabilir. (Winkler, vd, 2008)

Askeri amaçlı kullanılabilecek algılayıcılar; (Winkler, vd, 2008)

- Akustik algılayıcılar,
- Deprem algılayıcılar,
- Manyetik algılayıcılar,
- Kızılötesi algılayıcılar,

- Elektro-optik algılayıcılar (kapalı devre TV, vb.)
- Elektromanyetik algılayıcılar.

2.1.3. Önemli projeler ve oluşumlar

Soğuk savaş dönemi: Soğuk Savaş sırasında geniş akustik ağlar, denizaltı gözetleme amaçlı olarak ABD'de geliştirilmiştir. Bu algılayıcıların bazıları hala okyanusta sismik aktivite izlemek için Ulusal Oşinografi ve Atmosfer İdaresi (The National Oceanographic And Atmospheric Administration - NOAA) tarafından kullanılmaktadır. Ayrıca hava savunma radarları Kuzey Amerika'yı kapsayacak şekilde konuşlandırılmıştır. Burada Havadan Erken Uyarı ve Kontrol Sistemi (Airborne Warning and Control System - AWACS) uçakları kullanılmıştır (Sohraby, vd, 2007). Entegre Sualtı Gözetleme Sistemi (Integrated Undersea Surveillance System - IUSS)'de geliştirilen projeler arasındadır (Gavrilovska, vd, 2011).

1980'li ve 1990'lı yıllarda geliştirilen ve dağıtılan askeri uygulamalar Buradaki ürünler ilk nesil ticari ürünler olarak ortaya çıkmaktadır. DARPA, DSN araştırma ve gelişmiş testler tarafından oluşturulan sonuçlara dayanarak askeri planlamacıları ağ merkezli savaşın önemli bir bileşeni olarak algılayıcı ağ teknolojisini benimsetmeyi başarmıştır. Böylece maliyet ve geliştirme süresi azaltılarak etkin teknoloji elde edilmiş oldu (Sohraby, vd, 2007).

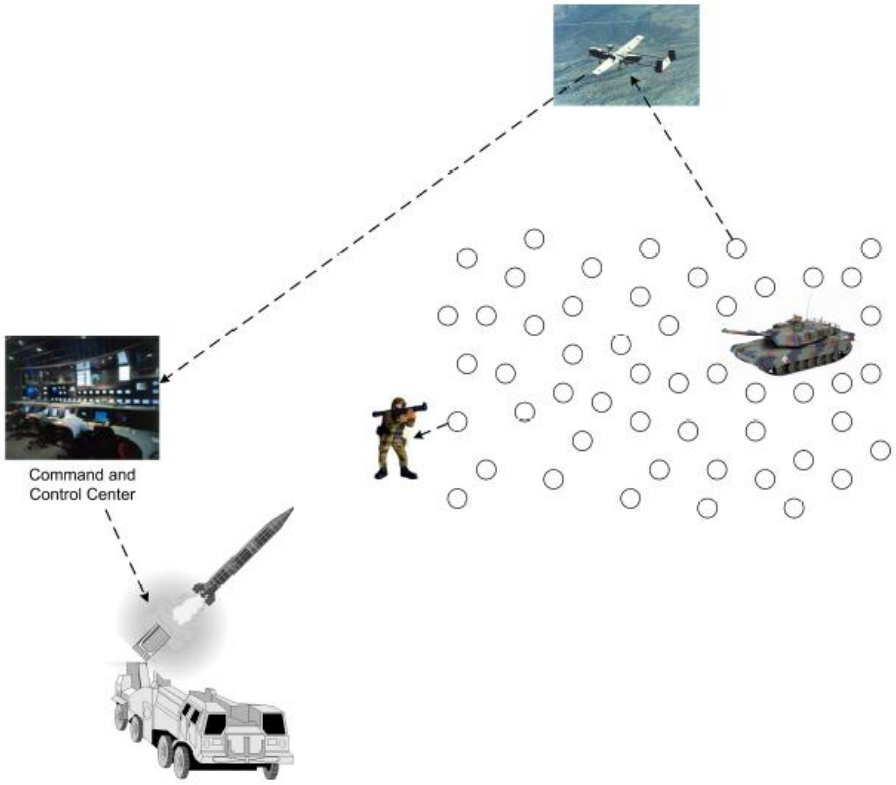
Algılayıcı ağlarla birden fazla gözlemle, geometrik ve fenomenolojik çeşitlilik, uzun algılama mesafesi ve hızlı tepki süresi yoluyla tespit ve izleme performansı artırılabilir (Sohraby, vd, 2007).

2.1.3.1. C4ISRT

Kablosuz Algılayıcı Ağlar uzak bölgelerde militan etkinliğini izleme ve kuvvetleri koruma gibi amaçlar için askeriyeler tarafından kullanılmaktadır. Düşman kuvvetin algılanması, düşman kuvvetin belirlenmesi ve onların harekât ve ilerleme analizleri uygun algılayıcılarla donatılması ile etkinleştirilebilmektedir (Winkler, vd, 2008). Kablosuz algılayıcı ağları, askeri komuta, kontrol, haberleşme, bilgisayar, istihbarat, gözetleme, keşif ve hedef sistemlerinin (Command, Control,

Communications, Computing, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance And Targeting – Komuta, Kontrol, Haberleşme, Bilgi İşlem, İstihbarat, Beka, Keşif ve Hedef Bulma - C4ISRT) ayrılmaz bir parçasıdır (Akyildiz ve Vuran, 2010, Akyildiz, vd, 2002, García-Hernández, vd, 2007). Bu nedenle literatürlere C4ISR adıyla girmiştir.

Aşağıdaki şekilde örnek bir C4ISR senaryosu verilmiştir (Önel, 2009).



Şekil 0.5. Kablosuz Algılayıcı Ağlarla C4ISR Senaryosu

Savaş gözetim; karşıt güçleri ve arazi keşif; hedefleme; muharebe hasar değerlendirmesi ve Nükleer, Biyolojik Ve Kimyasal (Nuclear Biological Chemical - NBC) saldırı algılama ve keşif algılayıcı ağlarının askeri uygulamalarda bazı dost güçler, donanım ve mühimmat takibi edeceklerdir (Akyildiz ve Vuran, 2010, Akyildiz, vd, 2002, García-Hernández, vd, 2007).

Şirketler bir dizi algılayıcılar ve ağ düğümleri özelleştirilebilir, hem mobil hem de internet arayüzleri geliştirmektedirler. Örneğin, Rockwell Bilimsel (Rockwell Scientific) kablosuz algılama ağ geliştirme sistemi, tasarım, dağıtım ile ilgili konularda incelenmesi ve mikro algılayıcı ağların kullanımı sağlamaktadır. Kablosuz dağıtılan

mikro algılayıcı ağlar her düğüm için bir iletişim düğümleri toplanmasından oluşmaktadır (Sohraby, vd, 2007);

1. Çevre ölçmek için bir veya daha fazla algılayıcı,
2. Yerel kontrolü gerçekleştirmek ve verileri işleme için işlem kapasitesi yüksek algılayıcı
3. Komşu düğümleri ve sonunda dış kullanıcılara bilgi iletişim kurmak için radyodan oluşmaktadır.

Şirket çok sayıda hükümet ve endüstri destekli programları geliştirmek için mikro algılayıcı ağlar ile deneme yaparak yeni prototip geliştirme platformları geliştirmiştir (Sohraby, vd, 2007). Sınırlı mevcut ürünler büyük algılayıcı cihazlar ve sadece az sayıda düğümlerden (<30 node) oluşan askeri ihtiyaçların adresi konumundadır. (Winkler, vd, 2008)

Kentsel savaş senaryoları özellikle multi-modal algılayıcıların optimizasyonu gibi talep ve çabaların ele alınmasını gerektirir. (Winkler, vd, 2008)

Askeri amaçlarla kullanılan algılayıcı ağ ürünlerinde bir standardizasyon yakalamak amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmekte olup bu da farklı satıcılardan ürün almayı ve kullanabilmeyi kolaylaştırmaktadır. Ayrıca tedarikçiler arasında rekabeti de artırmaktadır. NATO uygun STANAGs (STANdardization AGreementS – Standardizasyon Anlaşmaları) kullanımını teşvik etmektedir. (Winkler, vd, 2008)

Büyük tesisler ve değerli nesneler arasında değişen kişiler ve şeyler, fiziksel güvenlik, genellikle kablosuz algılayıcı ağları kullanılarak geliştirilmiş olan rutin bir gerekliliktir. Yüksek profilli siyasi ve sportif etkinliklerde, güvenlik çok önemlidir. Evler, ofisler, fabrikalar, diğer binalar, sınırlar, liman ya da havaalanlarında saldırının olup olmadığının tespiti genellikle bu tür bir izlemenin ana hedefidir. Özellikle nükleer enerji santralleri ve kimyasal tesislerin depolama alanları ve tehlikeli yüklemelerinin izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Nagel, 2005).

9/11 saldırıları yeni bir güvenlik sorununa yol açmıştır. Nakliye konteynırları içinde kaçak yolcu ve kitle imha silahlarına karşı vatanı korumak için kablosuz algılayıcı sistemler son yıllarda önem kazanmıştır (Nagel, 2005).

Askeri nakliye konteynırlarının içine sızma olup olmadığı önemli bir konu haline gelmektedir. Bu nedenle Department of Homeland Security tarafından konteynırlar için prototip izleme ve iletişim sistemleri Güvenli Ticaret Operasyonu olarak adlandırılan bir başlangıç programı başlatıldı (Nagel, 2005).

ABD Ordusu füze ve mühimmatın kutu içinde koşullarını izlemek için, Uzak Hazırlık Varlık Prognostik ve Teşhis Sistemi (Remote Readiness Asset Prognostic and Diagnostic System - RRAPDS) adı verilen bir sistem geliştirmektedir. Bu sistemde sıcaklık, nem, darbe, titreşim ve diğer faktörler muhtemelen, elle tutulan kablosuz bir sorgulayıcı tarafından izlenir olacak. Bu teknik altyapı raylı otomobiller, kamyonlar, nakliye konteynırlarının koşullarını izlemek için de geliştirilen sistemler ile ortak yönleri vardır (Nagel, 2005).

Amerikan Ordusu askerlerin durumu hakkında kablosuz ve otomatik olarak bir rapor sunacak Warfighter Fizyolojik Durum İzleme Sistemi geliştirmektedir (Nagel, 2005).

Gelişmiş Uzaktan Zemin Gözetimsiz Algılayıcısı (Advanced Remote Ground Unattended Sensor - ARGUS) sistemi, havadan atılan düğümün uydu üzerinden bilgi alınması için kullanılmaktadır (Nagel, 2005).

2.1.3.2. DARPA

Amerikan Savunma Bakanlığı DARPA (The Defense Advanced Research Project Agency – Savunma İleri Araştırma Proje Ajansı) projesi ile kablosuz algılayıcılara büyük önem vermektedir. Kablosuz algılama ağı araştırmalarının kökenleri DARPA'nın 1980 araştırmalarına kadar uzanmaktadır (Merret ve Tan, 2010). Bu nedenle Algılayıcı Bilgi Teknolojisi (The Sensor Information Technology - SensIT) programı geliştirilmiştir. Ağ Gömülü Sistemler Teknolojisi Programı (The Network Embedded Systems Technology - NEST) fiziksel ve bilgi süreçlerince taneli füzyon sağlamak gibi misyonu vardır (Nagel, 2005, Miao, 2005). Bu programın nicel hedefi 100-100,000 basit bilgisayar düğümlerini kapsayan güvenilir, gerçek zamanlı, dağıtılmış, gömülü uygulamalar inşa etmektir (Nagel, 2005).

Askeri Meselelerde Devrim (Revolution In Military Affairs - RMA) Körfez Savaşı'ndan sonra askeri uzmanlar tarafından yeni bir kavram olarak ortaya çıkmıştır (Bekmezci, 2008).

Yüksek kalitede hedef, zekâ ve satın alma yöntemleri kombinasyonu ve entegrasyonuna dayalı Sofistike Konvansiyonel Savaş (Sophisticated Conventional War - SCW), etkin ve hızlı bir komuta, kontrol ve öldürme olasılığı yüksek hassasiyette ateş gücü ile hedefleri yok etme yeteneğine sahip; karada, denizde veya havada gündüz ya da gece RMA'nın bir parçasıdır. SCW'in en önemli parçalarından biri algılayıcı ağlardır. Özellikle iki önemli program Dağıtılmış Algılayıcı Ağlar (DSN) ve Algılayıcı Bilgi Teknolojisi (SENSIT), algılayıcı ağlarının askeriyede kullanımı açısından DARPA tarafından çok başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Bekmezci, 2008).

Dağıtılmış Algılayıcı Ağlar (The Distributed Sensor Networks - DSN) TCP-IP ve ARPANET iletişim yaklaşımına göre çalışmaktadır. DSN henüz ortak özellik gösteren fakat özerk olması tasarlanmış düşük maliyetli çok mekânsal bir sistemdir. DSN programı dağıtılmış bilgi işlem, sinyal işleme ve izlemeye odaklanmıştır. Teknolojik elemanlı akustik algılayıcılar üst düzey iletişim protokolleri ve algoritma hesapları ve dağıtık yazılım sunmaktadırlar. Carnegie Mellon Üniversitesi'nden araştırmacılar, dağıtılan kaynakların esnek şeffaf erişim için bir ağ işletim sistemine odaklanmış olup ve Massachusetts Institute of Technology araştırmacıları bilgi-tabanlı sinyal işleme teknikleri üzerine odaklanmıştır. 1980'li yıllarda devam eden çalışmalar yüksek bir hedef yoğunluğu, eksik tespitleri, yanlış alarmları içeren zor sorunları çözmek için birçok yeni algoritma geliştirilmesine neden olmuştur (Sohraby, vd, 2007).

Kablosuz Algılayıcı Ağlar için en önemli askeri uygulama ailelerinden biri saldırgan algılamadır. Saldırı tespiti, Kablosuz algılayıcı ağlarının uygunsuz, hatalı veya anormal hareketlerde saldırganın varlığını tespit etmek için kullanılması olarak tanımlanır. Bu algılama sistemlerinin temel amacı saldırganları belirlemek ve bir baz istasyonuna saldırganı rapor etmektir (Bekmezci, 2008).

2.1.3.3. REMBASS

REMBASS (Uzaktan İzlenebilir Savaş Alanı Algılama Sistemi- The Remotely Monitored Battlefield Sensor System) ve E-SMART (Entegre Sniper Yer Sistemi ve Çevre Sistemleri Yönetimi, Analiz ve Raporlama Ağı- Integrated Sniper Location System and Environmental Systems Management, Analysis and Reporting Network) önemli bir askeri uygulama örnekleri arasındadır (Bekmezci, 2008).

REMBASS, Katılımsız bir Zemin Algılayıcısı (Unattended Ground Sensor-UGS) sistemi personel, tekerlekli ve paletli araçların hareketinin yönünü algılar, sınıflandırır. Bu sistem dünya çapında gece/gündüz, tüm hava şartlarında erken uyarı, gözetleme ve hedef sınıflandırması sağlar. Algılayıcılar saldırı olasılığı olan caddelere yerleştirilir, yaklaşımla sismik ve akustik bozukluklar, kızılötesi enerji ve manyetik alan değişimlerine cevap verir. REMBASS sisteminin en büyük sorunu yanlış alarmdır. Her bir algılayıcı yüksek olasılıklı bir algılama algoritması ile çalışmaktadır. Algılayıcı bilgileri kısa mesafeli dijital mesajlar da dâhil VHF radyo iletimi tarafından bildirilmektedir (Bekmezci, 2008).

2.1.3.4. Gunfire

Tabancanın yerini saptamak için kendine özgü özelliklerinden yararlanarak tasarlanmış bir akustik algılayıcı sistemidir. DARPA 1995-1997 yılları arasında böyle bir algılayıcı geliştirmek için bir programı finanse etmiştir. Namlunun patlamasının zamanını ve geliş yönünü belirlemektedir. Sistemdeki algılayıcılar ortamdaki çeşitli verileri almak ve keskin nişancının yerini bulmak için çok karmaşık bir algoritma işlemine sahiptir. Tipik olarak sistem 1-2 derece ile keskin nişancının yerini ve kapsama alanını belirleyebilmektedir. Sistem keskin nişancıyı bulduktan sonra merkeze konumunu vermektedir (Bekmezci, 2008).

1991 yılından bu yana ABD Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı, Hava Keşif Kuvvetleri (AEF) Teknolojileri Bölümü (AFRL/MLQ) ve E-SMART projesi Oklohama City'de konuşlandırılmıştır. E-SMART sistemi çoklu algılayıcıları ile çevresel koşullarına bağlı, doğru, kapsamlı, yakın ve gerçek zamanlı bilgi sağlamak için

geniş bir alana konuşlandırılmış ve diğer giriş çıkış cihazlarını bağlamak için büyük bir ağ görevi yapmaktadır (Bekmezci, 2008).

Kimyasal ve biyolojik algılayıcılı bir ağ sistemi, kimyasal ve biyolojik saldırılarda etkilenen bölgelere hızla tahliye ve maruz kalan personel zamanında, etkin bir tıbbi tedavi sağlayabilir. Bu da birçok hayat kurtarabilmek için yeterli bir uyarı sistemidir. E-SMART sisteminde bunu hedefleyen algılayıcılar ve iletişim bağlantıları ağı oluşturulacaktır (Bekmezci, 2008).

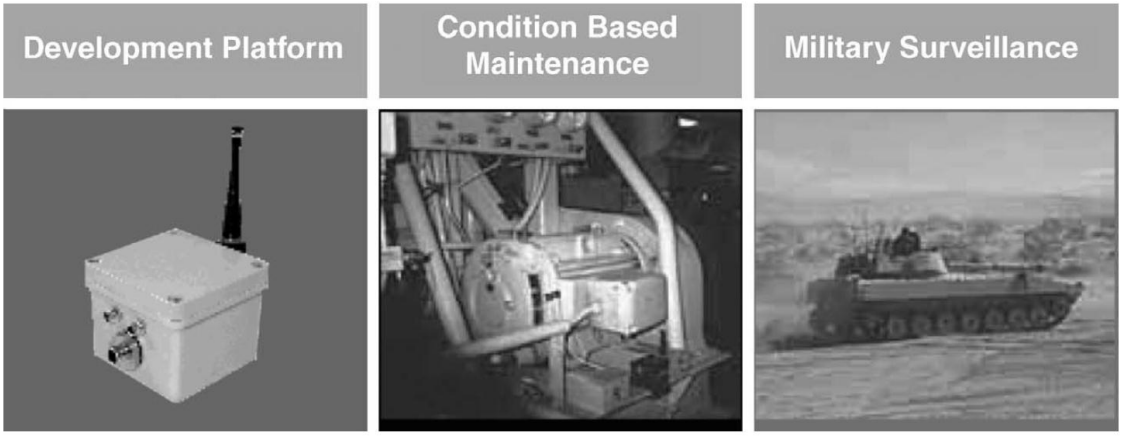
2.1.4. Askeri uygulama projeleri kullanım amaçları

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 (Hussain, vd, 2009).

Önemli askeri uygulama projeleri aşağıda sınıflandırılarak açıklanmıştır;

2.1.4.1. 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 (Sohraby, vd, 2007).



Resim 0.1. Askeri Örnekler (Rockwell Scientific).

2.1.4.2. 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 (Sohraby, vd, 2007).

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 alarmdır. Bu sorunları ortadan kaldırmak için her düğümde çoklu algılayıcı kullanılmalı ve her düğümde farklı yapıda algılayıcı tercih edilmelidir (manyetik, akustik vb.) (Sohraby, vd, 2007).

2.1.4.3. Savaş alanı izlenmesi

Algılayıcılar, muhalif güçlerin yakın gözetimini sağlayarak, araçların varlığı izlemek ve onların hareketlerini takip etmek için bir savaş içinde dağıtılabilir (Zheng ve Jamalipour, 2009).

2.1.4.4. 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 (Zheng ve Jamalipour, 2009).

2.1.4.5. 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 (Zheng ve Jamalipour, 2009).

2.1.4.6. Uzaktan algılama

Algılayıcılar, nükleer, biyolojik ve kimyasal silahlara karşı olası terörist saldırıları tespit ve keşfinde uzaktan algılama için dağıtılabilir (Zheng ve Jamalipour, 2009).

2.1.5. Askeri Uygulama Projeleri

2.1.5.1. Smart dust

Kablosuz algılayıcı ağların en erken uygulamalarından biridir. DARPA tarafından finanse edilen bu projenin ana hedefi düşman ortamlarda askeri operasyonlar için kullanılan algılayıcı ağları için teknolojiler geliştirmek ve sunmaktır. İnsanların sürekli olarak çalışması tehlikeli olan bölgelerde bu ağları dağıtmak daha yararlı olacaktır. Kablosuz Algılayıcı Ağların savaş üzerindeki görevi kendi kendine organize ve sağlam yapılandırmaya sahip kritik durumları değerlendirmek için gerekli bilgileri almaktır. Askeri uygulamalarda düşman hareketleri, tehlikeli kimyasallar ve altyapı istikrarı gibi bilgileri toplamaktadırlar. Bu projenin ana hedefi milimetreküp paketler halinde algılayıcı platformları geliştirmektir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

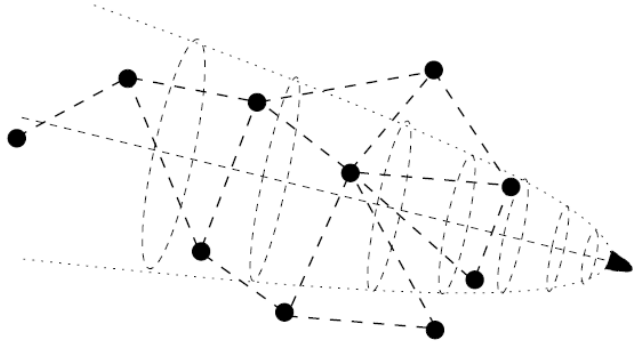
Ortaya çıkan algılayıcı düğümü, iki çipli 100 milimetreküp prototipte: bir optik alıcı, şarj pompası, basit bir dijital kumanda ile bir CMOS ASIC ve bir köşe MEMS köşe veri dizisidir. Bu proje The Creation Of Dust Networks Inc. Tarafından ticarileştirilmiştir. Buna göre savaş, antlaşma izleme, ulaşım izleme ve karadan karaya füze sistemi izleme gibi uygulamalarda bu platform kullanılmaya başlanmıştır. Diğer ticari uygulamalarda da kullanılanabilmektedir. Bu proje ile örneğin bir toz mote ile her tırnağa bağlı bilgi hareketlerini algılayarak ve tuş vuruşlarını dönüştürmek için kullanılarak bir sanal klavye geliştirilmiştir. Yine bu sistem envarter kontrolü, her öğenin palet, kamyon, depo ve internet iletişimini kurabilir kablosuz algılayıcı düğümü ile donatılmış bir parçası olarak kullanılabilir. Etin sıcaklık, nem üretimi, ürün kalitesi izleme için kullanımı ve süt ürünlerinin takibini yapabilir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.1.5.2. 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, Resim 2.2'deki gibi Counter Sniper sistemi araç üzerine yerleştirilmiş bir dizi mikrofondan oluşmaktadır ya da bir asker tarafından giyilebilir bir sistemdir. Mikrofonla algılanan ses atış yapanın göreli konumunu tahmin etmek için işlenir. Sistem, araca monte edilmiş algılayıcılar ile atış yapanın hareket bilgisini bile tespit edebilmektedir (Akyildiz ve Vuran, 2010).



Resim 0.2. Boomerang Sniper Algılama Sistemi



Şekil 0.6 Dağıtılmış Keskin Nişancı Algılama Sistemi

Bu tarz çok yollu ses algılama sistemleri için Şekil 2.6'da gösterildiği gibi 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 (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.1.5.3. Omni kuşu

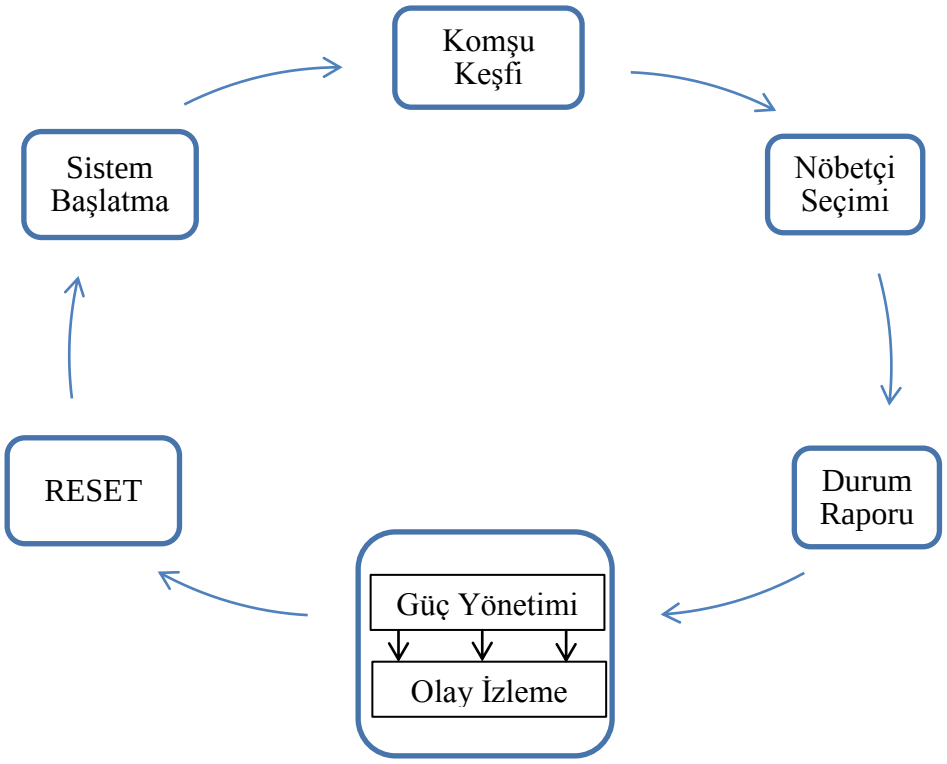
NAVAIR tarafından desteklenen, Boeing ve Northrup Grumman ile çalışan TECHNEST, Omni Bird olarak adlandırılan yeni bir havadaki video algılayıcılarla gündüz ve gece UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle - İnsansız Savaş Hava Taşıtları)'ın güverte işleme (örneğin taksilemek) işlemleri ve yerleşik gözetim için geliştirilmekte olan projesidir. Omni Bird algılayıcı son derece hassas bir yakın kızılötesi (NIR) algılayıcı ve küçük boyutlu (<8 inç küp) özel bir yerleşik görüntü işleyen elektronik ünite, düşük maliyetli (yaklaşık $ 1,500), hafif (<5 lb) ve büyütme/küçültme yeteneği ve benzersiz optik yapısı olan cihazdır (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.4. 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 (He, vd, 2006).

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 (He, vd, 2006).

Şekil 2.7'de gösterildiği gibi VigilNet sistemi döngülerden oluşmaktadır (He, vd, 2006).



Şekil 0.7. VigilNet Çalışma Evreleri

2.1.5.5. Askeri operasyonlar için otomatik araç

DARPA tarafından askeri kullanım amaçlı geliştirilmekte olup sonuçları büyük olasılıkla düzenli karayolu taşıtları için de gelecekte faydalı olacaktır. DARPA'nın 2020 Mobil Otonom Robot Yazılım (Mobile Autonomous Robot Software - MARS) projesi gerçek dünya ortamında insani performans düzeylerine yaklaşan algıya dayalı, tam kapsamlı özerk bir araç sürüş / navigasyon istihbarat sistemidir. Sistemin askeri lojistik operasyon keşfinin yanı sıra çatışma bölgelerinde askerin maruz kaldığı etkileri azaltmak gibi bir hedefi de vardır. Akıllı araç sistemleri özerk ortamlarda çalışılabilir olarak öngörülmektedir (Bulusu ve Jha, 2005).

Bu nedenle MARS programı dâhilinde hedeflenen otonom araç özellikleri şunlardır (Bulusu ve Jha, 2005);

Temel otoyol: Yol şerit izleme, araç algılama, engel algılama ve kaçınma,

Gelişmiş otoyol: Karayollarına girme ve çıkma, trafiğe katılma ve otoyol işareti tanıma;

Hibrid yol: Düzenlenmiş yollar ve yollar üzerinde çalıştırarak güvenli bir yol bulma ve çalıştırma;

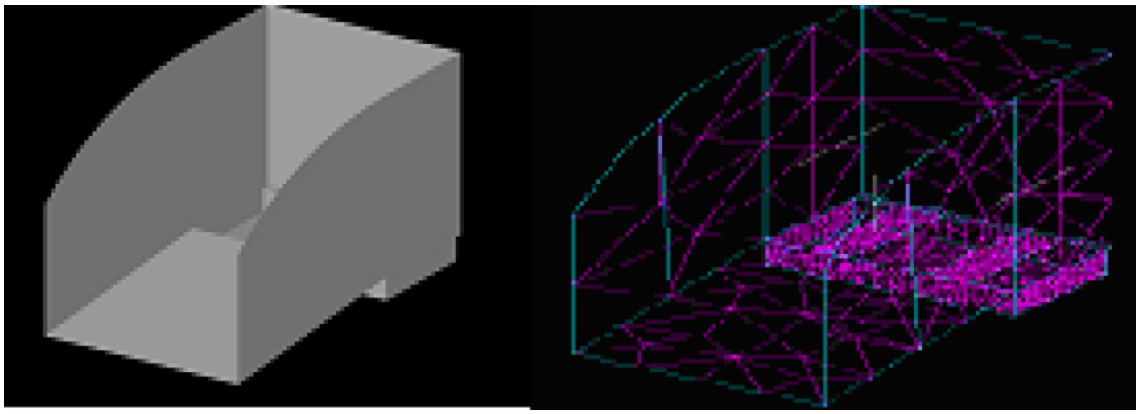
Temel şehir içi sürüş: Basit banliyö yollarda sürüş, insan, yol kavşak, trafik sinyalleri, dur işaretleri tespit etmek;

Gelişmiş şehir içi sürüş: Birden fazla araç ve yayayı ve trafik sıkışık durumlarda öncelik kestirilemezlik durumunda tam durumsal farkındalık.

Ayrıntılı bir MARS mimarisinin içine araç rotaları ve davranışları operatör komutları ve hedef tercüme edilerek geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Sisteme yol algılama, yaya algılama otoyol işaretleri algılama, kavşak ve giriş çıkış noktaları algılama eklenmiştir. New Orleans'dan Denver'a, 2004 yılında 1.000 kilometrenin üzerinde değerlendirme gezisi sırasında, prototip sistemi test edilmiş ve parametreleri içinde (hafif trafikten orta trafiğe ve yol yapımı olmaksızın) otomatik araç operasyonu % 98'in üzerinde başarı elde edilmiştir (Bulusu ve Jha, 2005).

2.1.5.6. Ayakkabı tarayıcı

Açık erişim kuadropol rezonans algılayıcı kullanan yeni bir ayakkabı tarayıcı projesidir (Hussain, vd, 2009).



Şekil 0.8. Geometrik modeli (a) ve açık erişim için sonlu eleman modeli (b)

Havaalanı güvenliği ve verimliliği, yolcuların ayakkabılarını çıkarmaları gerektiren bir işlem yapılmaktadır. GE Security San Diego Center of Excellence'de geliştirilen yeni ayakkabı tarayıcı, ayakkabıdaki gizli patlayıcıyı tespit etmek için Kuadropol Rezonans (Quadrupole Resonance - QR) kullanmaktadır. Ayakkabı tarayıcı, yolcular doğal pozisyonunda ayakta iken bir açık erişim şasi ve tarama haznesi ile gerçekleştirilmiştir (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.7. SSA

SSA, (Self-Sensing Array - Self Algılama Dizisi) Kimyasal, biyolojik ve patlayıcı buharı algılama, mikro konsol dizi algılayıcılar projesidir (Hussain, vd, 2009).

Nevada Nanotech Systems Inc. (NNTS), patlayıcı, toksik kimyasallar ve biyolojik ajan imzaları eser konsantrasyonlarını ölçmek için konsol tabanlı mikro Self Algılama Dizisi (SSA) teknolojisini geliştiriyor. Bu teknoloji, katılımsız algılayıcı ağları için gerekli seçicilik, dayanıklılık, düşük maliyet ve düşük güç sağlaması beklenmektedir. Bu yöntem, çeşitli patlayıcı, kimyasal, savaş ajanları, böcek ilaçları, yaygın kirleticiler, vb. algılanmasını sağlayarak çok yönlülükle önemli bir avantaj sunuyor (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.8. 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 (Hussain, vd, 2009).

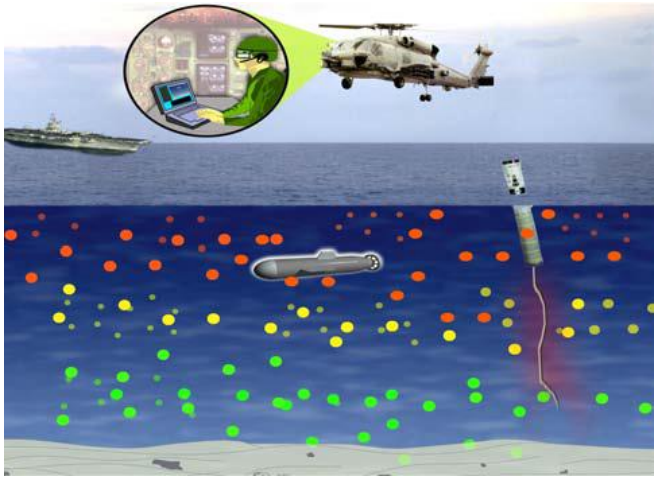
2.1.5.9. Deniz mayın tespit uygulamaları

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 (Hussain, vd, 2009).

İnsansız sualtı araçları (UUV), sualtı mayın tarlaları ölçme temizleme ve tehlikeli işlerin azaltılmasında önemli bir teknolojidir (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.10. 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 2.9'da gösterilmiştir. Bu konsept, bataryalar üzerinde çalışan modern dizel denizaltıları tespit etmek için, aktif ve pasif sonar küçük algılayıcıları kullanır (Hussain, vd, 2009).



Şekil 0.9. SI2, Kıyı Sularda Denizaltı Tespiti İçin Geniş-N Konsepti

2.1.5.11. EARS

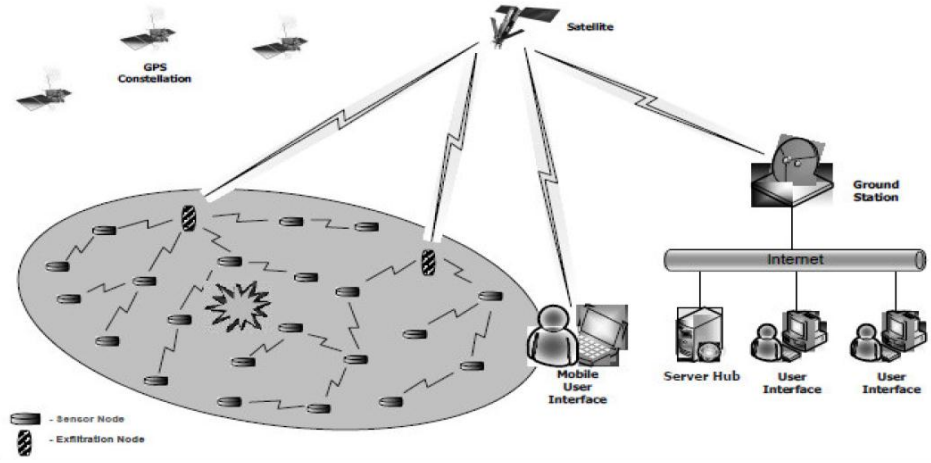
Erken Saldırı Reaksiyon Algılayıcı (Early Attack Reaction Sensor - EARS), sesli uyarı ve görüntü yoluyla kullanıcıya göre yer ve atış kökenli aralığı bilgi sağlamak için (namlu, patlama ve / veya şok dalgası) silahları algılayan pasif bir akustik algılama sistemidir. EARS sistemi insanlar için giyilebilir de dâhil olmak üzere çeşitli platform bağımsız uygulamalar için küçük bir mikrofon dizisi 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. Sistemi kanıtlamak için 7.62 mm ve 5.56 mm mermi ile test edilmiştir (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.12. Tek kullanımlık algılayıcı ağ

Tek kullanımlık algılayıcılarla bir ağ kullanarak varış patlama yerleştirilmesinin zaman farkı tespiti yapılmaktadır (Hussain, vd, 2009).

Kabul edilebilir bir doğruluk içinde ağa bağlı bir algılayıcı sistemi kullanarak bir patlayıcının olay yerinin belirlenmesi zor bir sorundur. McQ, ucuz akustik

algılayıcılarla bir mesh ağ 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 (Hussain, vd, 2009).



Şekil 0.10. Yüksek algılama sistemi mimarisi

Sistemin mimarisi Şekil 2.10'da gösterilmiştir. 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 yapılandıran 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 (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.13. Füze hazne sürekli izlenmesi için yeni optik algılayıcı sistemi

Füze çevresel izleme, milyonlarca dolar tasarruf ve gerekli füzelerin sayısının azaltılması dramatik bir şekilde füze etkin servis ömrünü artırır. Elektrik çarpma tehlikesi olmadan, füze bidonlarında şok ve titreşimle (100 g) veri toplayan ve depolayan bir yüksek hızlı sürekli izleme algılayıcı sistemi gerektirir. Bu çalışma yeteneğine sahip, tamamen optik bir sorgulama yaklaşımı kullanarak yüksek hızda (5Khz) üç boyutlu füze bidonlarda şok ve titreşim izlemek için Fabry-Perot MEMS tabanlı optik algılayıcı sistemi geliştirmek için bir çaba öngörülmektedir. Sistemde AEGIS muhrip veya titreşim, şok, sıcaklık, ya da bir füze spreyi toplamak ve

depolamak için kruvazör All-Round-Up (AUR) çevresel etkilenmeyi izleme sistemi kullanılması planlanmaktadır (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.14. SIGIS

SIGIS (Scanning Infrared Gas Imaging System - Tarama Kızılötesi Gaz Görüntüleme Sistemi) Sistemi, 2006 yılında dünya kupasında halka açık alanlarda gözetim için geliştirilmiştir (Hussain, vd, 2009).

Sivil savunma ajansı BBK tarafından temsil edilen Alman İçişleri Bakanlığı, yangınlar, kimyasal kazalar ya da terörist saldırılar halinde piyasadaki kimyasal maddelerin analizi için analitik bir görev gücü kurdu. Bu görev gücünün ilk ataması 2006 yılında Dünya Kupası analitik hizmetlerinin sağlanması oldu. Bu acil müdahale ekiplerinin bir kısmı uzun mesafeler tarama kızılötesi gaz görüntüleme sistemi (SIGIS 2) tehlikeli bulutlar tanımlama ve görselleştirme sağlayan bir uzaktan algılama sistemidir. Sistem bir teleskop ve senkronize bir tarama aynası ile birlikte tek bir dedektör elemanı ile bir girişimölçere dayanmaktadır. 360° gözetim sistemi sağlamaktadır (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.15. Akustik tehdit eden ses tanıma sistemi

Ses tanıma, sınıflandırma ve yerelleştirme tehdit edici asimetrik savaş ve terör tehditlerine karşı etkin bir şekilde kullanılabilecek bir örnek teknolojidir. Dağıtık ve hiyerarşik bir mimari ile yeni bir akustik tehdit tanıma sistemi sunmaktadır. Tehdit algılama, sınıflandırma ve kaynak yerelleştirme fonksiyonları, çoklu seviyede, temel düzeyde, ağ geçidi düğüm düzeyi ve algılama düğüm düzeyinde düzenlenecektir. Her düzeyde bilgi işlem görevi, dağıtılmış bir şekilde yapılır. Sistem Dalgacık Analizi, akıllı öğrenme ve algılayıcı füzyonda son gelişmeleri bir araya getirir. Bayesian ve Dempster-Shafer karar füzyon teknikleri daha da tehdit sınıflandırma doğruluğunu geliştirmek için uygulanır. Avantajları, enerji verimliliği, güvenilir algılama ve sınıflandırma düşük algılama ve sınıflandırma gecikme azaltılmış yanlış alarm ve verimli bant genişliği kullanımı sayılabilir (Hussain, vd, 2009).

2.1.5.16. Dost güçlerin korunması için kablosuz algılayıcı ağlar

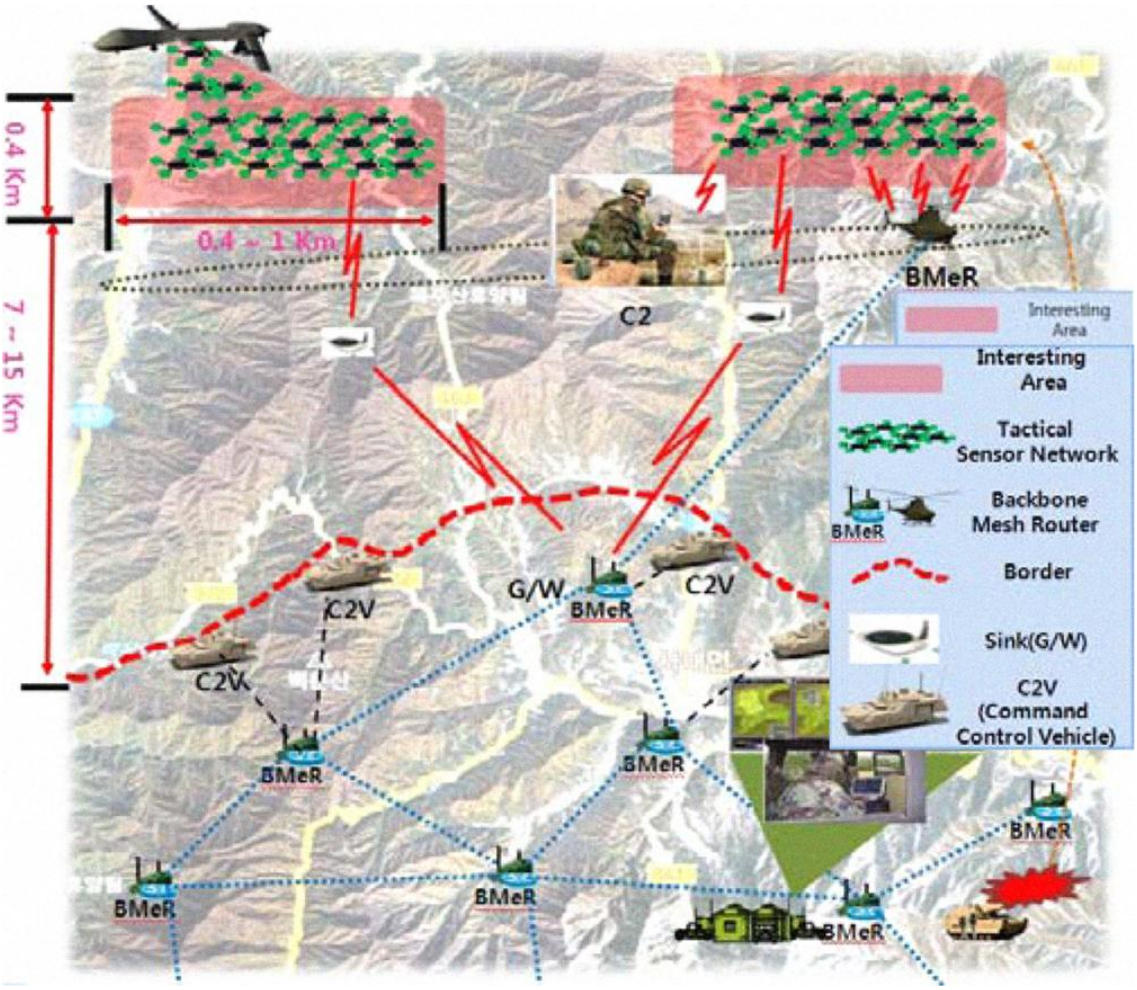
Dost güçlerin aktif katılımı ile özellikle cephanelik ve iletişim merkezlerin saldırıya uğramasını önlemek şarttır. Etkili savunma gerçekleştirmek için duyarga düğüm modeli ve mimarileri araştırılmış ve geliştirilmiştir. Bu gelişmiş modeller de Irak Savaşı'nda kullanılmıştır (Lee, vd, 2009).

2.1.5.17. 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 (Lee, vd, 2009).

2.1.5.18. Uzaktan büyük ölçekli alanlarda kablosuz algılayıcı ağlar

Bu uygulama ile aynı bölümde binlerce algılayıcı düğümler düşman kuvvetleri tarafında dağıtılmakta ve kendileri tarafından organize edilmektedir. Algılayıcı düğümleri özerk bağlantıya sahiptir. Bu algılayıcı düğümleri şarj edilemediğinden enerji bakımından önemli hale gelmektedir. Önceki uygulamalardan farklı olarak bu uygulamada kısıtlamaların ve değerlendirmenin önemli bir yeri vardır (Lee, vd, 2009).



Resim 0.3. Uzaktan Büyük Ölçekli Bir Ortamda Taktik Algılayıcı Ağ Operasyon Sistemi

2.1.5.19. Sınır izleme

Sınır izleme sistemleri sismik, video, ısı, ses gibi çeşitli algılayıcı türlerinin bir arada çalışarak sınır güvenliğini sağladıkları sistemlerdir. Bu sistemlerde elde edilen değişik türdeki veriler merkezi bir baz istasyonunda ya da veri toplayıcılarda analiz edilerek sınır güvenliği için tehlike oluşturan durumlar ortaya çıkarılır. Ancak toplanan verinin çok çeşitli olması, güvenlik derecesi yüksek kablosuz algılayıcı ağlar için gerekli olan veri kümeleme işleminin gizli bir şekilde yapılmasını zorlaştırır (Özdemir, 2010).

Yasa dışı mal kaçakçılığı, uyuşturucu, sivil ya da askeri araç veya personel tarafından izinsiz sınır geçişleri veya diğer her türlü faaliyetler gibi farklı faaliyetler için uluslararası sınırları izleme sistemleridir. Alçaktan uçan bir uçak ya da İHA

(İnsansız Alan Aracı - UAV), ölçülü ve kontrollü bir biçimde onları bırakarak algılayıcı düğümleri dağıtmak için kullanılabilir. Algılayıcı düğümleri sonra nispeten homojen bir yoğunluk dağılımı ile bir ad hoc ağı olacaktır (Jawhar, vd, 2011).

Boeing firması, SBInet programı ile Amerika'nın kuzey ve güney sınırları boyunca izleme yapmak üzere anlaşma yapmıştır. Program DHS tarafından 2005 yılında ilan edilmiştir. Bu programla çeşitli algılayıcılar kullanılarak algılamanın teknolojik altyapısı geliştirilecek uzaktan iletim sağlanacaktır (Sohraby, vd, 2007).

2.1.5.20. PinPtr

PinPtr sistemi Vanderbilt Üniversitesi (Puccinelli ve Haenggi, 2005) tarafından geliştirilen, atıcıları algılamak ve bulmak için geliştirilen deneysel bir karşı keskin nişancı sistemidir. Sistem, algılayıcıların namlu patlamaları ve şok dalgalarının varış zamanını saptamak ve ölçmek için yoğun bir dağıtım kullanır. Atıcı yerini hesaplamak için bir baz istasyonu (örneğin, bir dizüstü bilgisayar ya da PDA) algılayıcısı ile yol ölçümleri yapmaktadır. PinPtr sistemindeki algılayıcılar, çok amaçlı bir akustik algılayıcı düzeneğidir (Yick, vd, 2008, Puccinelli ve Haenggi, 2005).

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 (Khan, vd, 2009).

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 (Akyildiz ve Vuran, 2010).

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 personelini uyarmaktadırlar (Khan, vd, 2009).

2.2.1. Sağlık izleme sistemlerinin faydaları

Tüketici elektroniği alanında teknolojik gelişmeler ve üretim maliyetlerinin azalması sıradan kullanıcılar için ucuz algılayıcıların üretilmesine neden olmuştur (Alemdar ve Ersoy, 2010).

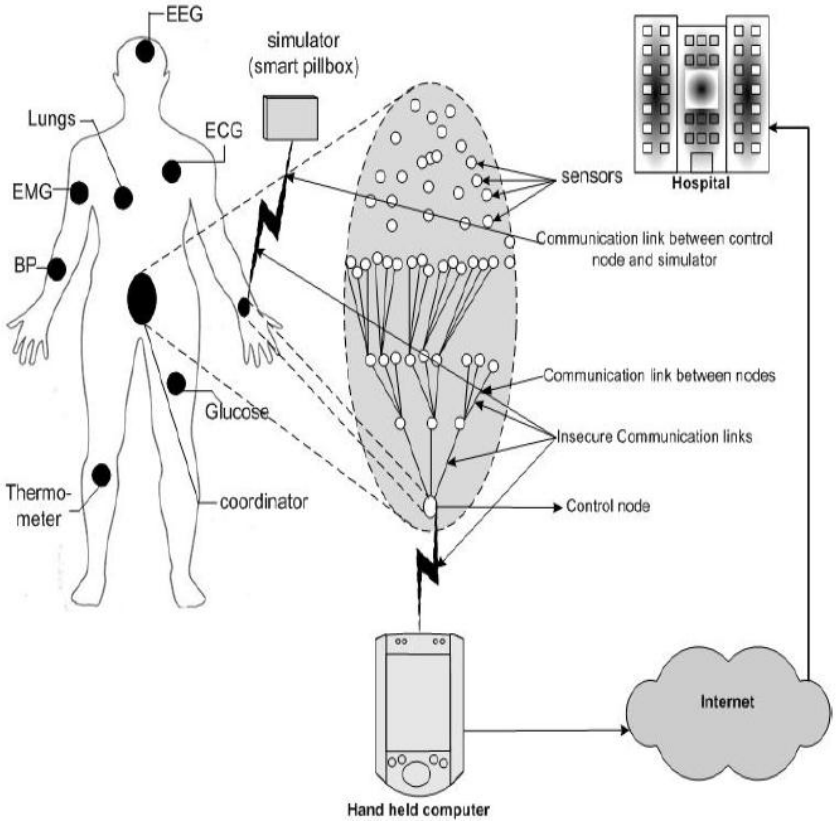
Mevcut sağlık algılama sistemlerinin çeşitli yararları vardır. Sağlık algılama sistemlerinin ana faydası uzaktan izleme yeteneğidir. Uzaktan izleme sistemlerinde riskli hastalar için acil koşulların tanımlanması kolay olacak ve farklı derecelerde bilişsel ve fiziksel engelli insanların daha bağımsız ve rahat bir hayat için etkili olacaktır. Yine ebeveynleri yokken küçük çocuklar ve bebekler daha güvenli bir şekilde bakılacaktır. Özel bakıcılara güvenirlik azalacaktır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Şekil 2.4'de sağlık sisteminde kullanılan kablosuz algılayıcı ağlarının bir sistem modeli görülmektedir (Khan, vd, 2009).



Resim 0.4. Sistem Modeli

Sistemin dört farklı kategorisi vardır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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.

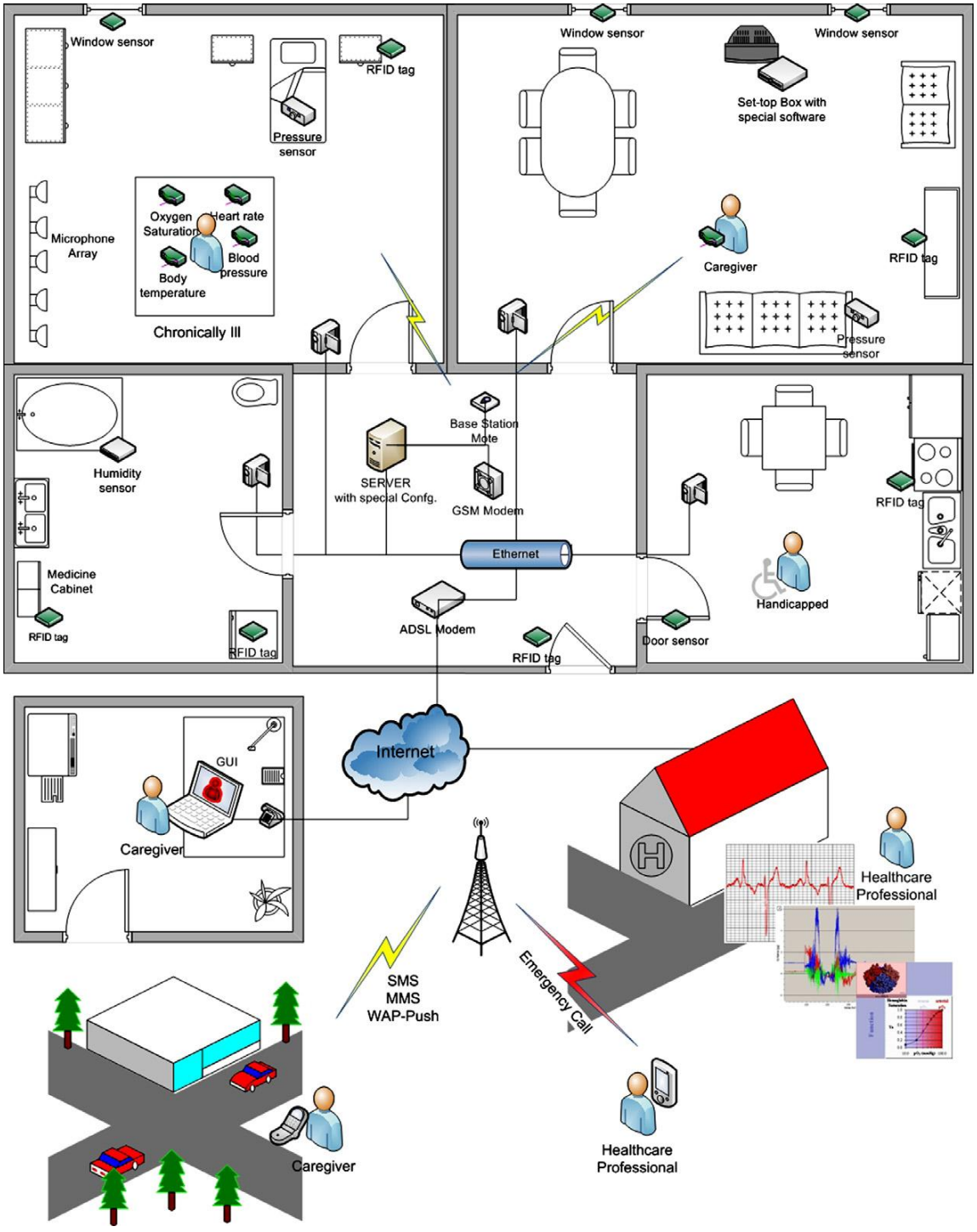
2. Yaşlılar ve Kronik Hastalar: Bu grupta bilişsel zorlukları olan kronik hastalar veya kalp, solunum gibi ani düşme yaşayan yaşlılar ile diğer tıbbi hastalıkları olan kronik hasta insanları içerir.
3. Bakıcılar: Bu grupta anne-baba ve bebek, oturabilen çocuklar ve aynı zamanda yaşlı ve diğer kronik 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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Beş Alt Sistem vardır (Alemdar ve Ersoy, 2010) ;

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

Gelecekte kullanılacak bir Sağlık Uygulama Sistemi senaryosu Şekil 2.5’de gösterilmiştir.



Resim 0.5. Gelecekte Bir Sağlık Sistemi Senaryosu

2.2.2. Sağlık uygulamalarında kullanılabilecek bazı algılayıcılar

Bazı sağlık izlemeler için piyasada bulunan kablosuz algılayıcıların bazıları aşağıda verilmiştir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

- 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 (Khan, vd, 2009).

Kablosuz Vücut Alan Ağları sisteminin fizibilitesini doğrulamak amacıyla Fransa Grenoble Tıp Fakültesi’nde Akıllı Sağlık Evi (Smart Health Home) projesi tasarlanmıştır (Akyildiz, vd, 2002).

2.2.4. Sağlık uygulamaları

Kullanılan algılayıcılar küçük biyoalgılayıcılar ve bataryasız RFID etiketleri arasında değişen farklı tip algılayıcılardır. Bazı hastalar tarafından giyilen değil entegre video kameralı küçük algılayıcılar kullanılmaktadır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Literatür araştırması yapıldığında Yaygın Sağlık Sistemlerinin ticari uygulamalarının 5 ana kategoride toplandığı görülmektedir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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 mevuttur ve bunlarla yürüyüş, müzik dinleme, televizyon seyretme, oturma gibi aktivitelerin raporlanması sağlanmaktadır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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. Nitrik Oksit (kanser hücreleri tarafından yayılan) tespit etme yeteneğine sahip algılayıcılar şüpheli olan yerlere yerleştirilebilir. Bu algılayıcıların farklı hücre tipleri arasında kanserli hücreleri ayırt etme yeteneği vardır (Khan, vd, 2009).

2.2.4.1.2. CareNet

Bir interaktif özellikleri olan LCD ekranlı bir sistemdir. Göze batmayan ve kullanıcı dostu bir sistemdir. Ana ekran yaşlıların günlük faaliyetlerini resmetmektedir. Ekrandaki bilgiler dağıtılan algılayıcılar tarafından sağlanan verilerden oluşur. Bakıcılar ekrandaki simgelere dokunarak bilgilere ulaşabilir. Bakıcı günlük veya anında aktiviteleri veya ilaçları izleyebilmektedir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.1.3. Caregiver's assistant

Yaşlıların kendi ev ortamlarında izlemek üzere tasarlanmıştır. Temel olarak sistemde ev boyunca çeşitli öğeler (ilaç şişeleri, diş fırçası, anahtar vb.) RFID kartlarla etiketlenmiştir. Bu etiketler gerçek zamanlı izleme ile etkinleştirilmektedir. Kişinin günlük aktiviteleri izlenmekte olup sağlık çalışanları yaşlı kullanıcının normal faaliyetlerindeki değişiklikleri izlemektedir. Kullanıcı bir öğe üzerindeki etikete yaklaşınca etiket ile iletişime geçer (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.1.4. WISP

Kablosuz Kimlik ve Algılama Projesi **(**The Wireless Identification And Sensing Project - WISP) ile etiketler okuyucular için algılama verileri göndermekte böylece algılayıcılar ile pasif RFID etiketlerinin geliştirilmesi araştırılmaktadır. Günlük Yaşam Etkinlikleri Tanıma (ADL) prototipi çeşitli ev eşyalarının algılanması için oda köşelerine yerleştirilmiş gruplardan oluşur (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.1.5. LiveNet

Sistemde bir mobil giyilebilir PDA, gerçek zamanlı yazılım mimarisi vardır. Parkinson ve Epilepsi hastaları için kullanılmaktadır. Sistem bu hastalıkların belirtilerini başarıyla ayırt edebilmektedir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.1.6. Epilepsi nöbetleri erken uyarı sistemi

ABD'de her yıl 700.000 kişi darbelerden etkilenmekte ve 275.000 kişi de ölmektedir. Giyilebilir algılama sistemi ile motor davranışları uzun süreli ölçerek evde sınırlı insanları izleyerek kliniklere rapor edebilmektedir (Khan, vd, 2009).

Resim 2.6'da Epilepsi erken uyarı sisteminin uygulanabilir bir hali gösterilmektedir. Sistem vücuttan alınan verileri bir cep telefonu vasıtası ile grafiğe dönüştürebilir ve istenen yere de gönderebilmektedir (Jones, vd, 2008).



Resim 0.6. Myofeedback BAN: Giysi, Elektrotlar, ReTra ve MBU

Chicago Üniversitesi Tıp Merkezi araştırmacıları, nöbete muzdarip hastaların TMSI teknolojisi ile Mobi adı verilen cihazla yaşamlarını değiştirebilmektedirler. Araştırmacılar epilepsi için bir erken uyarı algoritması geliştirmek için çalışmaktadır. Taşınabilir Mobi nöbet olmadan önce anormal beyin aktivitesini tespit etmek için tasarlanmıştır. Önce elektrik işaretler alınmakta sonra sorun var ise birine uyarı gönderme işlemi yapılmaktadır (Khan, vd, 2009).

Resim 2.7'de TMSI (The Temporary Mobile Subscriber Identity) tarafından geliştirilen Mobi Aygıtı görülmektedir.



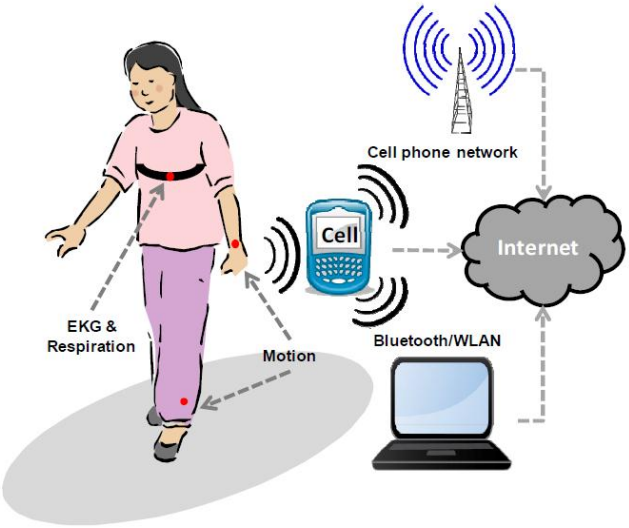
Resim 0.7. TMSI "Mobi" Aygıtı

2.2.4.1.7. Parkinson hastalığı uygulamaları

Bu hastalık ABD'nin yaklaşık %3'ünü (500.000 kişi) etkileyen bir hastalık konumundadır. En belirgin özelliği hareket yavaşlığı ve denge bozulmalarıdır. Dolayısıyla bu süreçte çok değişik rahatsızlıklar meydana gelmektedir (Patel, vd, 2009).

Bu sistemde Hareket algılayan algılayıcılar kullanılmaktadır (Patel, vd, 2010). Bu sistem de genellikle diğer uygulamalara benzer şekilde yapılmaktadır. Özellikle akıllı ev uygulamalarının içinde kullanılmaktadır (Patel, vd, 2009).

Resim 2.8'de Hasta Görüntüleme Sistemi görülmektedir.



Resim 0.8. Hasta Görüntüleme Sistemi

2.2.4.1.8. Alzheimer, depresyon ve yaşlı insanların izleme

ABD Nüfus bürosuna göre 2025 yılında 65-84 yaş arası yetişkin sayısı 35 milyon kişiden iki katına çıkarak 70 milyon kişiye ulaşması bekleniyor. Yine dünyada da iki katına çıkarak 761 milyon olması bekleniyor (Alemdar ve Ersoy, 2010). Yine ABD'de yapılan başka bir araştırma yetişkinlerin neredeyse üçte birinin, birinden hizmet aldığını göstermektedir. 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 (Khan, vd, 2009).

2.2.4.1.9. Glukoz düzeyi izleme

ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH), 1999 yılında 15,7 milyon diyabetli hasta olduğunu bildirmiştir. Diyabet, kalp hastalıkları, inme, yüksek kan basıncı, körlük, böbrek hastalığı, organ kesilmesi ve diğer karmaşık hastalıklara neden olabilir.

Biyoalgılayıcı hastanın glikoz düzeylerini izlemekte ve kablosuz bir PDA veya sabit terminal ile sonuçları iletebilmekte ve glikoz düzeyi eşik değere ulaştığında hastaya otomatik olarak insülin enjekte edebilmektedir (Khan, vd, 2009).

2.2.4.1.10. mPCA

Mobil Hasta Bakıcısı (Mobile Patient Caregiver Assistant - mPCA) Alzeimer hastalığı olanlar için özel olarak tasarlanmış bir sistemdir. Ve hastayı belirli bir faaliyetleri yapmak için teşvik eder. Video klip ile en yakın monitörden yapılacak görevi hastaya bildirir. Ultrasonik konum belirleme algılayıcıları hastanın konumunu belirler ve videodan alınan değerlerle karşılaştırır. Sistem resim çekebilir ve bakıcıya iletilebilir (Alemdar, 2004).

2.2.4.1.11. GRS

Genel Hatırlatma Sistemi (General Reminder System - GRS) ilaç alımı ve doktor randevuları gibi kritik görevleri yerine getirmek amacıyla yaşlılar için tasarlanmış bir sistemdir. Sistem ilaç dozlarını zamanlayabilir ve yaşlının alıp almama bilgisi kontrol edebilir. Uyarı sistemi ile yaşlı uyarılabilir. Doğru ilaç olup olmadığını ise mobil tarayıcı kullanılarak öğrenilebilir (Alemdar, 2004).

2.2.4.1.12. AAS

Artırılmış Bilinçlendirme Sistemi (Augmented Awareness System - AAS), belirli olayların gerçekleşmesi durumunda farkındalık düzeyini artırmakta ve görevleri otomatikleştirerek (örneğin kontrol aletleri ve kapılar) çabalama düzeyini de azaltmaktadır (Alemdar, 2004).

2.2.4.1.13. 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 (Verdone, vd, 2008).

2.2.4.1.14. Sürekli bakım

Bir ciddi bir beyin kanaması veya kalp krizi geçirebilir. Bu tarz durumlarda hastanın mutlaka sürekli izlenmesi gerekecektir. Hastanın kalbi, beyni, vücudu algılayıcılar tarafından sürekli izlenebilecektir (Verdone, vd, 2008).

2.2.4.2. Düşme ve hareket tespiti uygulamaları

Düşme ve vücut hareketleri algılama faaliyetleri özel durumlar olmasına rağmen bu çalışmalara odaklanılmaktadır. Düşme yaşlılarda en önemli ölüm nedenlerinden biridir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

2.2.4.2.1. ITALH

Evde Yaşam Desteği için Bilgi Teknolojisi (The Information Technology for Assisted Living At Home - ITALH) sadece acil şartlar için kamera kullanılmasını önermektedir. Sistemde ivmeölçere göre bir düşüş algılama sistemi mevcuttur. İvmeölçerlerle gerçek zamanlı verilerin analiz edilmesi, normal ve anormal olayların sınıflandırılması sağlanmaktadır. Bir düşüş tespit edildiğinde düğümler bir kameralı cep telefonunu açar ve kayda başlar. Kullanıcı telefona yanıt vermemesi durumunda acil durum çağrısı yapar (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Wang ve arkadaşları çalışmalarında kafa seviyesine bağladıkları ivmeölçer ile düşme durumlarını ayırt etmeyi başarmışlardır. Önerilen algoritma sekiz farklı düşme senaryosu ile 7 farklı düşme hareketi birbirinden ayırt edilebilmiştir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

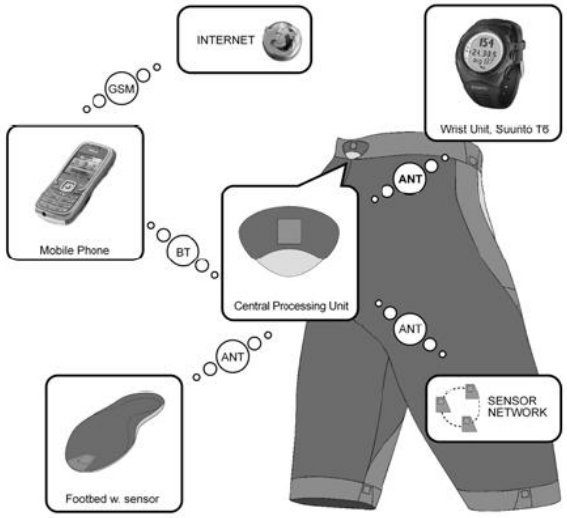
Leijdekkers, çalışmasında hızlı bir ivmelenmenin ardından vücudun pozisyonunun düşme durumunu tespit eden bir sistem önermiştir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.2.2. Smart home care network

Sistem kablosuz algılayıcılar ve görüntü algılayıcıların her ikisini de kullanan çok parçalı bir uygulamadır. Algılayıcı ağı, ivmeölçerli hasta ağ düğümü ve ses gönderimini içermektedir. Ve acil durum görüntü algılayıcı da acil durumlarda devreye girerek telefon vasıtasıyla görüntü iletmektedir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.2.3. HipGuard sistem

Bu sistem kalça cerrahisini kurtarma amaçlı geliştirilmiştir. Bu sistemde gömülü kablosuz algılayıcılar hastanın bacak ve kalça pozisyonunun dönmesini izler. Alarm sinyalleri kalça ya da bacak pozisyonunda yanlış dönmeleri algılar ve bilek birimine gönderir ve hastanın rehabilitasyon sürecinde gerçek zamanlı bilgi sağlamış olur. Resim 2.9'da hastanın rehabilitasyonu için HipGuard pantolon gösterilmektedir (Khan, vd, 2009, Alemdar ve Ersoy, 2010).



Resim 0.9. Hastanın Kalça Rehabilitasyonu İçin HipGuard Pantolon

2.2.4.3. Konum takip uygulamaları

Bu sistemler bina içleri ve açık alanların her ikisinde de kullanılabilmektedir. 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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Chang ve arkdaşları mental sorunları bulunan RFID tabanlı yol bulma sistemini önermişlerdir. PDA sistemi ve hasta üzerine RFID yerleştirilerek konum takibi yapılmaktadır. Yanlışlıkla girilen yerler hastaya alarm ile verilmektedir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

2.2.4.3.1. 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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.3.2. ZUPS

Zigbee ve ultrasonik tabanlı konum tespit sistemidir. Sistem temel olarak Zigbee ve ultrason kullanarak haraketli nesneler ile etiketli nesneler arasındaki mesafeyi ölçmektedir. Entegre ivmeölçerle farklı yürüme ve düşme durumlarının tespitinde de kullanılabilir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.3.3. ALMAS

Yaşlılar için sağlık uygulamasının konum takip sistemini kablosuz multimedya teknolojileri ile birlikte sunmaktadır. Sistem giyilebilir kablosuz ünite ve RFID ünite içermektedir. Böylece hastanın yeri tespit edilebilir ve video kameralarla görüntü alınıp anormal durumlarda sinyal üretilip sağlık personelini uyarmaktadır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.4. İlaç alımı takip uygulamaları

İlaç alımını reddetme durumu yaşlılar ve akli rahatsızlığı olanlarda sık rastlanan bir durumdur. Bu nedenle ilaç alımının takip edilmesi gerekmektedir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

2.2.4.4.1. iCAbiNet

İlaçların yerlerinden çıkarılmaları durumunu RFID sistemi ile takip etmektedir. Bir ev içi sistemidir ve ev içinde takip etmektedir. Evdeki TV gibi cihazlar da hastayı uyarmak için kullanılmaktadır. Hasta ilaçları zamanında almadığı zaman cep telefonuna bağlantı yapılabilir (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Pang ve arkaşları tarafından geliştirilen uzaktan ilaç alımı ve yaşamsal parametrelerin takibini yapmaktadır. CDM film tabletler alüminyum alt ve üst tabakalar ile epoksi malzemeden yapılmış bir orta tabakadan oluşmaktadır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.5. Sağlık durumu takip uygulamaları

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

2.2.4.5.1. AlarmNet

Virjinya Üniversitesi tarafından geliştirilen kablosuz algılayıcı ağlar ile yaşam destekli konut izleme projesidir (Gavrilovska, vd, 2011). Mobil vücut algılayıcı ağı fizyolojik işaretlerin takibi ve konum tespitinden sorumludur. Mobil algılayıcılar nabız,

oksijen ve EKG sinyallerini ölçmektedirler. Algılayıcı ağı uzaysal konum, sıcaklık, nem gibi çevresel faktör verilerini sağlamaktadır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.5.2. AlarmGate

Kablosuz IP ağlara bağlanmakta bunun yanında güvenlik, güç yönetimi, gizlilik gibi konulardan sorumludur (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.5.3. LifeGuard

Astronotların ilk deneyimlerinde yaşamsal fonksiyonlarının takibi amacıyla geliştirilmiştir. Algılayıcı kısmı EKG, nefes, kan basıncı gibi algılama çeşitlerini içermektedir. Algılayıcı verileri Ekip Fizyolojik Gözlem Cihaz (Crew Physiological Observation Device - CPOD) adlı giyilebilir set tarafından toplanmaktadır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Zhou ve arkadaşları yaygın sağlık gözetim uygulamalarını üç katmanlı olarak önermişlerdir. İlk katman algılayıcı katmanıdır ve oksimetre, nabız, kan basıncı gibi verileri sağlar. İkinci katman kararlı veri gönderimini sağlar. Üçüncü katman ise uzak aygıtlardan gelen fizyolojik bilgileri toplamak ve gerektiği durumda cep telefonu, PDA veya interneti kullanarak hastaya bilgi ulaştırmakla sorumludur (Alemdar ve Ersoy, 2010).

2.2.4.5.4. Kronik hastalıklar

Kronik hastalıklar ABD'de tıbbi bakım maliyetlerinin %75'ini oluşturmaktadır. Bunlar diyabet, astım, kalp hastalıkları ve uyku bozukları gibi sağlık sorunlarının geniş aralığını kapsamaktadır. Birçok durumda bu hastalıklar özellikle ilerlediği durumlarda hastanın izlenmesini gerektirir (ZigBee Alliance, 2009).

2.2.4.5.5. Kalp ve damar hastalıkları

Kalp-damar hastalıklarına yol açan ölümler çok sayıda hasta üzerinde göze batmayan bir şekilde vücuda monte edilebilir akıllı algılayıcı ile önlenebilir. İlgili sağlık

personeli hastanın sağlık durumunu izlerken kalp atış hızı ve kalp düzensizlikleri ile ilgili önemli bilgiyi alarak önceden tedavi hazırlığı yapabilir (Khan, vd, 2009).

2.2.4.5.6. Heart@Home

Kablosuz tansiyon ölçme ve izleme sistemidir. Bir basınç algılayıcısına bağlı bilek içinde SHIMMER düğüm kullanır. Kullanıcının kan basıncı ve kalp hızı osilometrik yöntem kullanılarak hesaplanmaktadır. SHIMMER düğümü okuma kayıtlarını T-düğümüyle ana bilgisayara gönderir. Bu sistemle bir yazılımla verileri işler ve kullanıcının zamanla kan basıncı ve kalp hızını grafikle gösterir (Yick, vd, 2008).

2.2.4.5.7. 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 (Yick, vd, 2008).

2.2.4.5.8. Astım

Kablosuz algılayıcı ağı, havada alerjik etkileri algılayarak, doktor veya hastanın kendisine durumu rapor ederek milyonlarca astım hastasına yardımcı olabilir (Khan, vd, 2009).

2.2.4.5.9. The Baby Glove

Bir sıcaklık algılayıcısı ile bebeğin nabız ve hidrasyon elektrotları olarak iki kısımdan oluşur. Cihaz iki düğümden oluşur biri bebeğin giyimi ve diğeri de dış bilgisayardır. İlk düğümden gelen bilgiler toplanır ve işleme için baz istasyonu olan bilgisayara aktarılır. Bulgular sınırlar içinde değilse bakıcı uyarılır. Aksi halde bir sorun yoktur (Alemdar, 2004).

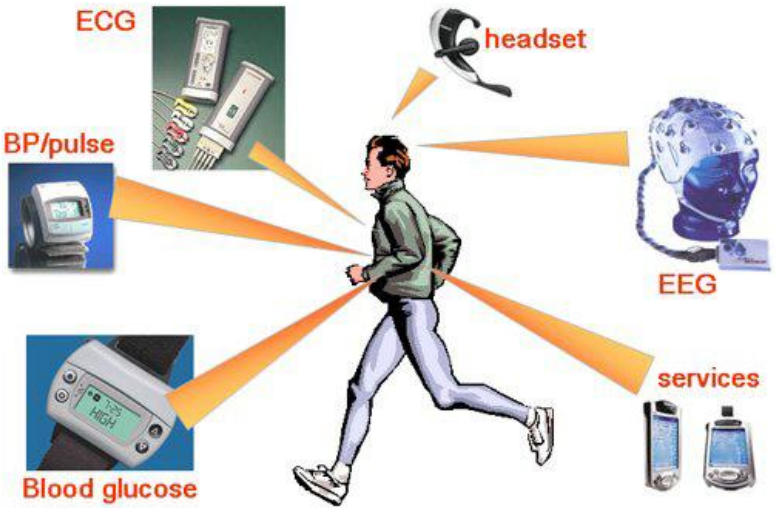
2.2.4.5.10. SIDS

Her yıl pek çok bebek ölmektedir, Ani Bebek Ölümü Sendromu (Sudden İnfant Death Syndrome - SIDS) uykuda bebeklerin güvenli bir şekilde uyumalarını izlemek için tasarlanmıştır. Bir bebeğin uyku pozisyonunu algılar ve bebek midesinin üzerinde yatıyorsa ebeveyni uyarır. SHIMMER düğümü bebeğe giydirilmektedir. SHIMMER düğümü yerçekimine göre bebeğin pozisyonunu algılaması için üç eksenli bir ivme ölçer kullanmaktadır. SHIMMER düğümü periyodik olarak işlenmesi için baz istasyonuna paketler göndermektedir (Yick, vd, 2008).

2.2.4.5.11. MobiHealth

Twente Üniversitesi ve Ericson tarafından yürütülen bir projedir (Kartal, 2006). Bu proje Vücut Alan Ağları tabanlı algılayıcılar ve kablosuz telefon teknolojisi kullanılarak ev sağlık hizmetleri için genel bir platform oluşturulan bir Avrupa projesidir. Veri aktarımı için GPRS / UMTS kablosuz iletişim teknolojisi kullanılmaktadır. Bu projede amaç hastaların hastane dışında sürekli izlenmesini sağlamaktır. Projenin hedefleri yeni değerler sağlayarak hastaların yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, hastalıkların önlenmesi, hastalık tanısı, uzaktan yardım, fiziksel durumlarının izlenmesi ve klinik araştırmalarına yardımcı olmak olarak sıralanabilir. Bu nedenle hasta kısa zaman veya uzun süreler içinde izlenmesi gerekiyorsa hastanede kalmak zorunda değildir. Hastanın günlük yaşam aktivitelerini özgürce sürdürebilmesi amaçlanmaktadır (Yick, vd, 2008).

Resim 2.10'da MobiHealth projesinin tipik yapısı gösterilmiştir (Khan, vd, 2009, Alemdar ve Ersoy, 2010).

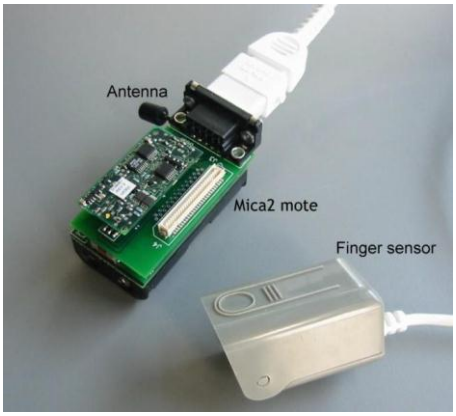


Resim 0.10. MobiHealth Sistemi, Hastane Ortamı Dışında Bir Hasta İzleme

2.2.4.5.12. CodeBlue

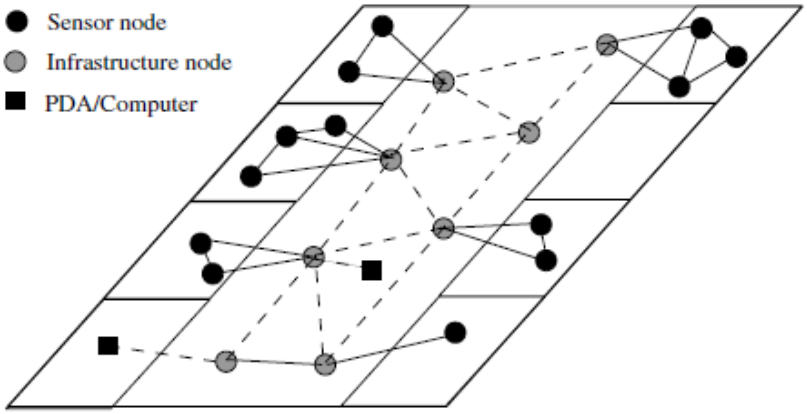
Harvard Üniversitesi'nde geliştirilen CodeBlue algılayıcı ağlarına dayalı bir tıbbi araştırma projesidir (Kartal, 2006). Bu proje hastane öncesi bakım ve acil bakım, afet müdahale ve inme inen hastalarının rehabilitasyonunda kullanılmaktadır. Bu projenin araştırmasında resusitasyon bakımı için potansiyeller gerçek zamanlı hasta sınıflandırılması ve uzun süreli hasta gözlemleridir. Sistem düşük güçlü kablosuz giyilebilir algılayıcılar, avuç içi bilgisayarlar ve konum izleme etiketlerinden oluşmaktadır (Akyildiz ve Vuran, 2010). Basit bir sorgu arayüzü sayesinde acil tıp teknisyenlerine hasta grupları hakkında veri sağlamaktadır. CodeBlue kaynak kısıtlı düğümler daha güçlü PDA ve PC sınıfı sistemler, ağ yoğunlukları çok daha geniş yelpazede tasarlanmış bir dizi kablosuz cihazlar üzerinde çalışmaktadır.

Resim 1.11'de bir CodBlue uygulaması olan Kablosuz Nabız Ölçen Oksimetre Algılayıcısı görülmektedir (Stankovic, vd, 2005, Khan, vd, 2009).



Resim 0.11. Kablosuz Nabız Oksimetre Algılayıcısı

Şekil 2.11'de CodBlue mimarisi görülmektedir.



Şekil 0.11. Bir Hastane Ortamında CodeBlue Mimarisi

2.2.4.5.13. PATHS

Fiziksel Aktiviteler Sağlık Sistemi (Physical Activities Healthcare System - PATHS) EKG ve çift eksenli ivmeölçerler ile kablosuz algılayıcılar ve Bluetooth cihazından oluşur. Giyilebilir birim hafıza kartına sahip bir eleman ile fizyolojik verileri kaydedebilir veya sağlık çalışanlarına iletilebilir (Alemdar, 2004).

2.2.4.5.14. AWARENESS

Akıllı bağlama duyarlı bir sağlık uygulamasıdır. Hastaların yerini ve konumunu bağlamsal bilgiler ışığında almak gerekmektedir. Bu sistem uygun bir profesyonel sistemle epilepsi hastalığı olan hastaları yönlendirmektedir (Alemdar, 2004).

2.2.4.5.15. MAETTS

Kablosuz Ajan Elektronik Öncelik Etiket Sistemi (Mobile Agent based Electronic Triage Tag - MAETTS), bir acil durum sistemidir. Hastada bir acil durum olduğunda bir mobil ajana aktarılır. RFID kartları hastanın konumunu GPS ile belirler. Sistemde herhangi bir ağ altyapısı gerekmez (Alemdar, 2004).

2.2.4.5.16. CATV

CATV, Lin ve arkadaşları kalp atışı, kan basıncı ve vücut ısısı gibi bilgileri evde veya başka bir yerde almak için hizmet veren bir Kablo TV ağı oluşturmuşlardır. Sistemde hastanın sağlık düzeyi normal, hatırlatılacak veya yeniden gözetim için tavsiye şeklinde gruplandırılmıştır (Alemdar, 2004).

2.2.4.5.17. PWM

Kişisel Sağlık Yönetimi (Personal Wellness Manager - PWM), günlük aktivite, uyku ve fiziksel aktivite gibi anında geri bildirim sağlamak için bileklik şeklinde bir cihazla sürekli olarak kişinin izlenmesinden oluşmaktadır (Alemdar, 2004).

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.

2.2.5.1.1. eWatch

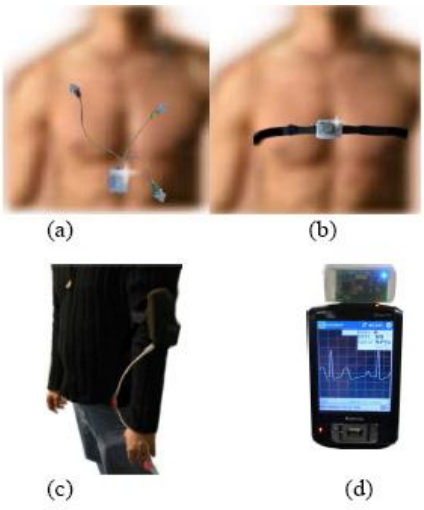
Bu sistemde bir giyilebilir algılama, bildirim ve bir kol saati içine yerleştirilmiş ve bilgisayar platformu bağlamda üretilen sistem araştırmak için geliştirilmiştir. Sistem farkında bildirim, yaşlı izleme ve sonbahar algılama gibi uygulamalar için kullanılabilir. Sistem acil bir durum olduğunu teyit 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 2.12'de gösterilmektedir (Khan, vd, 2009).



Resim 0.12. eWatch Bilgisayarı

2.2.5.1.2. UbiMon

Imperial College London tarafından geliştirilen ve DTI tarafından finanse edilen proje, UbiMon (Giyilebilir Ve Vücuda Yerleştirilebilir Sürekli Çevre İzleme - Ubiquitous Monitoring Environment for Wearable and Implantable Sensors) geçici olayları yakalamak amacıyla hasta için sürekli ve göze batmayan bir izleme sistemi sağlamayı amaçlamaktadır. Biyoalgılayıcı Resim 2.13'de gösterildiği gibi 3 lead EKG, 2 EKG şeridi ve SpO2'dan oluşmaktadır. Ayrıca kompakt bir flash algılayıcı kartı ile toplanan sinyaller PDA ile görüntülenebilir ve analiz edilebilir (Şekil d) (Khan, vd, 2009).



Resim 0.13. Kablosuz, (a) 3 Yollu EKG Algılayıcısı (b) EKG Kemeri, (c) Spo2 Algılayıcısı, (d) PDA Baz İstasyonu

2.2.5.1.3. 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 (Khan, vd, 2009).

Resim 2.14'de hasta izleme sistemi gösterilmektedir (Khan, vd, 2009).

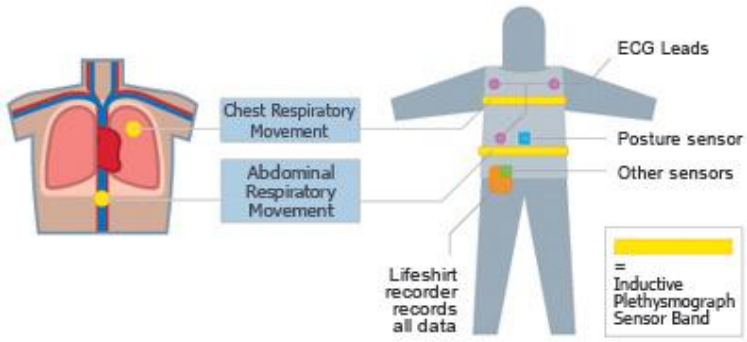


Resim 0.14. Vital Sinyal İzleme Sistemi

2.2.5.1.4. LifeShirt

Bu sistem bir hastanın sağlık durumunun uzak bir görüntüsü sağlanarak hastanın günlük rutin işlemleri sırasında müdahalesiz veri toplayan bir Akıllı Giysi sistemidir. Sistem hastaların yaşama ve çalışmalarında 30'dan fazla hayati yaşam fonksiyonunun doğru bir şekilde izlemek için sağlık uzmanları ve araştırmacılara bilgi sağlar. Sistem solunum bantları (akciğer fonksiyon ölçümü) ve bir EKG (kalp fonksiyonları ölçümü) de dâhil olmak üzere entegre algılayıcılar kullanarak hastadan veri toplar (Khan, vd, 2009).

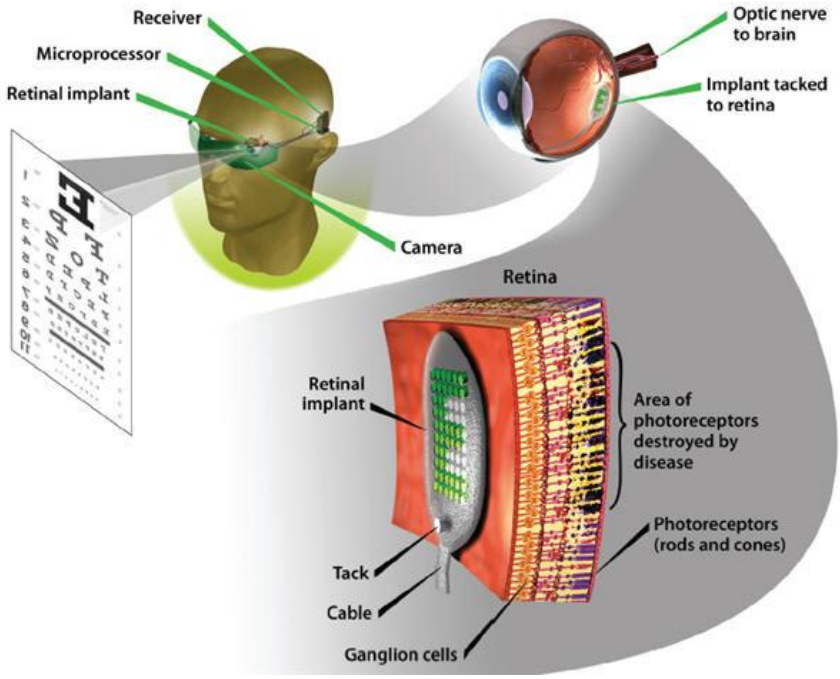
Sistem Resim 2.15'de gösterilmiştir (Khan, vd, 2009).



Resim 0.15. Akıllı LifeShirt

2.2.5.1.5. Yapay retina

Kablosuz algılayıcı vücut ağları görme engellilere de yardımcı olabilmektedir. Resim 2.16'da gösterildiği gibi hiç görmeyen ya da çok az gören hastalar retina protez çiplerinin insan gözüne implantasyonu ile makul bir düzeyde görmeleri sağlanabilmektedir (Khan, vd, 2009).



Resim 0.16. Görme Engelli Kişiler için Yapay Retina

ABD Enerji Bakanlığı tarafından desteklenen projede görme engelli insanlar için yapay retina üretmeyi hedeflemektedir. Projenin iki retina hastalığını tedavisi gündeme

gelmiştir. Birinci Yaşa-Bağlı Maküler Dejenerasyon (Age-Related Macular Degeneration - AMD) diğeri ise Ağ Katman Körlüğü (Retinitis Pigmentosa - RP)'dür. Bu projede bir dizi mikro algılayıcılarla retinadaki hasarlı fotoreseptörleri değiştirmeyi hedeflemektedir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

Resim 2.16'da görüldüğü gibi göze yerleştirilen bir kamera ile dış dünyadaki görsel bilgiler yakalanmaktadır. Bu bilgiler kablosuz elektrik sinyallerine dönüştüren bir mikroişlemciye iletilir. Sonra bir dizi mikro elektronlar, fotoreseptörler vasıtasıyla retina boyunca implant edilir. Mikro elektronlar sonra optik sinirler vasıtasıyla beyine impulsler gönderir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

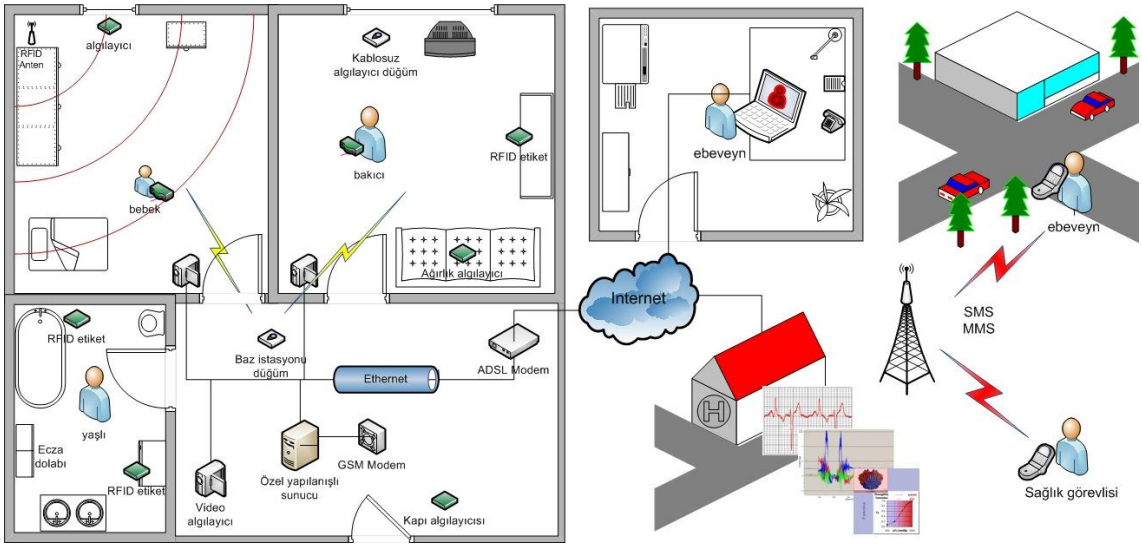
Şimdiye kadar 3 adet yapay retina projesi gerçekleştirilmiştir. Birincisi Argus I 2002-2004 yılları arasında altı hastanın içine yerleştirilmiş16 elektrot dizisinden oluşur ve hastaların bir nesnenin hareketini anlatmak, ışıkların açık ya da kapalı olduğunu tespit etmek, bireysel öğeleri saymak ve bulmak gibi görevleri başarıyla gerçekleştirmiştir. İkincisi Argus II 60 elektrottan oluşur ve klinik deneylere tabidir. Üçüncüsü de 200 elektrot ve daha fazlası yer alacaktır. Bu projede nihai hedef; yüz tanıma ve büyük harflerle okumak için yetenek sağlayacak kalıcı bir cihaz üretmek olacaktır (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.2.5.1.6. 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 (Stefanov, vd, 2004).

Kalp ritmi bozuklukları hastanın doktoruna anında bildirilebilir ya da ecza dolabına bebeğin yanaşması durumunda bakıcıya uyarı gönderilebilir (Alemdar ve Ersoy, 2009).

Örnek bir Akıllı Ev Uygulama Projesi Resim 2.17'de gösterilmiştir.



Resim 0.17. Örnek Bir Akıllı Ev Sistemi

2.2.5.1.7. Body area network projesi

Fraunhofer Institute tarafından yürütülen bir projedir. Hasta verilerinin algılayıcılar aracılığıyla izlenip internet üzerinden ulaşılabilir kılmaya yönelik bir projedir. Bu projede amaçlanan hastaların evlerinden izlenebilmesi ve Body Area Network (Vücut Alan Ağı) aracılığıyla hastanın kablolardan bağımsız yapılarak, evdeki günlük yaşamının kolaylaştırılmasıdır (Kartal, 2006).

2.2.5.1.8. CIMIT

Hasta bakımını geliştirmek için araştırma merkezidir. Ekipler gerçek, yeni, maliyet-etkin sağlık çözümleri, algılayıcı çözümleri kablosuz izleme ve takip sistemlerine bağlamışlardır. CIMIT ekipleri “Geleceğin Çalışma Odası, yeni entegre teknolojiler ve yeni süreçleri olan tam olarak işleyen bir ameliyathane” geliştirmişlerdir ve bu yolla hastaların çok daha fazla konfor hız ve güvenliğini düşünmektedirler (Ngoc ve Jain, 2008).



Resim 0.18. Kablosuz EKG Sistemi

2.2.5.1.9. A WBAN

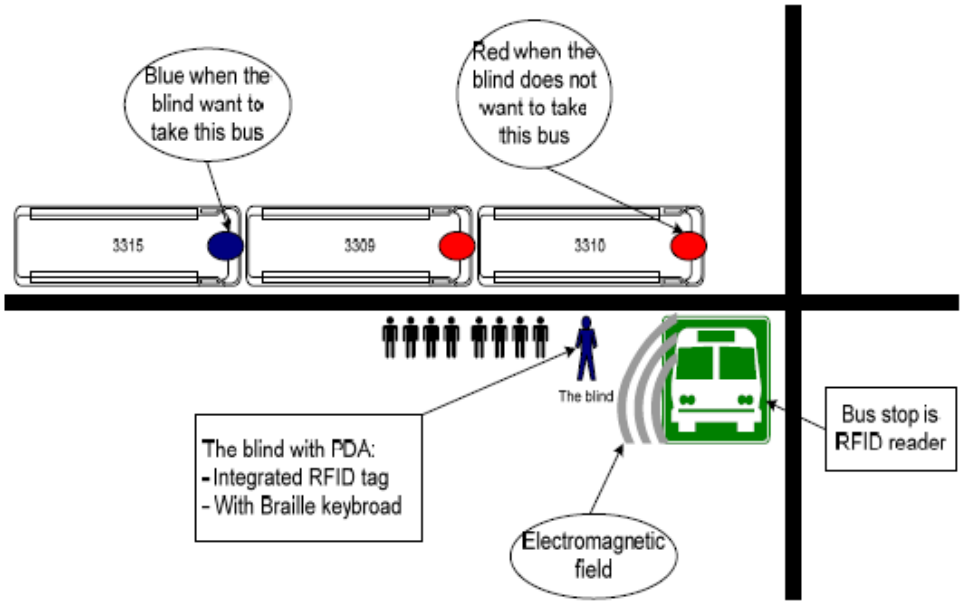
Bilgisayar destekli fiziksel rehabilitasyon için akıllı hareket algılayıcıları projesidir. Alabama Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülen bir projedir. Bu projede, çok kullanılan bir dizi fizyolojik, kinetik ve çevresel algılayıcılar içeren Zigbee ve IEEE 802.15.4 ile uyumlu WBAN adında bir prototip tasarlanmaktadır (Kartal, 2006).

Çok katlı bir "telemedicine" (uzaktan tıbbi izleme ve müdahale) sistem tanımlanmıştır. Geliştirilen WBAN prototipinin bilgisayar destekli fizyolojik rehabilitasyon için nasıl kullanılacağı açıklanmıştır. Sistem, algılayıcılardan alınan verileri gerçek zamanlı analiz ederek, kullanıcıya yol gösterir, kullanıcının müdahalesine olanak tanır ve birtakım uyarılarla kullanıcıyı bilgilendirir. Ayrıca bu sistemde, tüm kaydedilen bilgiler internet üzerinden bir sunucuya ve veri tabanına aktarılabilir (Kartal, 2006).

WBAN ucuz, dikkat çekmeyen, denetlenmesi gerekmeyen, uzun süreli hasta izleme gerçekleyen bir prototip vaat ediyor. Bu teknolojiyi her yerde kullanılabilir, kolayca elde edilebilir yapmak için sistem dizaynı, standartlaşma, güvenlik, gizlilik gibi birçok konuda, çok sayıda problemin çözümlenmesi gerekmektedir (Kartal, 2006).

2.2.5.1.10. 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 (Quoc, vd, 2010).



Resim 0.19. Görme Engelliler İçin Akıllı Otobüs Durağı

2.2.5.1.11. Human++ Projesi

IMEC tarafından yürütülen bir projedir. Bu projenin amacı PDA ile haberleşebilen algılayıcılar içeren kablosuz bir ağın gerçekleştirilmesidir. Uzun ömürlü, vücutla uyumlu, akıllı algılayıcılar devreleri geliştirmek, bu projenin amaçları arasındadır (Kartal, 2006).

2.2.5.1.12. Noninvasive wireless body area network

Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Teknoloji Enstitüsü tarafından Zürih'te yürütülen bir projedir. Bu projenin amacı, düşük enerji tüketen, dikkat çekmeyecek boyutlarda, non-invasive (deri üzerinden) bir WBAN tasarımı ve optimizasyonudur (Kartal, 2006).

2.2.5.1.13. Body area network – a "Healthy Aims" projesi

Healthy Aims kapsamında, Zarlink Semiconductor Inc. Yürüttüğü bir projedir. Heallthy Aims bir EU FW VI projesidir. 9 Avrupa ülkesi tarafından yürütülen, 6 tanesi yatırımcı 26 ortaktan oluşan büyük bir projedir. Bu ortaklar yaşlılara ve özürlülere yardımcı olacak geniş çaplı tıbbi çözümler geliştirmeye çalışmaktadır. Proje Information Society Technologies (IST), Microsystem programı tarafından

desteklenmekte ve farklı disiplinlerden çok sayıda kişiyi bir araya getirmektedir (Kartal, 2006).

2.2.5.1.14. Proactive Health

Intel tarafından yönetilen bir projedir. Proje, fiziksel ve kavramaya ilişkin zayıflamaya odaklanmıştır. Geleceğin yaşlı nüfusuna yardım etmek, kanser ve kalp hastalıkları gibi kronik durumların ihtiyaçlarına cevap verecek sistemler geliştirmek, ruh sağlığı, iyi beslenme gibi konularda yardımcı olacak sistemler geliştirmek, olmak üzere üç inceleme alanı içerir (Kartal, 2006).

2.2.5.1.15. Telemedicare

SINTEF tarafından yürütülen bir projedir. Hastaların evden gözlemini hedefleyen bir projedir. Gelişmiş ve güvenli algılayıcılar hastadan 24 saat sürekli veri toplayarak bunu hastanın evindeki bir bilgisayara kablosuz iletişim ile aktarır, bilgisayar bu verileri depolar ve analiz eder. Hasta üzerine yerleştirilen 4 algılayıcıdan gerçek zamanlı olarak, yüksek kalitede EKG, kan basıncı, oksimetri ve sıcaklık verisi elde edilir. Bu veri kablosuz iletişim ile yerel hasta bilgisayarına aktarılır. Proje yerel hasta bilgisayarı ve hasta arasında, güvenli web tabanlı bir ara yüz sağlar. Ayrıca proje var olan hastane bilgi sistemlerine uyumu da göz önünde bulundurmaktadır (Kartal, 2006).

2.2.5.1.16. WsHC (Wireless Health and Care)

Çok disiplinli bir araştırma ve geliştirme projesidir. Kablosuz haberleşebilen prototip ürün ve hizmet geliştirmeyi hedeflemektedir. Algılayıcı verilerinin Bluetooth, Zigbee ya da özel tasarlanmış protokoller aracılığıyla toplanması, sağlık personeline ulaştırılması ve sağlık personelinin arasındaki haberleşme bu projenin aşamalarıdır (Kartal, 2006).

2.2.5.1.17. Gece vardiya asistanı

Gece vardiyasında kablosuz algılayıcılardan oluşan bir sistem kullanılması durumunda personel sayısı asgari düzeye indirilmiş olacaktır. Sadece bir iki personelle birçok işlem yapılabilir. Nöbetçi Sağlık Personeli sadece önündeki monitöründen

gelişmeleri takip etmesi yeterlidir (e-SENSE). Her hastanın kendi üzerinde veya odasında bir algılayıcı sayesinde veriler nöbetçi personele iletilecektir ve o da gerekli olduğu durumlarda müdahale edecektir (Verdone, vd, 2008).

2.2.5.1.18. Tıbbi kazaların önlenmesi

Her yıl yaklaşık 98.000 kişi tıbbi kazalar nedeniyle ölmektedir. Algılayıcı ağ sistemi önceki tıbbi kazaları raporlayarak aynı kazanın tekrar meydana gelmesini önleyecek ve böylece tıbbi kazalar azaltılabilecektir (Khan, vd, 2009).

2.2.5.1.19. Yedek vardiya asistanı

Bir hastanede genç asistanlar yardımcı konumundadırlar (e-SENSE). Genç asistanlar vardiyada deneyim kazanmak için kalabilir ve bu durumda hastane içinde herhangi bir acil durum söz konusu olduğunda genç asistan bütün verileri kablosuz algılayıcılar vasıtasıyla toplayacak ve uzman doktora iletebilecektir (Verdone, vd, 2008).

2.2.5.1.20. Satire

Illinois ve Virjinya Üniversitelerinin işbirliği ile geliştirilmiş kişisel giyilebilir izleme servisidir. Hareket ve konum algılayıcılar ile kullanıcıların günlük faaliyetlerini kayıt etmek için kullanılan popüler bir algılama yöntemidir. Projenin ana fikri sağlık ve güvenlik için giyilebilir izleme platformu oluşturmaktır (Gavrilovska, vd, 2011).

2.2.5.1.21. LISTSENse

İşitme engellilere kendi ortamında sesli bilgilendirmeden haberdar olmayı sağlar. Kullanıcı baz istasyonu ile T-düğümünü taşımaktadır. Baz istasyonu T-düğümü bir vibratör ve LED'ten oluşur. Verici düğümleri yakındaki nesneleri (duman alarmı, kapı zili gibi) duyabilmektedir. Verici düğümleri yönlü konderser mikrofonlardan oluşur. Gelen sinyal 20 Hz. hızından büyükse kullanıcıya şifreli bir mesaj gelmektedir. Bu sırada baz istasyonu T-düğümü aktif vibratörle kullanıcıyı uyarır ve LED ışıklar yanar. Kullanıcı uyarıyı devre dışı bırakmak için kabul düğmesine basar (Yick, vd, 2008).

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 (Stankovic, vd, 2005).

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 (Stankovic, vd, 2005).

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 (Stankovic, vd, 2005).

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 (Alemdar ve Ersoy, 2010).

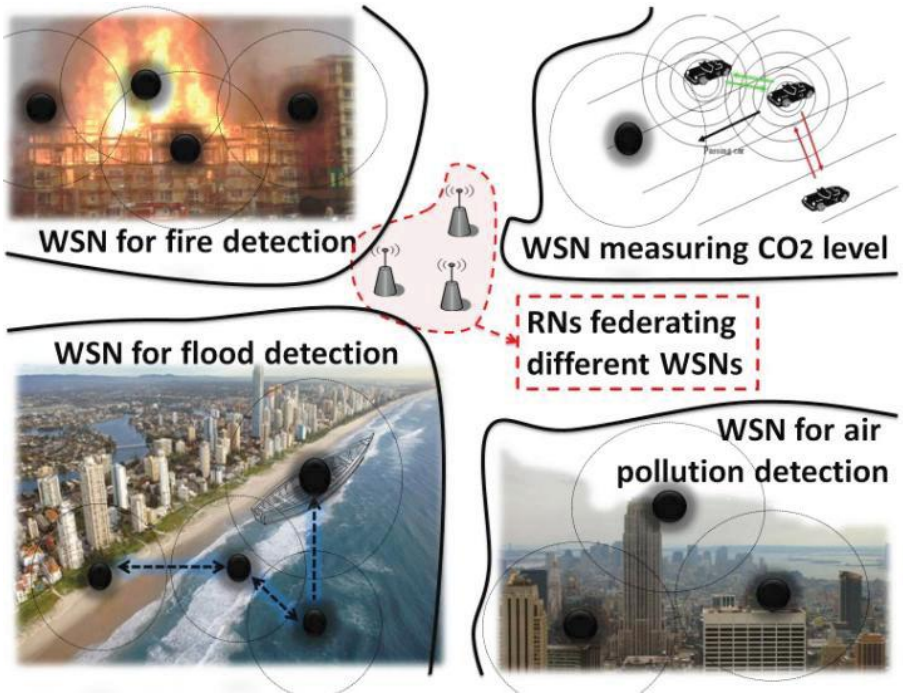
Sistemde ağ yapısının yanı sıra doğru ve güvenilir bilgi için göze batmayacak şekilde küçük algılayıcı cihazlar geliştirmek daha önemlidir. Tüm aktörler arasında (bakıcı, algılayıcılar, hasta, doktor, aile vb.) koordine olan bir sistem uygulanmalıdır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

Üretilen sistemlerde odak nokta tercihen kumaş veya diğer maddelerle insan vücudunun implante edilmesi olmalıdır (Alemdar ve Ersoy, 2010).

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 (Akyildiz ve Vuran, 2010, Nallusamy ve Duraiswamy, 2011).

Çevre algılama sistemlerinde aynı zamanda o çevrede biz de yaşamaktayız ve dolayısıyla sistem mutlaka önemli afetlerin tespiti ve önlenmesinde işbirliği ile geliştirilmelidir. Resim 2.20'de Kablosuz Algılayıcı Ağlar İle Çevre İzleme Sistemi Örnekleri gösterilmiştir (Al-Turjman, vd, 2011).



Resim 0.20. Kablosuz Algılayıcı Ağlar İle Çevre İzleme Sistemi Örnekleri

Batı Avustralya Üniversitesi'nden araştırmacılar toprak ve su incelemek için çok küçük kablosuz algılayıcı prototipi geliştirmektedirler. Bu tür ağlar orman topraklarında tuzluluk yönetim stratejileri, sulama alanları, kentsel su alanları ve su hareketlerini izlemek için kullanılmaktadır. Büyük uygulamalarından bazıları Kuş gözlemi (Great

Duck), buzul izleme, okyanus suyu izleme sistemleridir (Akyildiz ve Vuran, 2010, Nallusamy ve Duraiswamy, 2011).

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 (Nallusamy ve Duraiswamy, 2011).

Hindistan'da uygulanan bir proje Hindistan Yaban Hayatı İzleme (Project For Indian Wild Life Monitoring) WildCENCE projesidir. Projenin hedefi yaban hayatı, mikro klima etkisi, ormanlarda yangın algılama ve orman zenginliğini korumak için hareket ve aktivite izlemedir (Nallusamy ve Duraiswamy, 2011).

Southampton Üniversitesi'nden araştırmacılar Norveç'te kablosuz algılayıcılar kullanarak bir buzulun çevresini izleme sistemi inşa etmişlerdir. Araştırmacılar çevreyi rahatsız edici kablolar olmadan buz ve buzul altı tortu içinde algılayıcı düğümleri ile veri toplamaktadırlar (Merret ve Tan, 2010).

Bir başka örnek ise, EPFL'den gelen araştırmacılar İsviçre ve İtalya arasında bulunan yüksek dağ yolunda kablosuz algılayıcı ağların dağıtımlarını gerçekleştirmişlerdir. Onların amacı İsviçre makamlarına çığ ve kaza sonucu ölümlerin önlenmesine yardımcı olmaktır (Merret ve Tan, 2010).

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 (Verdone, vd, 2008).

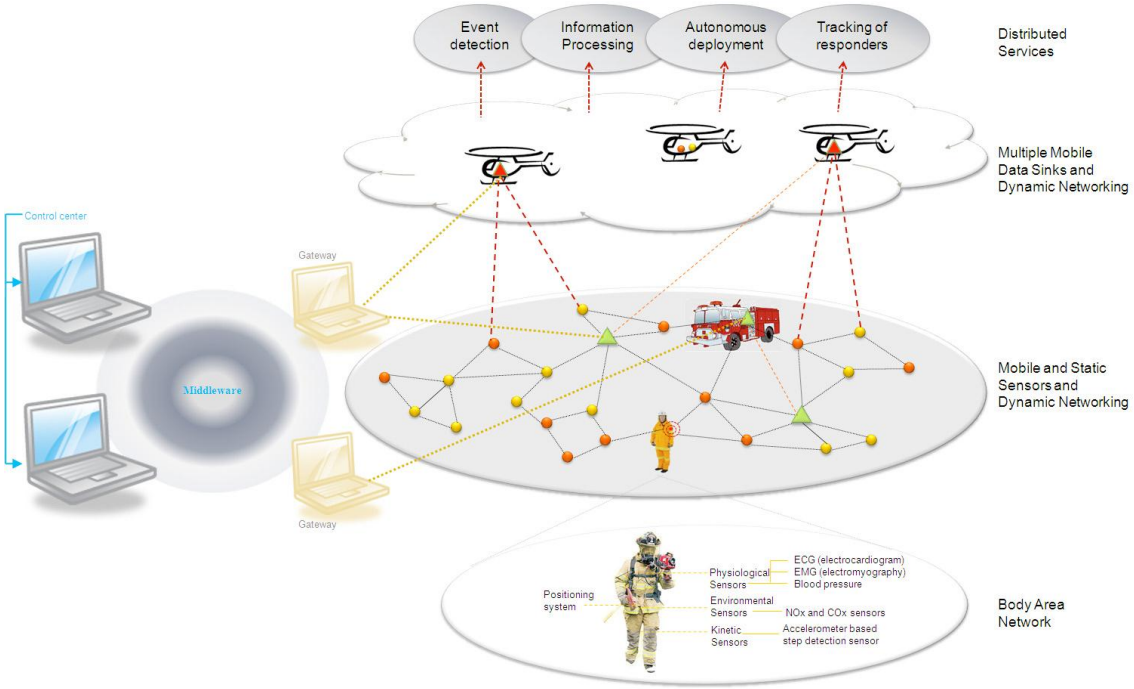
Sistemin mümkün olduğunca çabuk çevre değişikliklerine tepki vermesi gerektiğinden bu uygulamalarda yüksek güvenlik gereksinimleri ile gerçek zamanlı izleme teknolojileri gerektirmektedir. İlk çıkış noktası insanın olmadığı durumlarda ortam izleme için kullanmak için tasarlanmıştır. Bu tip sistemler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

vardır. Ayrıca bu sistemlerde mümkün olduğunca güç verimli elemanlar tercih edilmelidir (Verdone, vd, 2008).

2.3.1. AWARE

AWARE (AWAreness during REsuscitation - Resüsitasyon Sırasında Farkındalık) projesi kendi kendine organize olan, özerk insansız hava araçlarının iletişim altyapısını sağlamaktır. Ulaşılması zor ve imkânsız olan ve önceden iletişim altyapısı olmayan yerlerde sistemin çalışmasını sağlamaktır. Projenin asıl amacı yangın, afet yönetimi gibi çevre koşullarının sürekli izlenmesi ve sivil amaçlı izlemedir. Bu uygulamada kablosuz algılayıcılar AWARE projesinin kulakları ve gözleri konumundadır (Hoesel, vd, 2009).

Öngörülen AWARE uygulama senaryolarında veri düğümleri güçlü bir Mobile Ad-Hoc Networking (Mobil Ad-Hoc Ağ - MANET) ve bir alt kümesi olan algılayıcı ağ ile iletişim kurarak birbirine bağlıdır. Resim 2.21'de AWARE Platform Mimarisine Genel Bakış görülmektedir (Hoesel, vd, 2009).



Resim 0.21. AWARE Platform Mimarisine Genel Bakış

2.3.2. Buzul izleme

2.3.2.1. 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 (Verdone, vd, 2008).

2.3.3. Okyanus izleme

2.3.3.1. 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 (Nagel, 2005).

2.3.4. Hava durumu izleme

Hava simülasyonları geleneksel yöntemlerle sınırlamalar nedeniyle küçük alanlarda yapılmaktadır. Bir başka temel zorluk ise sistemlere yeryüzünün etkisidir. Balonlarla da sınırlı ölçümler gerçekleştirilmekte ve oldukça da maliyetli ve zaman alıcı olmaktadır. Bütün bunlara nazaran bölgesel veya küresel dağıtılmış kablosuz algılayıcı ağlar ve yerel ağların kombinasyonu sorunsuz bir çalışma ve çok farklı mekânsal ölçekler üzerinde hava ve iklim izlemeye izin vermektedir. Bu sistemler aynı zamanda küresel iklim değişikliği çalışmaları için de kullanılabilir (Nagel, 2005).

2.3.5. Hava kirliliği izleme uygulamaları

Dünyada şu anda büyük şehirlerde hava kalitesinin izlenmesini yürüten pek çok kuruluş vardır. Örneğin İngiltere Hava Kalitesi Arşivi, farklı kirleticilerin günlük veya saatlik verilerini izleyen işaretçileri vardır. Aynı şekilde Hindistan Çevre Portalı Indiastat'da, Hindistan'da kirlilik düzeylerini yansıtan istatistikleri raporlamaktadır. ABD Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency - EPA) bir hava ortamı izleme programı ve Ulusal Hava Kalitesi Standartları (National Ambient Air Quality Standards - NAAQS)'nın şehirlerde kirletici seviyelerinin izlenmesi durumlarına pek çok ülke tarafından başvurulmaktadır. İzleme için yaygın olarak Gaz Analizörleri, Difüzyon Tüpleri ve Kızılötesi Algılayıcılar kullanılmaktadır. Asıl amaç doğru ve güvenilir veri sağlamak olsa da çok pahalıdır (Shum, vd, 2011).

Yazarlar Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information System - GIS) ve çevrimiçi bir ortam izleme sistemi için kablosuz algılayıcı ağ sistemi entegrasyonu çalışmaları üzerinde durmaktadırlar (Shum, vd, 2011).

Almanya'nın Braunschweig şehrinde şehir içi otobüslere atmosfer kirliliği için algılayıcılar yerleştirilmiş olup sistem GPS alıcıları ile donatılmıştır. Hücresel modem aracılığıyla merkeze raporlama yapılmaktadır (Nagel, 2005).

2.3.5.1. MESSAGE

Şebeke Ortamlarında Mobil Çevre Algılama Sistemleri (Mobile Environmental Sensing System Across Grid Environments - MESSAGE), trafik yönetimi ve izlenmesi, rota planlama için trafik ve trafik ile ilgili kirlilik hakkında çevrimiçi bilgi görüntülemek için İngiltere'de beş üniversitenin işbirliği yapmış olduğu bir projedir. Projenin kapsamında sistem mimarisi ve altyapı tasarımı, veri işleme ve madenciliği, sistem taşıma modellenmesi, kirlilik haritalarının kullanıcı arayüzü geliştirilmesi ve algılayıcı modülleri geliştirilmesini içerir. Özellikle üç kirleticiye değinilmektedir; NO, NO_2 ve CO (Shum, vd, 2011).

2.3.5.2. Streetbox

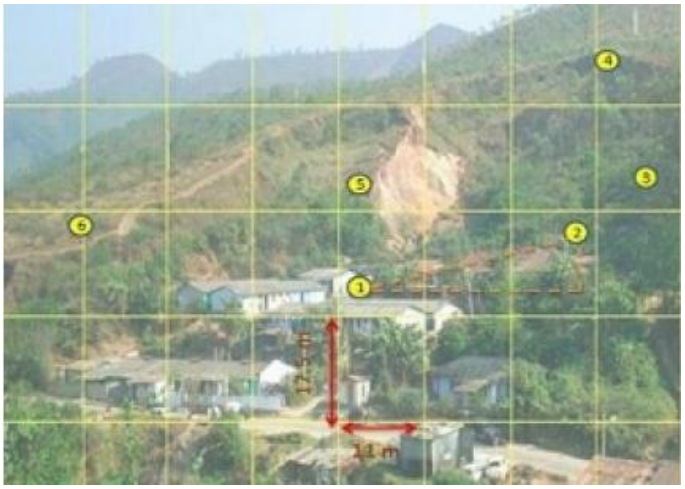
Başka bir ortam havasının izleme projesi UCL Yapı Çevre Fakültesi tarafından geliştirilen açık ve kapalı ortamlarda CO (Carbon Monoxide - Karbon Monoksit) konsantrasyonu izlemek için veri kaydediciler kullanmaktadır. CO algılayıcılar, sinyal işleme devreleri ve dijital işleme birimlerini oluşturan monitörler Learian tarafından geliştirilmiştir (Shum, vd, 2011).

2.3.5.3. WAPMS

Kablosuz Algılayıcı Ağı Hava Kirliliği İzleme Sistemi (Wireless Sensor Network Air Pollution Monitoring System - WAPMS), kablosuz algılayıcı ağlar kullanarak Mauritius odaklı bir veri toplama algoritma geliştirme sistemidir (Shum, vd, 2011).

2.3.6. Afet izleme uygulamaları

Doğal afetleri algılamak için algılayıcılar doğal olarak olan ya da olmayanları tespit etmek için amaçlanan bölgelere dağıtılabilirler. 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 (Zheng ve Jamalipour, 2009).



Resim 0.22 Hindistan Deep Earth Probe Projesi

2.3.6.1. Arama kurtarma uygulamaları

2.3.6.1.1. 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 (Yick, vd, 2008).

2.3.6.1.2. 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 (Yick, vd, 2008).

2.3.6.2. Yangın algılama uygulamaları

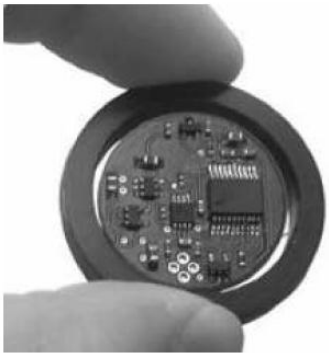
Yangın çeşitli yerlerde olabilir ve farklı mekanizmalara neden olabilir. İnsani, ekonomik ve çevresel felaket gibi etkileri ölçek, konum türüne bağlı olarak değişir. Tüm önlemlere rağmen ABD Ulusal Kurumlararası Yangın Merkezi sadece 2009 yılında 403.509 dönümlük alanı etkileyen 15.918 yangın meydana geldiğini rapor etmiştir. Bu nedenle hızlı ve etkili yangın algılama sistemi yangın söndürmenin anahtarı konumundadır. Bu amaçla yangın algılama sürecini hızlandırmak ve bilgi analizi ve güvenirliğini artırmak için yıllarca çeşitli teknolojiler ve algılama mekanizmaları geliştirilmiştir (Bahrepour, vd, 2010).

Yangın algılama için en ideal sistem kablosuz algılayıcı ağ sistemleridir. Çeşitli algılayıcılar (sıcaklık, nem, duman) vasıtasıyla yangın algılanabilmektedir (Bahrepour, vd, 2010).

2.3.6.2.1. 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 yangınını 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 alarma geçecektir. Ve yangın söndürme helikopterleri devreye girecektir (Verdone, vd, 2008). Bu da yangının henüz başlama aşamasında iken söndürülmesini sağlayacaktır.

Resim 2.23'de orman yangını algılama için geliştirilmiş kablosuz bir algılayıcı görülmektedir.



Resim 0.23. Bir Kablosuz Algılayıcı

2.3.6.2.1.1. FireBugs

Bu sistem Yangın ortamlarında gerçek zamanlı veri toplamak için ağlar içinde kendini organize eden TinyOS işletim sistemine dayalı küçük kablosuz algılayıcı ağ sistemidir. Bu sistemde kundakçı algılayıcı ve ortamın davranışlarını izleyen ve bunu internet üzerinden gönderen bir teknoloji kullanılmaktadır (Sohraby, vd, 2007).

2.3.6.2.1.2. FHSS

Orman Yangınları Gözetleme Sistemi (The Forest-Fires Surveillance System - FHSS) Güney Kore dağlarındaki ormanlarda yangınları önlemek için gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiş bir sistemdir. Sıcaklık, nem, duman ve duyu ile ortamda devlet yardımı ile ormanların risk düzeyleri belirlenmektedir. Erken ısı algılama sistemleri sayesinde orman yangını meydana geldiğinde önce insanları uyaran bir gerçek zamanlı erken alarm sistemidir (Khedo, vd, 2010).

2.3.6.2.2. 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, kablosuz algılayıcı ağları maden yangınlarının da önceden belirlenmesi için en uygun çözümdür (Döner, vd, 2010).

2.3.6.3. 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 (Werner-Allen,vd, 2005).

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 (Werner-Allen, vd, 2005).

Kablosuz algılayıcı ağlar volkanik izleme sistemlerinin izlenmesi, dağıtımı, kurulumu ve bakım sürecinde yardımcı olabilirler (Yick, vd, 2008).

Kuzey ekvator Revendator'a 16 algılayıcı düğümünden oluşan bir sistem konuşlandırıldı. Her algılayıcı düğümü çok yönlü harici anten, sismometre, bir mikrofon ve özel donanımlı bir T-düğümü içermektedir. Algılayıcı düğümleri birbirlerinden yaklaşık 200-400 m mesafede yerleştirilmiştir. Düğümler Multi-Hop ağ geçidi üzerinden veri göndermektedir. Toplanan veriler uzun mesafe radyo verici ile iletilir. Veriler bir flaş bellekte saklanmaktadır. Bu sistemle 19 gün içinde 230 patlama ve diğer volkanik olaylar gözlemlenmiştir (Yick, vd, 2008).

2.3.6.3.1. SNAV

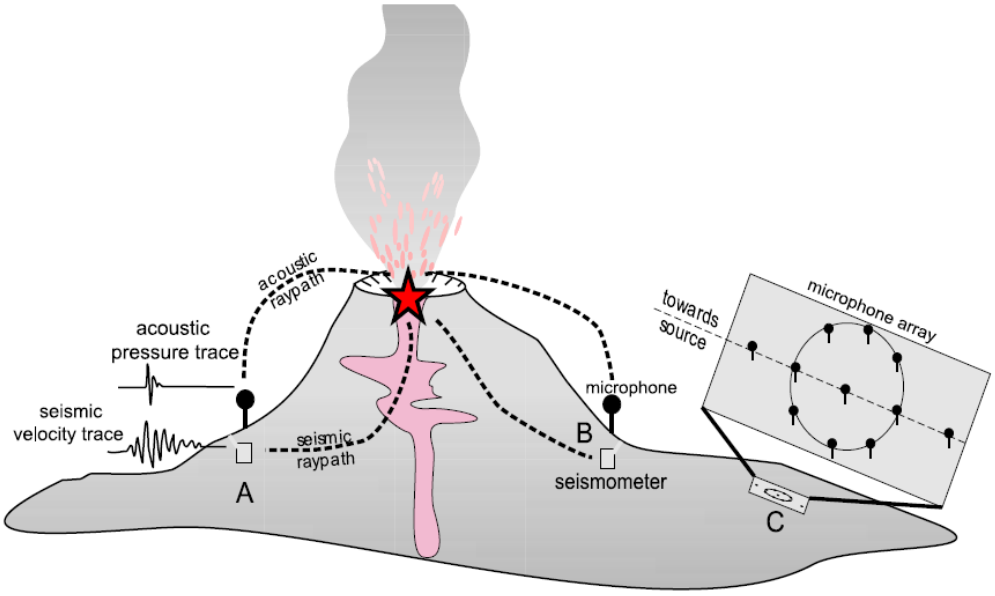
Fang ve Kedar aktif volkanların izlenmesi için bir sistem tasarımı önermişlerdir. Aktif Volkanlar için Algılayıcı Ağlar (Sensor Networks for Active Volcanoes - SNAV) adlı projenin amacı patlamalar meydana gelmeden belirlemek ve magma hacmini ölçerek tehlikeleri değerlendirmektir. Sistem tehlikeli bölgeden uzak baz istasyonuna veri göndermektedir (Fang ve Kedar, 2008).

2.3.6.3.2. Free-Wave

Antartika'da Erebus Dağı üzerinde beş istasyonlu algılayıcı dizisi FreeWave bir uydu bağlantısı ile internete bağlı bir merkez bilgisayara gerçek zamanlı veri iletmektedir (Werner-Allen, vd, 2005).

2.3.6.3.3. 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 (Werner-Allen, vd, 2005).



Şekil 0.12. Volkanik Görüntüleme Algılayıcı Dizileri

Sismik ağların bir başka kullanım alanı ise tomografik evirme yoluyla volkanın içyapısını görüntülemedir. Mekânsal olarak dağıtılan sismometreler tarafından kaydedilen depremler belirli bir kaynak ve alıcı arasındaki yayılma hızları hakkında bilgi sağlamaktadır. Böylece sismik görüntüleme yanardağın üç boyutlu görüntülemesine izin vermektedir (Werner-Allen, vd, 2005).

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 (Werner-Allen, vd, 2005).

2.3.6.3.4. MVE-WSN

Harvard ve Kuzey Kaliforniya Üniversiteleri tarafından geliştirilen düşük frekanslı akustik algılayıcılar ile volkanik patlama izlemek için kablosuz algılayıcı ağ sistemidir. Kablosuz algılayıcılar Ekvador'daki aktif volkanik yanardağ olan Tungurahua'ya Temmuz 2004'te konuşlandırıldı. 9 km uzaktaki bir baz istasyonu ile kablosuz bağlantı üzerinden infrasonik sinyaller toplanmaktadır. 54 saat boyunca en az

9 büyük patlama sürekli veri dağıtımı sırasında toplanabilmiştir. Düğümler GPS sistemi ile entegre olarak çalışabilmektedir (Verdone, vd, 2008).

Sistem bilimsel çalışma ve tehlike izleme için geniş bir yelpazeye sahiptir. Geleneksel olarak zemin kayıt elastik enerji sismografi ağları boyut belirlemek ve meydana gelebilecek depremlerin etkisini ölçmek için kullanılmaktadır. Sismik ağların bir başka kullanımı da tomografik yapı ile bir volkanın iç yapısını görüntülemektir (Verdone, vd, 2008).

2.3.6.4. Sel ve su baskını algılama

Bir evde bir musluk açık unutularak işe gidilebilir ve bu durumda eve dönüldüğünde 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 (Khedo, vd, 2010).

2.3.6.4.1. ALERT

Otomatik Gerçek Zamanlı Yerel Değerlendirme (Automated Local Evaluation in Real-Time - ALERT), belki de gerçek dünyada konuşlandırılmış olan bilinen ilk kablosuz algılayıcı ağıdır. 1970 yılında Amerikan Ulusal Hava Servisi tarafından geliştirilmiştir (Xu, 2002). Gerçek zamanlı bir sel algılama ve önleme sistemi uygulamasıdır. Yağışlar su seviyesi ve hava algılayıcıları ile tespit ve tahmin edilmektedir. Bu algılayıcılar önceden tanımlanmış merkezi veri tabanı vasıtasıyla bilgi kaynağı oluşturmaktadır (Khedo, vd, 2010). ALERT algılayıcıları genellikle su seviyesi, sıcaklık ve rüzgâr algılayıcıları gibi meteorolojik / hidrolik algılayıcılarla donatılmıştır (Xu, 2002).

Şuanda sistem Amerika Birleşik Devletlerinin batısında Arizona ve Kaliforniya'da alarm durumu için kullanılmaktadır (Xu, 2002).

2.3.6.5. 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.

2.3.7. 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 (Verdone, vd, 2008).

2.3.8. 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 (Jang, vd, 2008).

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 (Jang, vd, 2008).

2.3.9. Diğer

2.3.9.1. BikeNet

Fırsatçı algılayıcı ağların ilke ve tekniklerinden yararlanarak haritalama yapmak için Dartmouth Koleji ve Kolombiya Üniversitesi'nin işbirliği ile geliştirilen bir genişletilebilir mobil algılama sistemidir. Çember şeklinde alan ağı kurarak kişisel veya çevresel algılamaları araştırmada kullanılmaktadır (Gavrilovska, vd, 2011).

Çevre kirliliği, alerjenler, gürültü ve arazi pürüzlülüğü açısından sağlıklı düzeyleri vurgulayarak deneyimleri haritalamaktadır (Gavrilovska, vd, 2011).

2.3.9.2. PODS

Hawaii Üniversitesi tarafından hava koşullarını ve nadir bitkileri izlemek için geliştirilen bir sistemdir (Kuorilehto, vd, 2007). Hawaii Volkanlar Milli Parkı'na POD adı verilen kamufle algılayıcı düğümleri yerleştirilmiştir. POD sistemi bir bilgisayar, radyo alıcı verici ve bazen de yüksek çözünürlüklü kamera ve algılayıcılardan oluşur. Enerji verimliliği esaslı çalışmada isteğe bağlı yönlendirme protokolü kullanılır. İki farklı tip algılayıcı ile hava durumu verileri 10 dakikada bir, görüntü verileri de saatte bir toplanır. Araştırmalar devam etmektedir (Xu, 2002).

2.3.9.3. NIMS

2004 yılında Batalin ve arkadaşları tarafından orman ortamlarında güneş radyasyonunu izlemek amacıyla geliştirilen bir projedir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.4. Macroscope

2005 yılında Tolle ve arkadaşları tarafından sekoya kuşlarının nem ve sıcaklık değerlerinin kablosuz algılayıcı ağlar ile izlenmesini gözlemlemek amacıyla geliştirilen projedir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.5. Vineyard

2004 yılında Beckwith ve arkadaşları tarafından tarım alanları için geliştirilen bir projedir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.6. PicoRadio

2004 yılında Reason ve Rabaey tarafından geliştirilen 25 düğümlü sıcaklık algılama sistemidir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.7. Heathland

2004 yılında Turau ve arkadaşları tarafından Kuzey Almanya için geliştirilen bir çevresel izleme sistemidir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.8. Shellfish

2005 yılında Crowley ve arkadaşları tarafından kısa dönemli kabuklu deniz ürünlerinin izlenmesi için geliştirilen bir sistemdir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.9. PEG

2005 yılında Sharp ve arkadaşları tarafından ultrasonik algılayıcılar kullanılarak hareket halindeki bir aracın izlenmesi için geliştirilen bir sistemdir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.10. Tracking

2004 yılında Römer tarafından kızılötesi ışık yayan bir nesne ile ışık hareketlerini izlemek için geliştirilen bir sistemdir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.11. Multi-target

2006 yılında Oh ve arkadaşları tarafından geliştirilen çoklu hedefler pasif kızılötesi algılayıcılarla eş zamanlı olarak izleme sistemidir. (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.12. Wisden

2004 yılında Xu ve arkadaşları tarafından bina yapılarının titreşimlerinin izlenmesi için geliştirilen sistemdir (Kuorilehto, vd, 2007).

2.3.9.13. SensorScope

2005 yılında Schmid ve arkadaşları tarafından kapalı bir ortamda ışık, ses ve sıcaklık ölçmek için geliştirilen sistemdir (Kuorilehto, vd, 2007).

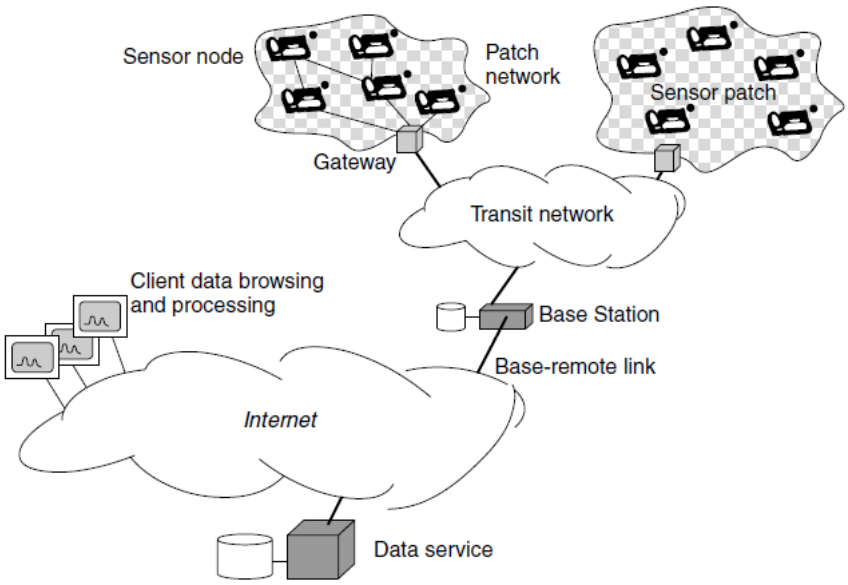
2.4. Habitat İzleme Uygulamaları

Habitat izleme, kablosuz çevre algılayıcı ağlarda çevre izlemenin temel uygulama alanlarından biridir (Akyildiz ve Vuran, 2010). 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 (Yu ve Prasanna, 2006).

Yaban Hayatı, nesli tükenmekte olan ve yeri doldurulamaz hayvanlar için çok önemlidir. Türlerin hayatta kalması için onlara yardımcı olmak gerekmektedir (Merret ve Tan, 2010).

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 (Raghavendra, vd, 2004).

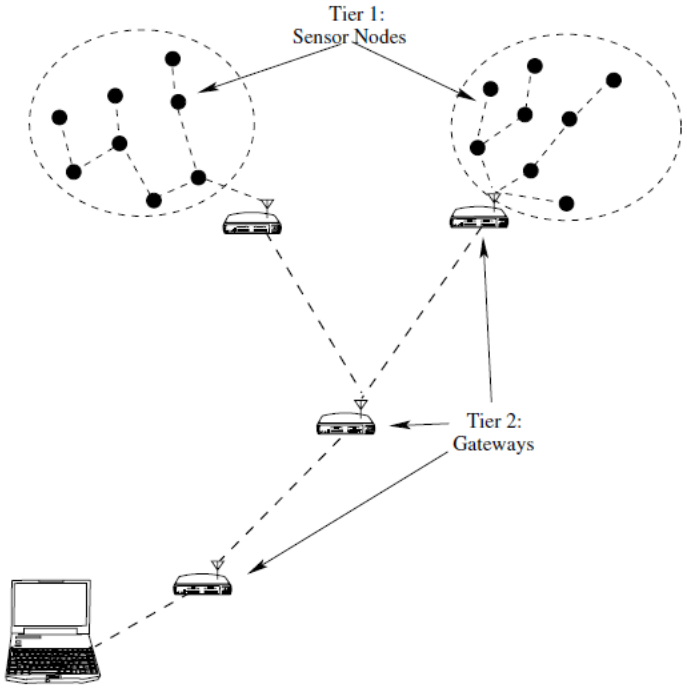
Temel Habitat izleme sistem modeli Şekil 2.24'deki gibidir (Hac, 2003).



Resim 0.24. Habitat Görüntüleme Sistem Modeli

2.4.1. Great Duck Island (GDI)

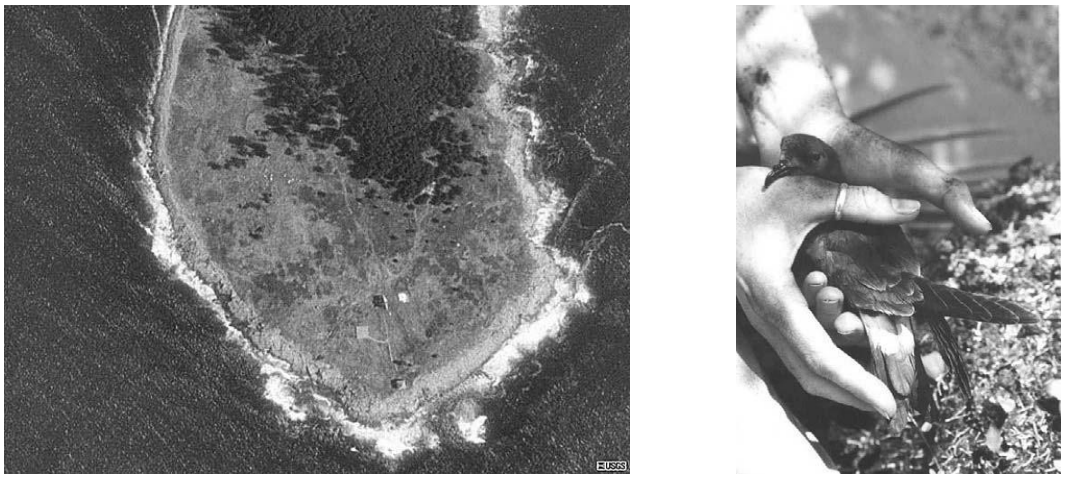
Ağustos 2002'de Intel Araştırma Laboratuvarı ve Berkeley College (Akyildiz ve Vuran, 2010) araştırmacıları işbirliği ile fırtına kuşu davranışlarını incelemek için Great Duck Island'da algılayıcı ağı konuşlandırmışlardır. Kablosuz algılayıcı ağlar bir yamaya yerleştirilmiştir. Ve buradan alınan veriler uzaktaki baz istasyonuna gönderilmektedir. Mount Desert Island, Maine güneyinde 15 km uzaklıkta bulunan 237 dönümlük bir adadır (Nallusamy ve Duraiswamy, 2011, Raghavendra, vd, 2004).



Resim 0.25. Great Duck Island Habitat İzleme Ağı İki Katmanlı Mimarisi

Mika algılayıcılarla deniz kuşlarının (fırtına kuşlarının) habitat seçiminde mikro klimatik faktörlerin rolünü ölçmek için kullanılır. Bunun yanı sıra daha spesifik olarak 1-3 gün boyunca üreme mevsiminde yuva doluluk oranı, çevrenin kuş davranışlarına ilişkin davranış değişiklikleri izlenir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

Great Duck Island Habitat alanı resimleri Resim 2.26'da gösterilmektedir (Zhao ve Guibas, 2004).



Resim 0.26. a) Great Duck Island Habitat Alanı b) Gözlenen Kuş

Mika düğümleri sıcaklık, barometrik basınç, nem, ısı algılayıcılar kullanılan bölümler ile donatılmıştır. Bu algılayıcılar iki farklı amaç için kullanılır; yuva düğümleri temassız kızılötesi termopil ve sıcaklık/nem algılayıcılar kullanılarak doluluk oranını algılamak için yuvalara konuşlandırılmakta, hava düğümleri ise mikro yüzeyi izlemek için kullanılmaktadır. Her grup algılayıcı bu verileri toplar ve ikinci kademe ağ geçidine gönderir. İkinci katmanı, uzun menzilli noktadan noktaya iletişim yoluyla adadaki alan ve uzaklık baz istasyonu ile algılayıcılar arasında bağlantı sağlayan ağ geçitleri oluşturur. Sistemde bir IEEE 802.11 kartı ve bir dizi 30.5m ile 12dBi yönlü anten ile donatılmış gömülü bir Linux sistem olan iki farklı platform bu amaç için kullanılır. Ayrıca Mika düğümleri 1200 feet bir dizi için bir 916 Mhz yönlü anten ile donatılmıştır. Baz istasyonu da kablosuz algılayıcı ağlar için uzaktan erişim sağlayan uydu ile internete bağlıdır (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.4.2. CORIE

Kolombiya Nehri Ekosistemi (The Columbia River Ecosystem - CORIE) bir çevresel gözlem ve tahmin sistemi Oregon Kıyı ve Arazi Kenarı Enstitüsü Araştırma Merkezi tarafından yapılan bir örnektir. Çeşitli çevresel algılayıcılar Kolombiya Nehri'nin denize döküldüğü istasyonları algılamada kullanılır. Kolombiya Nehri ve diğer Oregon halici içinde veya çevresinde 24 istasyon su hızı, su sıcaklığı, tuzluluk ve derinlik ölçmek için çeşitli çevre algılayıcılar ile donatılmıştır. Ayrıca rüzgâr ve hava özelliklerini ölçmek için çeşitli meteoroloji istasyonlarından dağıtılan ve farklı dalga boylarında güneş radyasyonunu saptamak da vardır. Bu algılayıcılardan gelen bilgiler gemiler, deniz araştırma ve kurtarma ve ekosistem araştırma ve yönetiminin sürekli kontrolü için kullanılır. Gözlemler internetten gerçek zamanlı olarak görüntülenir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

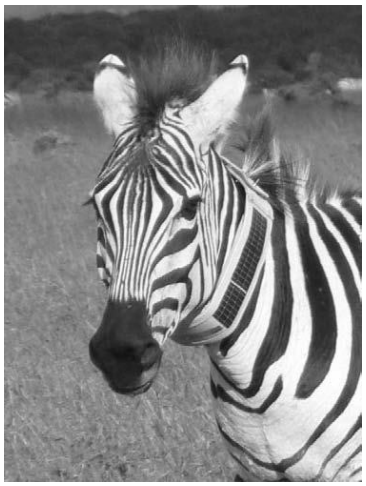
Kolombiya Nehri denize döküldüğü sistemde alt nehir ve yakınında okyanusu içerir. CORIE sisteminin hedefi bu sistemin fiziksel durumunu karakterize etmek için, algılayıcılardan gelen sayısal veri modelleri ile gözlenen bilgileri birleştirmektir. Daha spesifik hedefi ise karmaşık dolaşım ve süreçleri tahmin etmek. Nehir geniş bir alanda sınırlı sayıda algılayıcı ile kaplı olduğundan geleneksel algılayıcı ağların farklı özelliklerini temsil eder. Düşük maliyetli algılayıcı düğümleri ile karşılaştırıldığında

CORIE sisteminde kullanılan algılayıcılar pahalı ve karmaşık sistemlerdir. Bu nedenle en az sayıda istasyon ile son derece hassas verilere ihtiyaç vardır. Dolayısıyla bilim adamları tarafından kullanılan veri modellerine uygun tahmin yöntemleri gerektirir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.4.3. ZebraNet

Zebraların türler içindeki ve arasındaki etkileşimleri, insan gelişiminin etkilerinin yanı sıra uzun vadeli hareket kalıplarını incelemek için geliştirilen bir hayvan izleme sistemidir. Bu sistem iki tür Zebra izlemek için Kenya'da konuşlandırılmıştır (Akyildiz ve Vuran, 2010).

ZebraNet konum bilgilerini toplamak için Zebraların yakasına bağlanır. Her yakada bir GPS ünitesi, mikroişlemci, iki tür radyo (kısa ve uzun menzilli), bir lityum polimer yüksek enerji yoğunluklu pil ve pil şarj etmek için Resim 2.27'de gösterildiği gibi güneş algılayıcısı içermektedir. Yakaya bağlı GPS ünitesi ile hareket modellerini geliştirmek için kullanılan istatistiksel olarak bağımsız bir konuma, örneklerinde biyolojik çalışmalar ile gösterilen her 3 dakikada konum bilgilerini kaydeder. Bu bilgiler araştırmacılar tarafından tutulur ve zaman zaman kendi gezileri sırasında kullanılan bir baz istasyonu aracılığıyla toplanır. Bu nedenle ZebraNet sabit bir düğüm olmadan son derece mobil bir algılayıcı ağı olarak karakterize edilebilir. Baz istasyonu ile iletişim kurmak için fırsat olduğunda her düğüm toplanan konum bilgilerini o anda iletir (Akyildiz ve Vuran, 2010).



Resim 0.27. Bir Zebra Bağlı ZebraNet Yaka Algılayıcısı

Belirli bir düğüm iletişim aralığı çok uzun bir süre için mobil düğümlerin içinde olmayabilir, bu nedenle veri paylaşımı politikası her algılayıcı düğümü komşuları ile toplanan bilgileri paylaşır. Sonuç olarak düğümler ana düğüm ile bağlantı kurarken bu düğüm komşularının yanı sıra konum bilgileri de yüklenir. Komşulardan gelen veriler her düğümde depolama alanını sınırlandırmaktadır. Hiyerarşi politikası ile bu engellenebilir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

Bu projede Zebraların sayesinde toplanan verilerle hayvanların hareketlerini modellemek için değerli veriler toplanmıştır. Z-MAC gibi iletişim protokolleri geliştirmek için kullanılmıştır. Sistemlerin kendine özgü zorlukların üstesinden gelmek için icat edilmiştir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.4.4. tigerCENSE

Araştırmacıların bilinçli karar vermeleri için kaplanların dağıtım modellerini bilmeleri gerekmektedir. İnsanların kendilerine özgü kimliği parmak izleri olduğu gibi kaplanlarda da kendilerine özgü vücut çizgi desenleri vardır ve birbirlerinden farklılık göstermektedir. Yaban hayatı araştırmacıları bu eşsiz çizgili desenlerle ilgilenmektedirler. Bu onların potansiyel türlerinin varlığı hakkında bilgileri, bireysel tanıma ve yoğunluk tahminleri, faaliyet döngüleri, davranış ve hareketleri, mevsimsel farklılıkları gibi bilgileri verir (Bagree, vd, 2010).

Sistemde PIR algılayıcısı kaplanı algılar, görüntü algılayıcı da fotoğraf çekmektedir. Fotoğraflar mikro-SD kart üzerine depolanır. Kablosuz aktarma işlemi ile görüntü aktarılır (Bagree, vd, 2010).

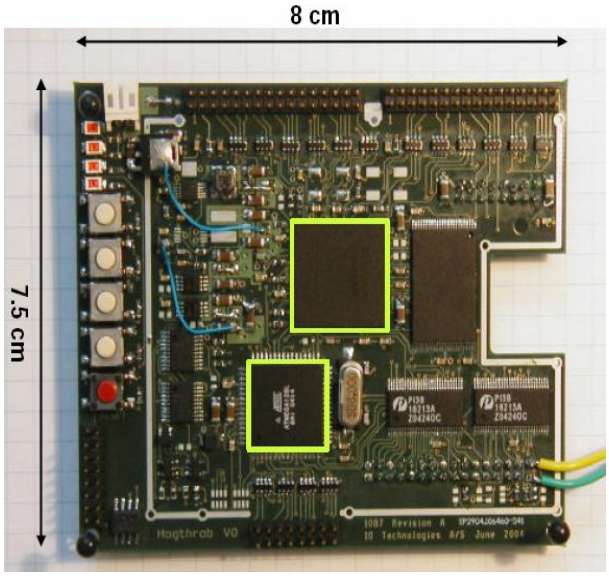


Resim 0.28. tigerCENSE Kaplan Algılama Sistemi Görüntüleri

2.4.5. The Hogthrob Project

Danimarka'da domuz yetiştirilmesinde verimi arttırmak için oluşturulan bu telsiz algılayıcı ağ DIKU (Bilgisayar Bilimleri Departmanı - Department of Computer Science), DTU (Danimarka Teknik Üniversitesi - Denmarks Tekniske Universitet), KVL (Kraliyet Veteriner ve Tarım Üniversitesi - The Royal Veterinary and Agriculture University) ve Danimarka Domuz Üretim Komitesi (Danish Comittee for Pig Production) tarafından geliştirilmiştir (Tayşi, 2006).

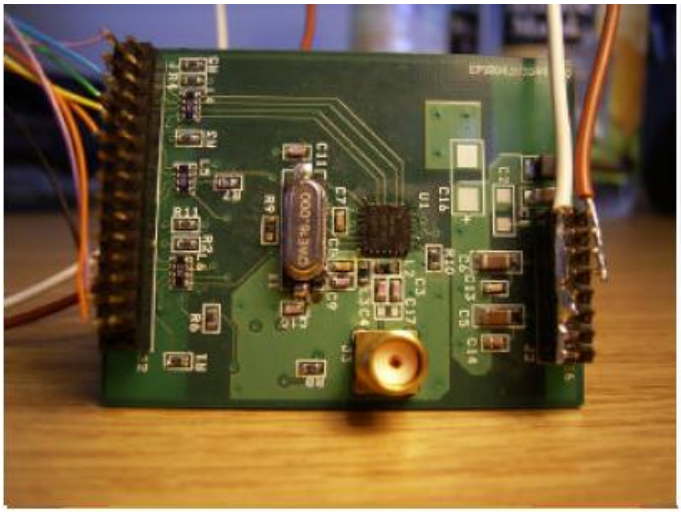
2004 yılında başlatılan projedeki amaç domuzların çiftleşme dönemlerinin tespit edilerek üretimin arttırılmasının sağlanmasıdır. Domuzların farklı dönemlerde farklı kafeslerde ve farklı koşullarda tutulması gerekmektedir. Örneğin gebe domuzlar yaklaşık $300m^{2'}$lik bir kafeste 114 gün süreyle tutulması gerekmektedir. Doğum yapmak üzere olan domuzlar ise 3-4 hafta arasında $4m^{2}$'lik kafeslerde tek başlarına olmalıdırlar. Çiftleşme dönemlerinde ise domuzlar 2-3 hafta arasında onarlı gruplar halinde $50m^{2}$'lik kafeslerde bekletilmelidirler (Tayşi, 2006).



Resim 0.29. Hogthrob Projesinde Kullanılan Düğümün Mikrodenetleyici Kartı

Domuzların yetiştirilmesinde kullanılan diğer yöntemler ise domuzların kulaklarına takılan RFID birimlerinden faydalanılmasıdır. Ancak bu yöntemde belirgin okunabilmesi için domuzlara çok yakın olunması (yaklaşık 10m.) gerekmektedir. Oysa kablosuz algılayıcı düğümleri kullanılması durumunda istenilen mesafede iletişim söz

konusudur. Kablosuz algılayıcı ağlar sayesinde sadece çiftleşme dönemlerinde değil aynı zamanda takip edilmeleri ve hastalık veya anormal davranışların takibi de sağlanabilmektedir (Tayşi, 2006).



Resim 0.30. Hogthrob Projesinde Kullanılan Düğümün Telsiz İletişim Kartı

Oluşturulan sistemde düğümler belirli aralıklarla topladıkları bilgileri aktarmaktadırlar. Kullanılan düğümün işlemci birimi Atmega 128L'dir. Düğüm üzerinde saklama birimi ve verici birimi bulunmaktadır (Tayşi, 2006).

2.4.6. İstiridye

Cape Breton Üniversitesi ve Kanada Ulusal Araştırma Konseyi göllerde devam eden bir biyofiziksel izleme çalışmaları yapmaktadır. Hedefleri istiridyeler için gerekli olan sıcaklık ve tuzluluk parametrelerini toplamak ve yaşam döngülerini oluşturmaktır. COTS algılayıcı düğümleri istiridye izleme için tercih edilir ve biyolojik ve oşinografik izleme için göller ve sığ kıyı şeritleri için konuşlandırılır (Yu ve Prasanna, 2006).

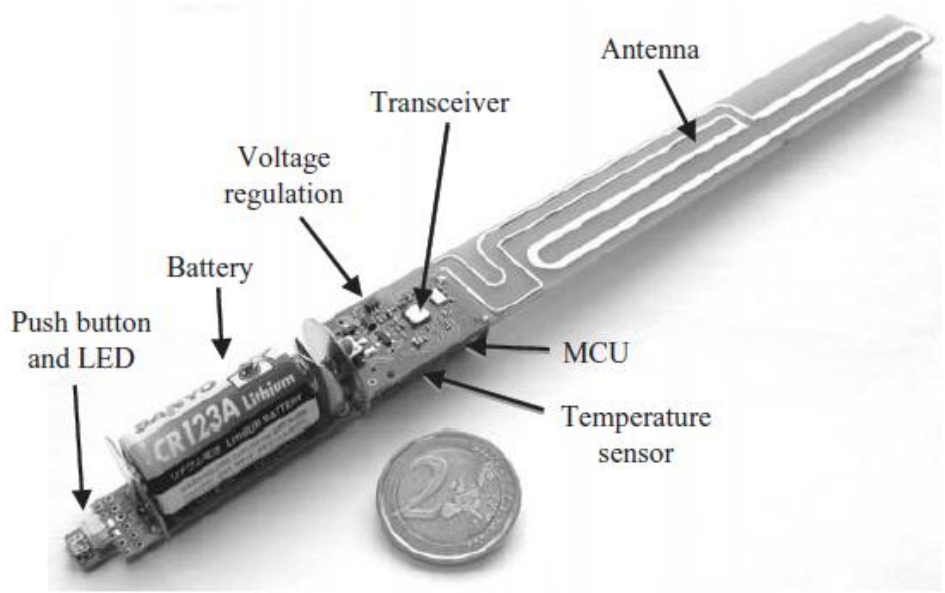
2.4.7. DeerNet

Florida ve Missouri Üniversitelerinden araştırmacılar istilacı türlerin ve göze batmayan hastalıkların yayılmasını izlemek amacıyla yaban hayatın çeşitliliğini korumak için bir proje geliştirmişlerdir. Geyikleri izleyerek yaban hayatın davranışlarını kablosuz algılayıcı ağlar vasıtasıyla video izleme sistemi geliştirmişlerdir. Çekilen videolar gerçek zamanlı görüntüleme ve kamera kontrolü için uzaktan izleme sistemini

içermektedir. Hayvanların gıda seçimi, faaliyet şekilleri ve yakın etkileşimleri hakkında istatiksel modeller oluşturulmaktadır (Khedo, vd, 2010).

2.4.8. TUTWSN

2005 yılından bu yana faaliyet gösteren sisten 50 düğüme kadar değişen miktarda yükseltilmiş ve test edilmiştir. Sistemin amacı sert hava koşullarında işbirliği ve doğrulama yapmaktır. Bölgenin sıcaklık bilgisi yerel halka sunulmaktadır. Bu hizmet sayesinde özellikle ilkbahar aylarında ekime başlamak için doğru zamanı belirlemek ve sonbahar aylarında don uyarısını vererek tarım ve bahçecilik için yararlı olmaktadır (Kuorilehto, vd, 2007).



Şekil 0.13. Uzun Menzilli TUTWSN Prototipi

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 (Merret ve Tan, 2010).

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 probları 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 (Merret ve Tan, 2010).



Resim 0.31. Bir Bağdaki Dağıtılmış Kablosuz Algılayıcı Ağ

Pearl River, Çin'de 4 eyalete, 28 ile 132 ilçeye yayılan yedi büyük nehirden biridir. Tarımsal sanayi ve diğer su kaynaklarının ağır kullanımı ve artan su ihtiyacı baskı altına girmektedir. İklim değişikliği ve artan talep, su verimliliğini ön plana çıkarmaktadır. Sulama bitki sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca kentleşme ile ortaya çıkan sanayi, gübre ve ekolojik sistemler pestisiti yükseltmektedir. Bu da suyun karakteristiğini değiştirmektedir. Bunun için ise bir koruma sistemi geliştirilmelidir (Xuemei ve Liangzhong, 2008).

Araştırmacılar yukarıdaki sorunu gidermek için mühendislik lisans öğrencileri ile kablosuz algılayıcı tabanlı bir ortam izleme sistemi geliştirerek yenilikçi bir eğitim

sistemi uygulamaya başlamışlardır. Ekin alanları için mikro algılayıcılar dağıtılmaktadır. Böylece su tüketimi için büyük bir tasarruf sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca suyun ihtiyacı olan bölgeye kaydırılması da planlanmaktadır. Kablosuz algılayıcı sistemi burada çok fazla dinamik olduğu için geleneksel sistemlere tercih edilmiştir (Xuemei ve Liangzhong, 2008).

2.5.1. AGRO-SENSE

Hassas tarımın en önemli adımı kendi özellikleri ile toprak nesil haritalarıdır. Bunlar arasında ızgara toprak örnekleme, izleme ve bitki verimi izlemedir (D, Roy, ve Bandyopadhyay, 2008).

Avrupa Birliği 7. Çerçeve Programı Kapsamında Teknik Bilimler Fakültesi (Novi Sad, Sırbistan), Elektronik ve Haberleşme Bölümü (Floransa, İtalya), Jozef Stefan Enstitüsü (Ljubljana, Slovenya), Ziraat Fakültesi (Novi Sad, Sırbistan), Mihailo Pupin Enstitüsü (Belgrad, Sırbistan), Orman ve Su Ekonomisi (Voyvodina, Sırbistan) ortak girişimiyle 36 ay süreli 1.112.620€ toplam proje bedelli ve 250.000€ destek bedelli proje başlatılmıştır (Crnojevic, 2008).



Resim 0.32. AGROSENSE Projesinden Bir Görüntü

Projenin amacı (Crnojevic, 2008);

- Ağ ve gelecekteki projeler için temek oluşturma
- Hassas tarım için IT desteği
- Hassas tarımın yaygın bir tarım uygulaması fikrini yayma
- Daha verimli tarımsal üretim
- Çevre koruma
- Toplanan bilgilerden yeni bilgi oluşturma

2.5.2. Smart Fields

Nano ölçekte faaliyet gösteren bir çiftçi, örneğin bitki virüslerinin varlığını ya da toprağın besin seviyesini izlemek isteyebilir. ABD Tarım Bakanlığı, su, gübre ve böcek ilaçlarını otomatik olarak algılamak, raporlamayı teşvik etmek ve geliştirmek için çalışan bir Akıllı Algılama Sistemi gerçekleştirmiştir (Roy, ve Bandyopadhyay, 2008).

2.5.3. SoilNet

Toprağın nemi oldukça önemlidir. Bu öneme rağmen operasyonel olarak ölçülebilir değildir. Bu proje yüksek uzay zamansal ölçekte toprak-su içeriğinin izlenmesi için bir toprak nem algılayıcı ağı geliştirmeyi amaçlamaktadır. Wüstebach, küçük su toplama alanında (yaklaşık 26.7 hektar) önerilen sistemi uygulamayı önermiştir. Algılayıcı ağ 286 alt düğüm ve 12 koordinatör düğümden oluşmaktadır. Tüm ağ bir DSL ağ üzerinden bağlantılı olacak şekilde önerilmiştir (Roy ve Bandyopadhyay, 2008).

2.5.4. 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 (Dargie ve Poellabauer, 2010).

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 (Khedo, vd, 2010).

Teknolojik gelişme ile hassas tarım sistemleri kolaylaşmış ve otomatikleşmiştir. Bunlardan bazıları (Dargie ve Poellabauer, 2010);

- 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 yabani 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 (Khedo, vd, 2010).

Biyolojik karmaşıklığı haritalamak için de algılayıcı düğümleri kullanılabilir. Algılayıcılar baskın bitki türlerinin mekânsal karmaşıklığını gözlemlemek için kullanılabilir (Khedo, vd, 2010).

Algılayıcılar üreme mevsimi başlangıcından önce konuşlandırılmakta olup bitkiler uykuda veya zemin boşken saha çalışmaları sık sık tekrarlanarak güvenirlik artırılmaktadır. Bu da geleneksel yöntemlere göre daha az masraflıdır (Khedo, vd, 2010).

2.5.4.1. Sera izleme

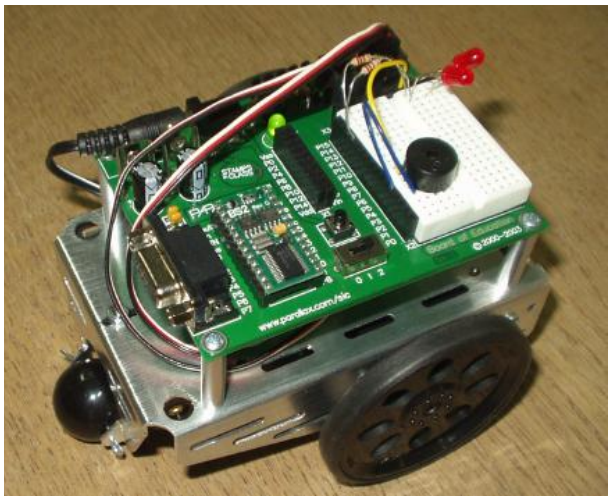
Kablosuz algılayıcı ağlar aynı zamanda ticari seraların sıcaklık ve nem düzeylerini kontrol etmek için kullanılabilir. Sıcaklık ve nem seviyeleri özel seviyeye düştüğünde sera yöneticisi, e-posta ya da cep telefonuna mesaj yoluyla haberdar

olmaktadır. Ya da anabilgisayar, fanları açmak veya açık sistemleri kapatmak gibi görevlere sahip olmaktadır (Banner Engineering, 2012).



Resim 0.33. Sera Uygulaması

Şekil 2.34'deki sera izleme için kullanılmakta olan mobil kablosuz algılayıcı ağ sistemi, Sun Microsystems tarafından geliştirilen dört iklim koşullarında da çalışan yetenekli algılayıcılarla donatılmıştır (Merret ve Tan, 2010).



Resim 0.34. Mobil Sera İzleme Aracı

2.5.4.2. Şarap bağ evi

Beckwith ve arkadaşları British Columbia Okanagan Kasabası'nda sıcaklık değişimi izlemek ve karakterize etmek için bir kablosuz ağ kurulumu

gerçekleştirmişlerdir. 10°C sıcaklığa kadar şaraplık üzüm gerçek bir büyüme gerçekleştirir. Bağda 10-20 metre ara ile 2 dönümlük arazide ızgara deseni gibi 65 adet algılayıcı düğümü dağıtılmıştır. Ağ dağıtmak yaklaşık olarak 24 adam-saat sürmüştür. Sistem kendi kendini yapılandırması nedeniyle kolay gerçekleşmiştir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Rapora göre ortalama sıcaklık 7,95- 11,94 °C arasında değişmektedir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

2.5.4.3. Lofar Agro

Baggio, Hollanda'da Lofar Agro kablosuz algılayıcı dağıtımı raporlamaktadır. Bu ağ bir patates tarlası alanında bir mantar hastalığı olan Phytophthora izlemek için görevlendirilmiştir. Bu hastalık en çok iklim koşulları önemli olduğu için sahada nem ve sıcaklık koşulları yanı sıra patates yapraklarındaki ıslaklık gözlemlenerek hastalık için potansiyel riskler belirlenmeye çalışılmıştır (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Sıcaklık ve nem algılayıcıları entegre edilmiş 150 kablosuz algılayıcı düğümlerinden ağ oluşturulmuştur. Ayrıca sisteme bir meteoroloji istasyonu ve toprak nem algılayıcıları da ilave edilmiştir. Düğümler dakikada bir örnekleme ile sıcaklık ve nem bilgilerini saklamaktadır. Her 10 dakikada bir ise uzak baz istasyonuna göndermektedir. Veriler karar destek sistemleri vasıtasıyla analiz edilmiş ve detaylı bir hava durumu tahmini için veriler birleştirilmiştir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

2.5.4.4. İntel kablosuz bağ

Proje tarımsal izleme için her yerde bilgisayar kullanımına bir örnektir. Bu uygulamada sadece veri toplamak ve yorumlamak için değil aynı zamanda parazitlerin varlığının tespit edilmesi ve uygun insektisit kullanımını sağlamak amacıyla kararlar almak için bu verileri kullanabilir. Veri toplama insan veya hayvanlar tarafından taşınan cihazlara dayanmaktadır. Bu projede dikkat edilen husus, güvenilir bilgi toplama ve elde edilen verilere dayalı karar vermede kullanılmadır (Puccinelli ve Haenggi, 2005).

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 (Chen, vd, 2009).

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 (Chen, vd, 2009).

Endüstriyel otomasyon, özellikle güvenirlik ve gerçek zamanlı protokol yetenekli uygulamalar için ilgi çekicidir (Chen, vd, 2009).

ABD'de 2005 yılında yaklaşık olarak endüstriyel bina sayısı 5 milyon ve ev sayısı da yaklaşık olarak 120 milyondur ve bu da kablosuz algılayıcı ağlar için büyük bir pazardır (Nagel, 2005).

Tesis altyapısı eskidikçe ekipman arızaları daha fazla ve daha plansız kesintiye neden olacaktır. Amerika'da ARC danışmanlık Grubu Kuzey Amerika'daki üretimin yaklaşık %5'inin plansız kesinti kaybı nedeniyle durduğunu tahmin etmektedir. Makinelerin içine gömülü olarak kullanılabilmesi kablosuz algılayıcı ağlara sağlıklı izleme için ekonomik hale getirmektedir. Petrol ve gaz sektöründe boru hatları, tanklarda yaşlanma büyük bir sorun haline gelmiştir. Manuel izleme süreçleri son derece pahalı, zaman alıcı ve güvenilmezdir. Rohrback Cosasco Sistemleri (RCS) korozyon izleme teknolojisi konusunda kablosuz algılayıcı ağları kullanma konusunda dünya lideri konumundadır (Merret ve Tan, 2010).

Endüstri uygulamalarına örnek bazı ticari uygulamalar (Akyildiz ve Vuran, 2010, Akyildiz, vd, 2002);

- 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 ağları kullanan algılayıcılar kullanmak gerekmektedir (Tavares, vd, 2008).

Yakın bir gelecekte lastiklerin içine monte edilen algılayıcılar kullanılması planlanmaktadır. Özellikle kamyonlarda aşırı şişirilmiş lastikler işletim maliyetlerini önemli ölçüde artırmaktadır (Tavares, vd, 2008).

Bu konudaki ayrıntılı çalışmaları (Bulusu ve Jha, 2005)'numaralı kaynakta bulabilirsiniz. Editör kitapta ayrıntılı olarak ülkeler bazda otomotiv endüstrisini ve aynı

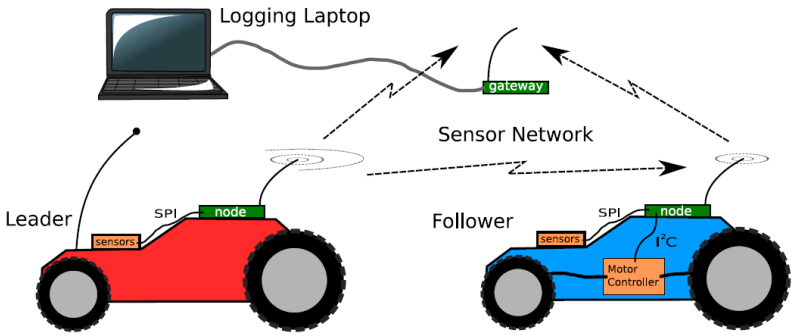
zamanda trafik kontrol sistemlerini yine ülkeler bazında incelemiştir (Bulusu ve Jha, 2005).

2.6.1.1.Mobil robotlar

Mobil robotların oluşumu ve kontrolü için çeşitli kontrol teknikleri vardır (Marin-Perianu, vd, 2010);

1. Davranış Tabanlı
2. Biyo-İlham
3. Sanal-Lider
4. Lider-Takipçi

Balch ve Arkin seyir halinde hedeflere ulaşmak ve aynı anda tehlikeleri önlemek için davranış tabanlı oluşumu değerlendirmektedirler. İnsansız hava araçları gibi satır, sütun, elmas ya da kama oluşumu askeri uygulamalar için desteklenmektedir. Biyo-İlham yaklaşımı lidersiz bir mobil ajanların koordinasyonu için Reynolds tarafından yapılan çalışmalardır. Sanal Lider yaklaşımı robotlar ve bu yolda ilerleyen bir sanal araç tarafından paramatrelize edilmiş bir referans yolu izleme sistemidir. Lider-Takipçi yaklaşımı robot oluşumu kontrol uygulamaları için popüler bir yaklaşımdır (Marin-Perianu, vd, 2010).



Şekil 0.14. Lider-Takipçi Senaryosu

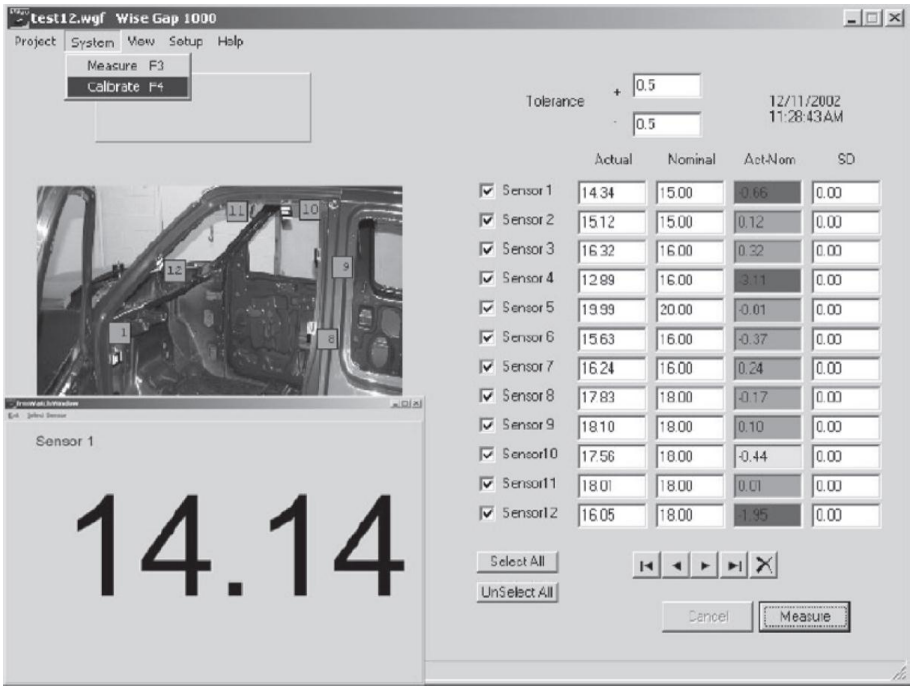
MİKA düğümlerine dayalı mobil kablosuz algılayıcı ağ platformları Wang ve arkadaşları tarafından incelenmiştir; MASmote, MICAmote, CotsBots ve Robomote (Marin-Perianu, vd, 2010).

MASnet projesinde aynı zamanda bir lider-takipçi stratejisi dâhil olarak MASmote kullanımı gösterilmektedir. MASmote'lar kameraya dayalı konum sistemi ve düğümlerden kilometre ölçmek için kullanılmaktadır. Allred ve arkadaşları küçük kuş büyüklüğünde düğümlerden oluşan SensorFlock sistemini Mikro Hava Araçları (Micro-Air Vehicles - MAVs) için tarif etmektedir. Mikro Hava Araçları kablosuz iletişim ve belirli yörüngede misyon takibi olarak planlanmaktadır. Uçuş kontrol sistemi yapıda GPS ve jiroskop algılayıcılardan bilgi sağlar (Marin-Perianu, vd, 2010).

2.6.2. Endüstriyel otomasyon

Endüstriyel otomasyon uygulamaları kontrol, koruma, verimlilik ve güvenlik sağlamaktadır. Mevcut üretim ve proses kontrol sistemlerini güvenir 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 (Sohraby, vd, 2007).

Kablolu uygulamalar özellikle hareketli parçalı uygulamalar için kısıtlayıcı olmaktadır. Resim 2.35'de örnek bir otomasyon uygulaması görülmektedir. Bu uygulamada 10+ algılayıcı özellikle boşlukları ölçmek için kullanılmaktadır. Alınan verilere göre kauçuk contalar yerleştirilmektedir. Kablosuz algılayıcılı bu sistem ölçümleri daha pratik yapmaktadır (Townsend ve Arms, 2004).



Resim 0.35. Kablosuz Algılayıcı Ağ Endüstriyel Uygulaması

2.6.3. Endüstriyel proses kontrol

Sanayi sektöründe üretim süreçleri ve üretim ekipmanlarının durumunu kablosuz algılayıcı ağ ile izlemek için kullanılır. Kablosuz algılayıcılar, üretim süreçlerini izlemek ve kontrol etmek için üretim ve montaj hatlarına entegre olabilirler. ABD istatistiklerine göre ekipman üreticileri bakım için her yıl milyarlarca dolar harcamaktadırlar. Algılayıcı ağları ile bakım çok daha ucuza yapılabilmektedir (Zheng ve Jamalipour, 2009).

2.6.4. Koruyucu bakım

Önleyici veya koruyucu bakım büyük sanayi kuruluşlarında uzun vadeli düşünüldüğünde maliyet etkin çözümler sunmaktadır. Bu konuda iki vaka çalışması yapılmıştır; bir yarıiletken üretim tesisi ve bir petrol tankeri (Akyildiz ve Vuran, 2010).

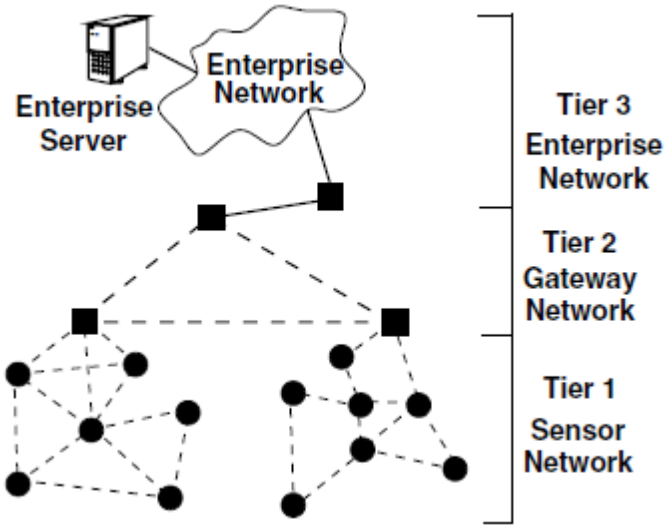
2.6.4.1. Yarıiletken üretim tesisi ve petrol tesisi izleme

Kablosuz algılayıcı ağlar bir petrol tesisinde maliyeti azaltmakta ve verimliliği artırmaktadır. Ağ dört algılayıcı düğümü ve aktüatör düğümden oluşmaktadır. Sistemde

veriler düğüm vasıtasıyla ana bilgisayara aktarılmaktadır. Sistem için kuzey denizinde petrol tankeri ve yarıiletken üretim tesisinde iki deney gerçekleştirilmiştir. Amaç endüstriyel ortamlar için güvenilir bir doğrulama yapmak ve algılayıcı mimarisinin etkisini değerlendirmektir (Yick, vd, 2008).

Sistem "sağlık" ekipmanına bağlı ivmeölçer algılayıcılardan gelen titreşimleri analiz ederek izlenmektedir. İntel'in yarıiletken fabrikasında binlerce algılayıcı ekipmanın çeşitli parçaları titreşimleri takip etmektedir. Bu sayede makineler sürekli olarak takip edilmektedir. Ancak algılayıcılardan gelen veriler çalışanlar tarafından elle toplanmaktadır. Bu yapı FaBApp sistemi Intel Düğüm Algılayıcılarla otomatik hale getirilmeye çalışılmıştır (Akyildiz ve Vuran, 2010).

FabApp mimarisi Şekil 2.15'de görüldüğü gibi üç katmanlı hiyerarşik ağ ile gösterilmektedir. En alttaki katman titreşim bilgilerini toplamak için birden fazla ivmeölçere bağlı Mica2 ve Intel düğüm kısmıdır. Bu katman kümeler halinde düzenlenen ve her küme ağ Yıldız Ağ yapısında kontrol edilmektedir. Veri toplama döngüsü program aracılığıyla ağ geçidi tarafından kontrol edilmektedir. İkinci kademede ağ geçitleri düğüm oluşturmaktadır. Her ağ geçidinden toplanan veriler 802.11 bağlantıları ile kök düğüme iletilir. Kök düğüm bir kablo üzerinden kurumsal ağa bağlı olan bir katman oluşturur (Akyildiz ve Vuran, 2010).



Şekil 0.15. FapApp Mimarisi

FabApp endüstriyel uygulamalar için küme tabanlı protokoller pratik bir uygulama göstermektedir. Her düğümde gerekli işlemleri azaltmak için ağ geçidi tarafından kontrol edilir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

Aynı sistem kablosuz algılayıcı ağlar vasıtasıyla petrol tankeri izlemek için konuşlandırılmıştır. Uygulama hedefleri benzer olsa da çevresel farklılıklar tasarımı önemli ölçüde etkilemektedir. Gemide çelik zeminler ve bölmelerden oluştuğundan sinyal yayılımı ve kablosuz iletişimin önemli zorlukları vardır. Bu da ağ geçidini uygun yerini belirlemek için ön dağıtım analizi gerektirir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.6.4.2. Makine uygulamaları

Maliyet tasarrufları nedeniyle kablosuz algılayıcı ağlar 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 ulaşılamaz yerlere, makine dönen kısmı gibi tehlikeli veya kısıtlı alanlara uyarlamak kolaydır (Tiwari, vd, 2007).

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 (Tiwari, vd, 2007).

2.6.5. SINEMA E

Siemens tarafından geliştirilmekte olan bir fiziksel katman ağ planlama aracı mimarisidir. Bu mevcut araç herhangi bir makine, duvar vb. dikkate alınarak belirli bir ortamda sinyal dağılımı belirlemeyi, ölçümler veya simülasyon yapmayı sağlamaktadır. Sistemin nihai hedefi planlamacı belirli bir ortamda uygulama davranış ve performans gereksinimlerini açıklayarak düğümleri yerleştirmek ve mevcut planın fizibilitesinin istatistiksel önlemlerini almak için olanak sağlayan bir kittir (Chen, vd, 2009).

2.6.6. Su / atık su kontrolü

Su ve atık su endüstrisi için kablosuz algılayıcı ağlar kullanılabilmektedir. Güç veya veri aktarımı için kablolu imkânlar yerine endüstriyel kablosuz algılayıcılar kullanarak izlemek mümkündür.

2.6.6.1. Depolamada zemin seviyesi izleme ve pompa sayacı

Kablosuz algılayıcı ağlar su seviyesinin ölçülmesi ve izlenmesi, bütün yeraltı kuyu içinde depolama ve sızıntı suyu birikimini ve kaldırma kısmını izlemek için kullanılabilir. Kablolu algılayıcının bilgileri veri toplamak, hesaplamalar yapmak ya da servis gerektiğinde personele bildirmek için merkezi sisteme iletmek gibi görevleri vardır (Banner Engineering, 2012).

Pompa çevrimlerini izlemek ve toplayıcı sayaç ile sızıntı suyunun toplam hacmini hesaplamak tipik örnekleridir. Bu sistemle kurumlar için algılayıcı ağlarla güncel okuma gerçekleştirilebilir (Banner Engineering, 2012).

2.6.6.2. Su kulesi seviye kontrolü

Su seviyeleri su basıncının tüm kullanıcılar için yeterli olduğundan emin olmak için, özellikle pik zamanlarda, bir mahalle ya da toplulukta yeterli basınç oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu kulelerde su seviyelerinin sürekli izlenmesi, kontrolü ve bakımı önemlidir. Dalgıç basınç algılayıcılar su kulelerinde su seviyelerini izler ve kablosuz olarak veriyi iletir. Kulede su seviyesi düştüğünde kuleye su basmak amacıyla pompalar açılmaktadır (Banner Engineering, 2012).

2.6.7. Cyclops

CMOS görüntü sunabilen bir kamera sistemidir. Algılayıcı bu sayede CMOS görüntü sağlayabilmektedir. CMOS görüntüleme ile insanlar, fiziksel olarak görülemez dünyaya bir bakış açısı ile yararlanmakta ve tanımlayabilmektedir. Cyclops kamera modülü ve algılayıcı düğümü arasında arayüz olarak çalışır. Sistem yüksek hızda işleme ve yüksek çözünürlük gerektiren uygulamalar için yararlı olabilir (Yick, vd, 2008).

2.6.8. AMR

Kablosuz Otomatik Sayaç Okuma (Wireless Automatic Meter Reading - AMR), kısa mesafeli radyo cihazları için en hızlı büyüyen pazarlardan biridir. Kablosuz sayaç veri toplama elektrik, su, gaz gibi faturalama sistemleri için tüketimin verisini toplama için çok maliyet etkin bir sistemdir. Chipcon firması kablosuz AMR uygulamaları için düşük maliyetli düşük güçte bir radyo cip ve alıcı-verici üretmiştir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.6.9. 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 güvenirliğini artırmaktadır (Jawhar, vd, 2007). 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 (Dargie ve Poellabauer, 2010).

2.6.9.1. PipeNet

Kentsel alanlarda boru hatları izlemek için Imperial College, Londra, Intel Araştırma Merkezi ve MIT arasındaki bir işbirliği projesidir. İki temel görevi vardır; hidrolik basınç ve su kalitesi için pH ölçümü, birleşik kanalizasyon sistemlerinin su seviyesi ölçümüdür (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Üç farklı ortamda dağıtılabilir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

1. Basınç ve pH algılayıcıları 12 inç'lik dökme demir boru içinde içme suyu kontrolü. Basınç verileri 5 saniyede bir 100 Hz hızında her 5 dakika toplanır. pH verileri ise 5 dakikada bir 100 Hz hızında 10 saniyede bir toplanır. Kablosuz algılayıcı düğümü yerel minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplamak ve sonuçları uzak ağ geçidi ile iletmekle yükümlüdür.

2. Basınç algılayıcısı 8 inç'lik dökme demir boru basıncını ölçmek için kullanılır. 300 Hz örnekleme hızı 5 saniye için 5 dakikada bir veri toplamaktadır.
3. Kombine bir kanalizasyon çıkış kollektör su seviyesi çıkışı izleme sistemidir. İki basınç algılayıcı ve bir ultrasonik algılayıcı kullanılmaktadır. Veri toplama 10 saniye süre için 5 dakika aralıklarla 100 Hz hızında yapılmaktadır.

2.6.9.2. Yer üstü boru hatları

Doğrusal algılayıcı ağlar petrol, gaz ve su boru hatlarının korunması ve izlenmesi için kullanılmaktadırlar. Uzun boru hatları genellikle denize yakın yerlerde bulunan veya uzak yerlerde bulunan şehirlerdeki deniz suyunu arıtma tesisinden çıkan suyu transfer gibi pek çok ülkede uygulamaları vardır (Jawhar, vd, 2011).

Orta Doğuda Suudi Arabistan'da Riyad gibi büyük şehirlerde yaklaşık dört milyon kişi Shoaiba Desalination Plantin Al-Jubail'de tuzdan arındırma sistemiyle arındırılan suyu uzun boru hatları ile aktarımını kullanmaktadır. Aslında Suudi Arabistan 3800 km'den fazla mesafede çalışan boru hatları ile dünyanın en büyük tuzdan arındırılmış su üreticisi konumundadır. Ayrıca Arap Körfezi petrol ve gaz endüstrisi, ağır nakliye limanları, rafineriler, petrol ve gaz kuyularını bağlamak için petrol boru hatları ile bağlıdır. Birleşik Arap Emirliklerinin 2006 yılı itibari ile doğal gaz boru hatları 2580 km, sıvı petrol boru hattı 300 km, petrol boru hattı 2950 km ve rafineri ürünleri boru hattı 156 km'dir (Jawhar, vd, 2011).

Jawhar ve arkadaşları 2007 yılında petrol, gaz ve su boru hatlarının izlenmesi için doğrusal bir kablosuz algılayıcı ağ kullanmışlardır (Jawhar, vd, 2011).

2.6.9.3. Su altı boru hatları

Dünyada farklı uygulamalar için kullanılmakta olan birkaç uzun su altı boru hattı vardır. Kullanılan en uzun boru hatlarından biri İngiltere'de Kuzey Denizi altında Norveç'den İngiltere'ye doğalgaz transfer etmek için kullanılan 1200 km uzunlundaki Langeded boru hattıdır. Bu boru hattı ile İngiltere'nin doğalgaz ihtiyacının yaklaşık %20'si karşılanmaktadır. Diğer bir uzun boru hattı ise Arap Körfezi altında bulunan

Katar ve Birleşik Arap Emirlikleri arasındaki Abu Dabi Dolphin Enerji Şirketine ait hattır. Katar'ın deniz aşırı kuzey alanından BAE'lerine işlenmiş gaz transfer etmek için kullanılmaktadır. Körfez üzerinde 367 km uzanır ve BAE gaz ihtiyacının büyük miktarını karşılar. Ek olarak Meksika'da boru hatları körfezden petrol aktarmak için kullanılmaktadır. 2005 yılında Meksika Körfezi'ndeki boru hatlarından yaklaşık 30.000 km'lik kısmı kasırgadan hasar görmüş durumdadır. Boru hatlarını incelemek ve kasırgalar tarafından zararların yerini ve türünü belirlemek zor ve zaman alıcı bir iştir (Jawhar, vd, 2011).

Boru hatları algılayıcı ağlar ile altyapıları uzaktan izlenebilir ve kolaylıkla kontrol ve hızlı bir teftiş yapılabilir. Ekonomik fizibilite gaz, petrol ve su aktarmak için birçok ülkede su boru hatları gibi yeni tür hatların projelendirilmesine imkân ve teşvik vermektedir. Arap Körfezi'nin altından Umman'dan Hindistan'a gaz transfer etmek için boru hattı inşa edilmektedir. Bu projenin 1200 km'lik kısmı Arap Denizi altındadır. Bir başka projede ise Avustralya'da petrol çıkarma platformlarının ihtiyacı için inşa edilmektedir. Rafinerilerden Avustralya kıyılarına doğalgaz taşınacak ve petrolün üretim maliyeti düşürülmüş olacaktır. Kuzey Kıbrıs'a Türkiye'den su taşımak için sualtı boru hattı düşünülmektedir. 105 km'lik boru hattı ile Dragon Nehri'nden Girne'ye su getirilmesi planlanmaktadır (Jawhar, vd, 2011).

Su boru hattı projeleri ekonomik istikrar ve sosyal büyüme için planlanan alt yapı ihtiyacı olarak kabul edilmektedir. Bu altyapılar için güvenilir bir insansız izleme ve kontrol sistemi olması ve sistemin denetlenmesi ve izlenmesi önemli ölçüde fayda sağlayacaktır. Sualtı boru hatları üretim kaybı ve güvenlik tehlikelerine karşı korunmuş olacaktır (Jawhar, vd, 2011).

Sistemin uygun koruma, erken yanıt, programlı bakım ve operasyonel koruma gibi pek çok parametreleri olabilir. Bu parametrelerin bazıları sıvıların; sıcaklık, basınç, hız, viskozite, bazı kimyasalların metal korozyonu ölçümü, fiziksel deformasyon (eğilme), çevreye sıvı veya gaz kaçağı olabilmektedir (Jawhar, vd, 2011).

2.6.10. 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 teşhisi 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 (Jawhar, vd, 2011).

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 (Jawhar, vd, 2011).

2.7. Yapı Uygulamaları

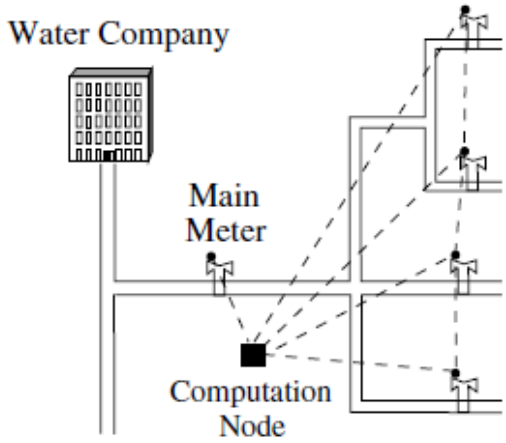
Teknoloji ilerledikçe akıllı algılayıcı düğümleri ve aktüatörler süpürge, mikro dalga fırın, buzdolabı ve DVD oynatıcılar gibi elektrikli aletler ve su izleme sistemleri gömülü olabilir. Yerleşik cihazların içinde bu algılayıcı düğümleri birbirleriyle ve dış ağ ile İnternet veya uydu üzerinden etkileşimde bulanabilir. Sistemler son kullanıcılara uzaktan kontrol için izin vermektedir. Kablosuz algılayıcı ağlar ev sistemlerinin kontrolü için ara bağlantı sağlamaktadır (Akyildiz ve Vuran, 2010).

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 (Nagel, 2005).

2.7.1. Su izleme

Kablosuz algılayıcı ağları kullanarak su izleme sistemleri son zamanlarda geliştirilmeye başlanmıştır. Sistemin ana amacı israfı sınırlandırmak ve daha verimli kullanım ile ilgili kiracıyı bilgilendirmektir. Kamu sektörü için de bireysel ihtiyaçları belirleme imkânı vermektedir. Sistem borularla ve düşük maliyetle rahatlıkla kullanılabilir (Akyildiz ve Vuran, 2010).

Sistemin ana çalışma prensibi borudan su akışı ve boru titreşimlerini ölçerek oransal ilişkiden tahmin etme gerçeğine dayanmaktadır. Kablosuz ivmeölçerler titreşim ölçmek için borulara bağlanmaktadır. Burada kalibrasyon çok önemlidir ve Şekil 2.16'da Kesintisiz Özerk Su İzleme Sistemi kalibrasyon işlemini tek tek yerine ana su girişinden otomatik olarak yapmaktadır (Akyildiz ve Vuran, 2010).



Şekil 0.16. Kesintisiz Özerk Su İzleme Sistemi (NAWMS) Mimarisi

NAWMs mimarisi Şekil 2.16'da görüldüğü gibi üç tip bileşenden oluşmaktadır. Gerçek su akışını görüntülemek ve iletişim kurmak için ana su sayacı vardır. Titreşim algılayıcılar ise her boruda bulunmaktadır. Buradan alınan titreşim bilgileri merkezi hesaplama düğümüne gönderilmektedir. Giren su çıkan suya eşit olduğu gerçeğine dayanarak çevrimiçi optimizasyon algoritması ile gerçekleştirilir. Bu sistem gelecekte evlerde verimliliği artırmak için kullanılacaktır (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2.7.2. 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 (Sohraby, vd, 2007).

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 (Sohraby, vd, 2007).

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 (Sohraby, vd, 2007).

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 (Sohraby, vd, 2007).

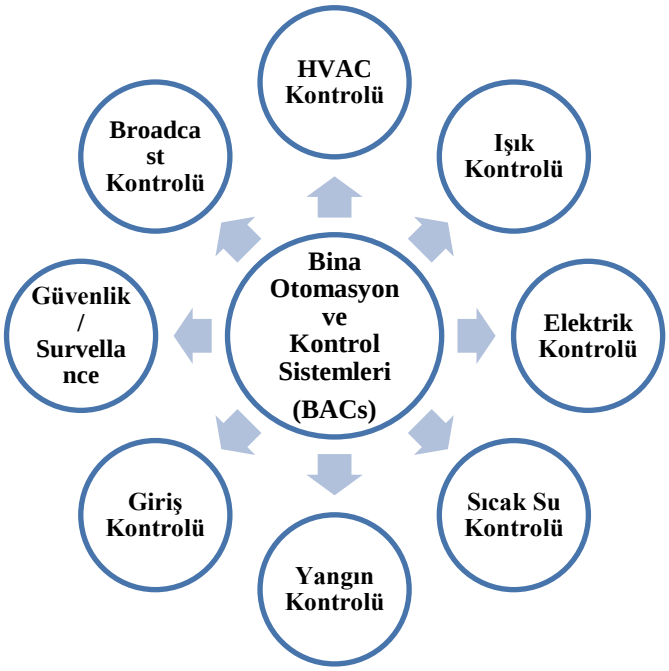
Aydınlatma ticari binaların elektrik tüketiminin yaklaşık olarak %50'sini oluşturmaktadır. Amerika'da bu sistemlerin kullanılması ile 55 milyar dolar tasarruf sağlanacağı tahmin edilmektedir (Sohraby, vd, 2007).

2.7.2.1.BACs

Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemleri (Building Automation And Control systems - BACs), çok sayıda üç boyutlu uzayda dağılmış algılayıcılar ve kontrollü nesneler tarafından karakterize edilmektedir. Isıtma, Havalandırma ve Klima (Heat Vacumm Air Condition - HVAC), aydınlatma, elektrik, sıcak su, yangın, erişim, güvenlik/gözetim ve yayın kontrol sistemleri de dâhil mümkün olan alt sistemlerde kullanılabilir (Gu, vd, 2010). Burada enerji tüketimi azaltılmakta ve sayılan hizmetlerle

bina sakinlerinin konforu artırılmaktadır. Ayrıca ilave algılayıcılarla binanın emniyet ve güvenlik sistemleri de güçlendirilebilir (Jang ve Healy, 2009).

Kablosuz algılayıcılar kablo bağlantıları ile ilgili giderleri ortadan kaldırır. Tel olmadan algılayıcıları yerleştirerek aslında bina performansını optimize etmek ve kat planı değişikliklerini güncel tutmak daha kolay hale gelebilir. Okullar, hastaneler ve üniversiteler gibi farklı tesislerde oda veya bölge kontrolü için kullanılabilir (Gu, Healy, ve Zhou, 2010). Sistemde telin kaldırılması ile uygulama kolaylaşmakta ve tarihi binalar gibi yapılarda binanın yapısına zarar vermeden uygulanabilmektedir (Jang ve Healy, 2009).



Şekil 0.17. BACs Elemanları

BACs bir kablosuz algılayıcı ağ sistemi kablolu ağ sistemi ile karşılaştırıldığında daha rahat, daha verimli, daha az tehlikeli ve daha az masraflı olacaktır. Geniş bir alanda kablosuz bir mesh ağı kurarak birçok kuruluş boşa aydınlatma ve ısıtma giderlerini %50 oranında azaltabilir. Zigbee – Kablosuz Mesh Ağ kendi kendini yapılandıran, kendi kendini iyileştiren ve bakımı kolay olan ağdır. Bitişik düğümler ile temas kesilirse ağın kendi kendini iyileştirme özellikleri bu düğümü devre dışı bırakarak başka düğüm üzerinden sistem devam eder. Bu özellik ağı güvenilir hale getirmeye yardımcı olur (Gu, vd, 2010).

Uygulanan sistemlerde yöntemler geliştirmek amacıyla Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Topluluğu (The American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers - ASHRAE), Bina Otomasyon ve Kontrol Ağları Komitesi (Building Automation and Control Networks - BACnet), tarafından Zigbee kablosuz ağlarının daha büyük rol oynaması için çalışılmaktadır. Amerika'da mühendisler hala kablosuz algılayıcıların binalarda kullanılmasını pek istememektedirler (Jang ve Healy, 2009).

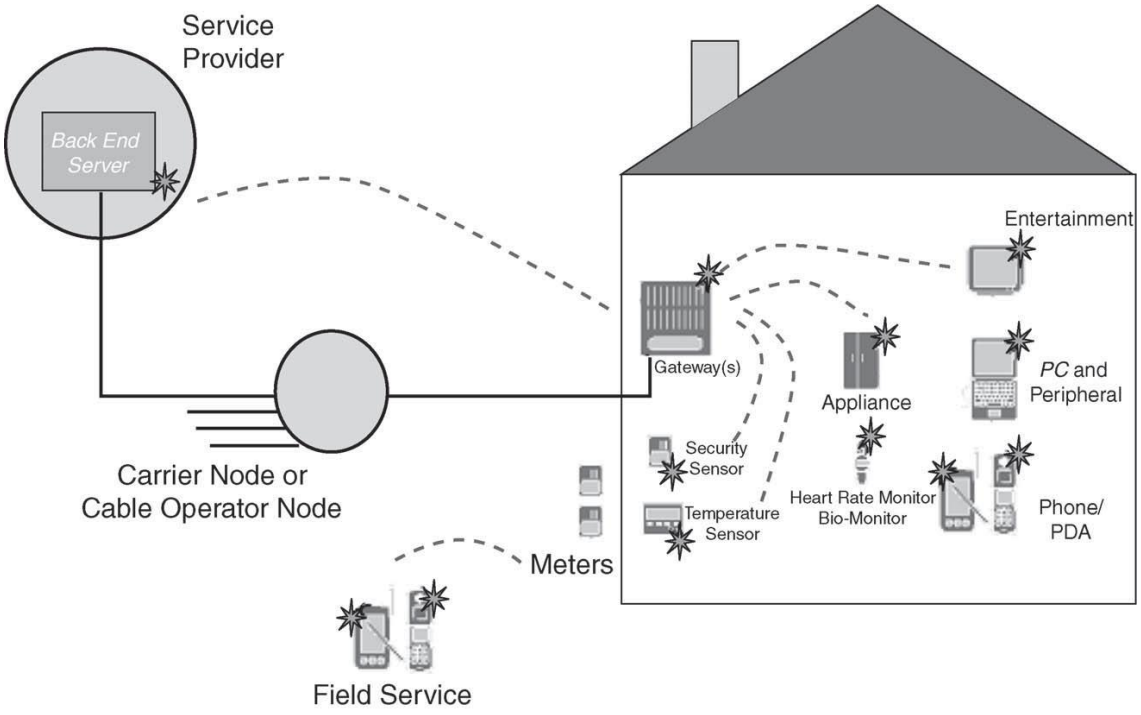
Kablosuz algılayıcı ağlarının binalarda uygulanmasının önündeki en büyük engeller bina yapısı ve karmaşası, güvenirlik, pil ömrü, başlangıç maliyetleri ve kullanım kolaylığı olarak sıralanabilir (Jang ve Healy, 2009).

2.7.2.2.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 (Akyildiz, vd, 2002).

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 (Sohraby, vd, 2007).

Şekil 2.18'de Ev Kontrol Uygulaması örneği gösterilmektedir (Sohraby, vd, 2007).



Şekil 0.18. Ev Kontrol Uygulaması

2.7.3. İnşaat yapı kontrolü

Philadelphia ve Camden'i birbirine bağlayan Delaware Nehri'ndeki Franklin Köprüsü gibi büyük sivil uygulamaların yapısal sağlık izleme kontrolü yapılmaktadır. Köprü tren veya yaya trafiğine açıktır. Köprü yetkilileri yüksek hızlı banliyö trenlerinin köprüden geçerken gerilmeleri izlemek istemektedirler. Sistemde gerginlik algılayıcılar vasıtasıyla bir yıldız ağ oluşturulmaktadır. Gerginlik ölçmek için uygun ortamda işaretlenmiş olan köprünün çelik destek yapısı bulunmaktadır. Yıldız ağdaki algılayıcı iletim menzili yaklaşık 100m'dir (Townsend ve Arms, 2004).

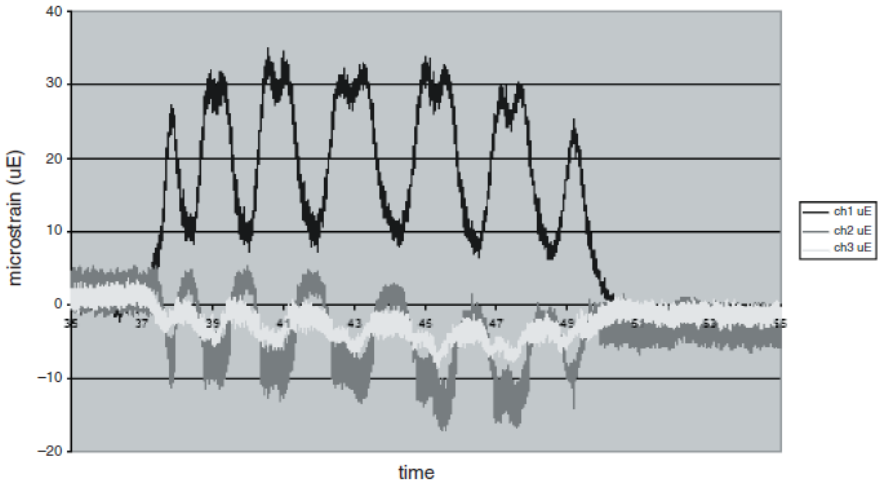


Resim 0.36. Ben Franklin Köprüsü

Gerginlik algılayıcıları düşük örnekleme hızında, yaklaşık 6 Hz. örnekleme yoluyla bir trenin varlığının kontrolü için düşük güç örnekleme modunda çalışmaktadır. Tren demir yolundan geçtiği anda gerginlik artmaktadır. Algılama başladıktan sonra çok daha yüksek hızlı örnekleme başlamaktadır. Gerilim dalga şekilleri yerel flaş belleğe kaydedilmektedir. Periyodik olarak dalga şekilleri baz istasyonuna iletilmektedir. Veriler analiz için bir mühendise gönderilmektedir (Townsend ve Arms, 2004).

Bu düşük güç olaylı veri toplama sistemi 1mA'lik sürekli bir sistemdir, 30mA'de çalışacakmış gibi hazır beklemektedir. Bu şekilde bir lityum pil bir yıldan fazla çalışma imkânı sağlamaktadır (Townsend ve Arms, 2004).

Köprü Gerilme Verileri'nin Dalga Şekli Şekil 2.19'da gösterilmiştir (Townsend ve Arms, 2004).



Şekil 0.19. Köprü Gerilme Verileri

2.7.4. Yapısal sağlık izleme

Yapısal Sağlık İzleme (Structural Health Monitoring - SHM) (Akyildiz ve Vuran, 2010) yapıların içine gömülü algılayıcılar sayesinde bu sistemlerin durum tabanlı bakımları sağlanmaktadır. Düzenli zaman aralıklarında sistem kendi çalışma koşullarında tamir veya değiştirilmesi gerekebilir. Çalışma düzeni içinde bu yöntem ve denetim pahalı bir süreç haline gelmektedir. Kablosuz algılayıcılar maliyetleri azaltarak bir facia meydana gelmesi durumunda hasar tespiti yapmakta ve sistemi inceleyebilmektedir. Bu uygulamalar sürekli dönen parça beton veya kompozit malzemeler içine monte edilmiş veya tıbbi implantlar olarak sayılabilir (Townsend ve Arms, 2004).

Sisteme göre potansiyel hasar lokalize olarak neredeyse gerçek zamanlı olarak tahmin edilebilmektedir. Wisden, sistemi geliştirmek için boş bir binaya konuşlandırmıştır (Akyildiz ve Vuran, 2010).

2 Ağustos 2007 tarihinde Minnesota'da bir otoyol köprüsü beklenmedik bir şekilde Missisipi Nehri'nde çöktü ve 9 kişi öldü. Uzmanlar kazanın nedeni belirlemeye çalıştılar. Üç potansiyel neden ortaya koydular; aşınma ve yıpranma, hava durumu ve aynı zamanda yakındaki bir inşaat projesinin ağırlığı. Ve yine iki hafta sonra Çin'in Hunan eyaletinde bir başka köprü çöktü. BBC araştırmasına göre Çin'de yaklaşık 6000 köprü tehlikeli olabileceği kabul edilmektedir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

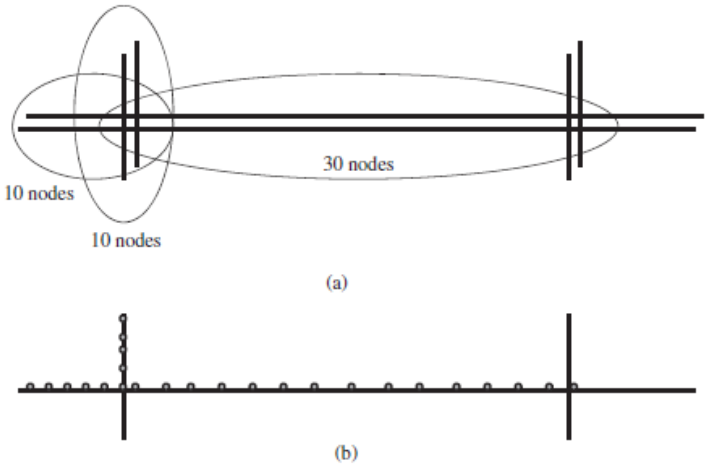
Önceleri köprüler geleneksel olarak denetlenmektedirler. Sonraları ise otomatik, verimli ve ekonomik yapısal sağlık izleme teknikleri geliştirilmiştir. Chintalapudi ve arkadaşlarına göre iki farklı deneyim tekniği geliştirilmiştir; takım tabanlı denetim ve yerel ve küresel denetimler (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Yerel teknikler; bir yapı içinde yüksek oranda algılanamaz kırıklara odaklanmaktadır. Bu teknikler ultrasonik, termal, X ışını, manyetik veya optik görüntüleme teknikleri şeklindedir ve sistem belirli oradan durdurulmaktadır (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Küresel denetim teknikleri, tüm yapısı etkileyecek kadar büyük bir hasar ve kusuru tespit etmeye yöneliktir. Genellikle bu zorla veya ortam zorlamalı, köprü korkulukları, bariyerler, köprü mesnetleri, güverte, kuleler, genleşme derzleri, parmaklıklar ve hareketli göze çarpan değişikliklerdir. Köprünün rüzgâr veya depremden kaynaklanan uyarılması araştırılmaktadır (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Sistemde parametrelerde; büyüklüğü, uyarma süresi, yapının malzemesi, yapının büyüklüğü, inşaat kısıtlamaları, yapının yaşı ve diğer çevresel kısıtlamalar etkilidir. Yakın bir zamanda araştırmacılar küresel denetim için kablosuz algılayıcı ağları geliştirmiş ve test etmiştirler (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Kaliforniya Berkeley Üniversitesi'nde geliştirilen ve San Francisco'daki Golden Gate Köprüsü'ne yerleştirilen algılayıcı ağları Şekil 2.20'de görülmektedir. 64 kablosuz algılayıcı ağı yapısal sağlık izleme için bu köprü üzerine yerleştirilmiştir (Dargie ve Poellabauer, 2010).



Şekil 0.20. Golden Gate Köprüsü a. Düğümler Her İki Tarafa Da Yerleştirilmiş.
b. Yerleştirmenin İki Boyutlu Görüntüsü

2.7.5. 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 (Akyildiz, vd, 2002).

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 çevre için bir örnek ise Georgia Teknoloji Enstitüsü'nün geliştirmekte olduğu Konut Laboratuvarıdır (Akyildiz, vd, 2002).

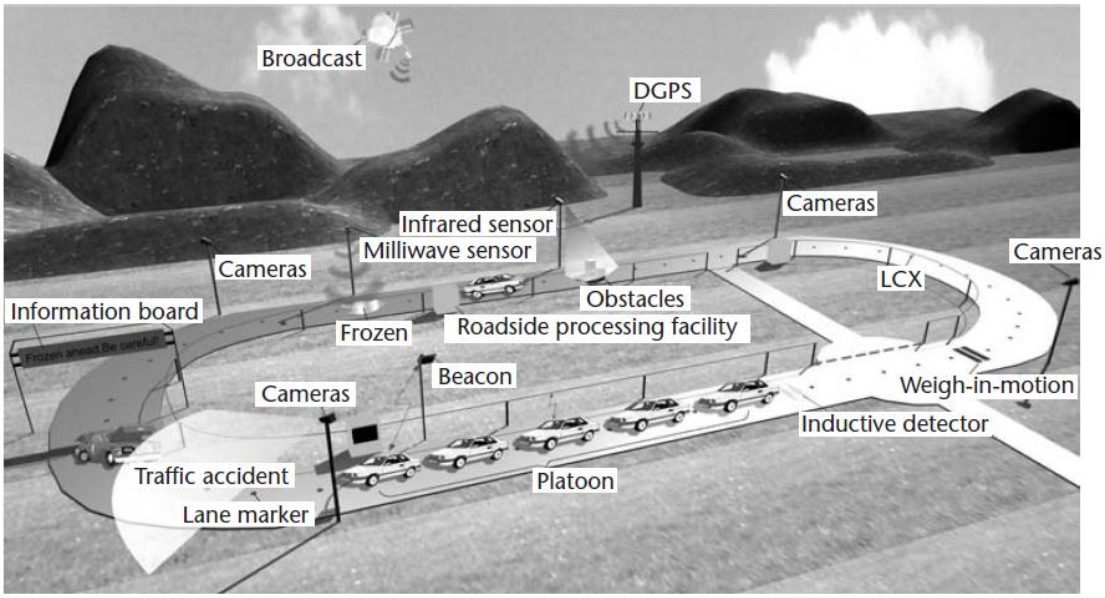
2.7.6. Ofis binaları çevre kontrolü

Çoğu binaların klima ve ısı merkezleri kontrol edilmektedir. Oda sıcaklıkları birbirinden farklı olabilir ve bu durumda odanın farklı yerine kablosuz algılayıcı düğümü dağıtılarak bu dengelenebilir. Bu tarz bir uygulama ABD'de iki yılda 55 milyar dolar ve 35 milyon ton karbon emisyonunu azaltarak katrilyonlarca BTU'luk enerji tüketimini azaltacağı tahmin edilmektedir (Akyildiz, vd, 2002).

2.8. Trafik ve Yol Uygulamaları

Kara taşımacılığının hayati önemi ve karmaşık sosyo-ekonomik altyapısı vardır. Texas Ulaştırma Enstitüsü tarafından yayımlanan 2009 Kentsel Hareketlilik Raporu 2007 yılında tıkanıklık Amerika'lılara 4,2 milyar saat fazladan seyahat etme ve fazladan 2,8 milyar galon yakıt tüketmek zorunda kaldığını ortaya koymuştur. Toplam tıkanıklık maliyeti 87,2 milyar $ olduğu tahmin edilmektedir (Sohraby, vd, 2007). Bu da bir önceki yıla göre %50 artış olduğunu göstermektedir. Yeni otoyol inşaatı ise; boş alan eksikliği, yüksek maliyet ve sokakların yıkılması gerekliliği gibi nedenle uygun bir çözüm değildir. Tek çözüm ise ulaşım sistemlerinin iyi düzenlenmesidir. Yollarda araç yoğunluğu, boyutu ve hızı hakkında bilgi toplamak sürücüleri bazı alternatif yollara veya acil çıkışlara yönlendirmede önemli etkendir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Çin'de otoyol ve trafik için bakanlık tarafından bir prototip test edilmektedir. Sistem araç içi işbirliği ile yol manyetik algılayıcılarına dayalı otomatik şerit tutmaya odaklanır. Sistem prototipi Şekil 2.21'de gösterilmiştir (Dargie ve Poellabauer, 2010).



Şekil 0.21. Çin İletişim Bakanlığı Tarafından Planlanan Akıllı Otoyol Sistemi Test Tesisi

Robotik pek çok çalışma vardır. Bunların bazıları robotlar arası mesafeleri ve yönelimleri belirlemek için kullanılır. Kodagoda ve arkadaşları 450 Mhz. bilgisayar tarafından kontrol edilen özerk bir golf arabası tasarlamıştır (Bosch, vd, 2009).

Avrupa, Japonya ve Amerika'da akıllı otoyol sistemleri vardır. Akıllı otoyol sistemleri seyahat süresini ve kirliliği azaltmak ve güvenliği artırmak için tasarlanmaktadır. Geniş coğrafi bölgede trafik ve hız bilgisi gereklidir. Gerekli olan bilgiler algılayıcılarla alınmalı ve yetenekli bilgisayarlarla analizlerle edilmelidir. Nokta algılayıcılar trafik bilgisi için kullanılabilir. Bu algılayıcılar hali hazırda Almanya'da otoban üzerinde 4000 adet kullanılmaktadır. Üstgeçit üzerine monte edilen algılayıcılar GSM sistemleri aracılığıyla aktarılmaktadır (Nagel, 2005).

Trafik kontrol sistemlerinde çok fazla cihaz kullanılmaktadır. Bunlar video, sonar, radar, endüktif döngüler, manyetometreler, mikro loop sondalar, pnömatik yol tüpleri, piezoelektrik kablolardır. Video ve sonar tabanlı algılama sistemleri direkler üzerinde olabilir, endüktif döngüler, manyetometreler ve pnömatik pedallar ulaşım altyapısı içinde gömülü olabilir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Kameralı sistemlerde görüntüleri işlemek, olayları belirlemek ve hız ataması için insan gereklidir. Bu da pahalı bir sistem haline gelmektedir. Bunun yerine otomatik sistemlerde yapay görme kullanılabilir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Vassar Street, Cambridge ve Massachusetts'de bir prototip konuşlandırılmıştır. Sistem AMR manyetik algılayıcılar ve yol durumu izlemek için (kar, buz veya su) bir sıcaklık algılayıcı düğümünden oluşur (Dargie ve Poellabauer, 2010).



Resim 0.37. AMR Manyetik Algılayıcı İle Hareket Eden Bir Araç Tespiti

2.8.1. Trafik sinyal teknolojisi

Trafik Sinyal Teknolojisi (Traffic Pulse Technology) Traffic.com tarafından geliştirilen bir kablosuz ağ teknolojisidir. Sistemin amacı algılayıcı ağ üzerinden verileri toplamak ve bir merkezde depolamak ve bu verileri çeşitli uygulamalar yoluyla dağıtmaktır. Sistem gerçek zamanlı trafik bilgileri, seyahat hızları, şerit doluluk oranları ve araç sayısı gibi bilgiler yanında sıcaklık kontrol ve kirlilik düzeyi verilerini de toplamaktadır. Bu temel verilerle ortalama hız ve seyahat süresi hesaplanmaktadır. Veriler biçimlendirilmek üzere merkeze iletilmektedir (Sohraby, vd, 2007).



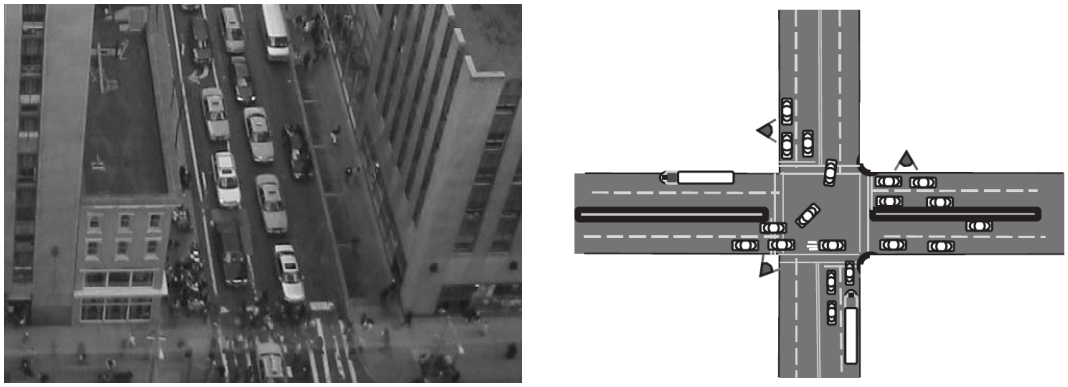
Resim 0.38. Traffic.com Tarafından Geliştirilen Sistem

2.8.2. 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 (Zhao ve Guibas, 2004).

Bu sistemler gerçek zamanlı bilgi paylaşımlı hale getirildiğinde bize akıllı yollar sunmakta, sıkışıklığı 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. Trafiği optimize etmek için kullanılabilir. Gerçek zamanlı bilgiler ile araçlar servise bilgi gönderebilir (Zhao ve Guibas, 2004).



Resim 0.39. Trafik İzleme Uygulaması

2.8.3. Iris-Net

Iris-Net uygulamasının bir parçası da Park Alanı Bulucu Uygulamasıdır. Bu uygulamada video kameralar, mikrofonlar, hareket dedektörleri ile park yerlerinin doluluğu veya durum tespiti için kullanılan geniş bir algılayıcı ağ mimarisidir. Kullanıcılar web aracılığıyla internet üzerinden algılayıcılardan işlenmiş veriye ulaşabilirler. Video kameraların iletim bant genişliğinin yüksek olması yüksek enerji harcamasına neden olur bu da algılayıcının enerji harcamasını artırır (Lee, vd, 2008).

Araçların bir kavşakta yerlerini tespit etmek ve yakın araçların hızlarını tahmin etmek için manyetometre kullanılarak bir trafik gözetleme sistemi tasarlanmıştır (Lee, vd, 2008).

MIT Akıllı Ulaşım Sistemi ve Duyarlı Karayolları, aynı zamanda kablosuz algılayıcılar kullanarak ulaşım uygulamaları örneklerindendir. Tüm bu sistemlerde algılayıcı düğümleri kaldırım üzerine yapıştırılır ve sadece araçların tespit edilmesi için yol yüzeyinin altına yerleştirilmesi gerekmektedir (Lee, vd, 2008).

2.8.4. Siemens Sipark PMA

Sistem en yakın çözüm içinde aracı tespit etmek için ultrasonik algılayıcılar kullanmaktadır. Çok katlı otoparklar için ultrasonik algılayıcılarla enerji dağıtımı ve

algılama raporları iletimi bus stil tarzı bir ağ yönlendirme sistemi en önemlisidir. Bir araba park yerine girdiğinde rehberlik edecek mümkün olan en kısa güzergâh boyunca park alanı içinde sürücüyü yönlendirecektir (Lee, vd, 2008).

2.8.5. Sürücü uyarı ağı

Yol-hız araba, kazalar ve daha fazları için yol boyunca araç faaliyetlerini izlemek için kablosuz algılayıcı ağlar kullanılabilir. Trafik koşulları, araba kontrolü, uykulu sürücüyü uyarma işlemi yol boyunca sabit kablosuz algılayıcılarla diğer araçlarla ve merkezle iletişim kurulabilmektedir. Bazı araştırmacılar araba-araba ve arabalar arası kontrolü yapmak ve birbirleriyle iletişim kurdurmak ve kazaların önemli ölçüde düşürülmesini planlamaktadırlar. Toplanan veriler araçlar arasında ve merkeze aktarılabilmektedir. Bu bilgiler belirli sürüş, hava durumu, acil durum veya trafik koşulları için uyarmak için kullanılabilir. Hem zamandan hem de kazaların önlenmesi ve yaşamdan kazanç sağlanabilir (Jawhar, vd, 2011).

Bu konudaki ayrıntılı çalışmaları (Bulusu ve Jha, 2005) kaynakta bulabilirsiniz. Editör kitapta ayrıntılı olarak ülkeler bazında otomotiv endüstrisini ve aynı zamanda trafik kontrol sistemlerini yine ülkeler bazında incelemiştir (Bulusu ve Jha, 2005).

2.8.6. D-Systems Project

Tyndall tarafından geliştirilen manyetik algılayıcı levhaları Otopark Yönetim Sistemi için bir katmanlı bir mimari kullanmaktadır (Lee, vd, 2008).

2.9. Lojistik ve Taşıma Uygulamaları

Yakın gelecekte algılayıcı ağlar, tedarik zinciri yönetimi işinde büyük etkiler yapabilir. Kasalara ekli kablosuz algılayıcı ağ düğümleri, rulo konteynerler, paletler ve nakliye konteynerleri aktif taşıma sürecini izlemek üzere programlanmış olabilir (Havinga, 2007).

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 (Karl ve Willig, 2005).

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 öğesini izleyen bir lojistik uygulama senaryosunu içerebilir (Havinga, 2007).

Bu cihazların programlanması kablosuz algılayıcı ağ sistemi yazılımı tarafından sunulanın ötesinde esneklik ve güvenlik düzeyi gerektirmektedir (Havinga, 2007).

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 (Verdone, vd, 2008).

Çeşitli uygulama senaryoları aşağıda verilmiştir (Verdone, vd, 2008);

2.9.1. 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 (Verdone, vd, 2008).

2.9.2. 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 (Verdone, vd, 2008).

2.9.3. Mağaza yönetimi

Bir mağazada ürünleri (tip, çeşit, depolama durumu, kullanma tarihi, stok miktarı) hakkında bilgiler; ürünlerin konumu (hareket saati, yeri, konumu) değişiklikleri; tüketicileri (profili, alanda ya da ürün önünde harcanan zaman, ilgi duyulan ürünler) gibi bilgiler kablosuz algılayıcı ağlar sayesinde kolayca alınabilir. Gerçek zamanlı olarak ürünün tüketici davranışları üzerindeki etkisi gözlemlenebilir. Sonra stratejik olarak alışveriş davranışları ile ilgili teşhirler ve uyarılar gönderilebilir. Müşteri de en cazip ürünü öğrenmiş olur (Verdone, vd, 2008).

2.9.4. 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 yönetebilir (Verdone, vd, 2008).

2.10. 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 (Lee ve Song, 2009).

Web olay bildirim sistemleri dağıtık sistemlerle farklı kişiler arasında asenkron iletişim sağlar. Bu sistemler olay bildirimleri sunmak için web servis teknolojisi kullanmaktadırlar. İki farklı özellik ön plana çıkmıştır (Lee ve Song, 2009);

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

2.10.1. The Apache PubScribe

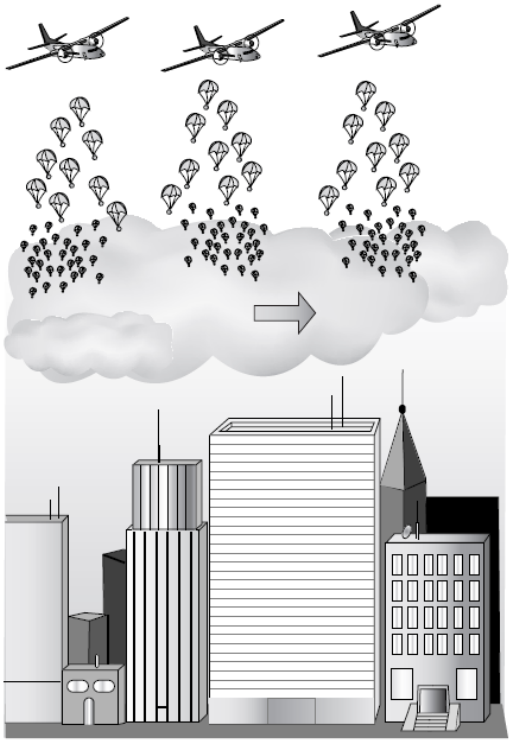
Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA), Ulusal Hava Hizmetleri (National Weather Service - NWS), hava durumu verileri, hortum, kasırga, yangın, sel, deprem, kaza, terör gibi olayların tahmininde büyük rol oynamaktadır. Web Hizmetler Bildirimi bir Java uygulamasıdır (Lee ve Song, 2009).

2.10.2. SensorNet

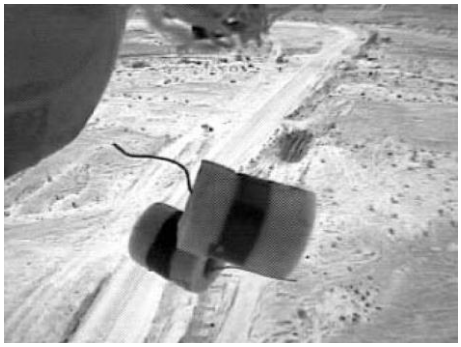
Kimyasal, radyolojik, biyolojik, nükleer veya patlayıcı olup olmadığını ve ülkenin dört bir yanından gelen çeşitli tehditlere karşı gerçek zamanlı algılama ve uyarı sistemi oluşturmak için algılayıcı verilerini bir çerçevede oturtmaktadır. Asıl amacı gerçek zamanlı bir tanımlama ve algılayıcı standartlarına uyumdur. Bu standart IEEE 1451 standardı ile uyumludur (Lee ve Song, 2009).

Kasabada bir bölgede acil bir durum ilan edilmiş ve yirmi dakika önce büyük bir kimyasal işleme tesisinde bir gaz sızıntısı meydana gelmiştir. Milli Muhafızlar kasabayı tahliyeye, yollar ve köprüleri kapatmaya başlamışlardır. Gaz salınımı için SensorNet SWAT timi gerçek zamanlı tahliye işlemi başlatmaktadır. Üç insansız hava aracı 15 kilometre açıklıkta 1000 küçük kimyasal algılama düğümlerini havada bırakmıştır. Düğümler kendi kendini organize etme yeteneğine sahiptir. Düğümler; Duman bulutu nerede?, Ne kadar büyük?, Şekli nedir?, Ne kadar hızlı hareket ediyor? Gibi sorulara cevap aramaktadırlar. Örnek bir proje Şekil 2.24'de gösterilmiştir (Zhao ve Guibas, 2004).

Bu senaryonun gerçekleşmesi birkaç yıl sürebilir belki ama 2001 yılında insansız hava araçları ile Kris Pister ve ekibi Güney Kaliforniya'da Mojave Çölü'nde kablosuz algılayıcı ağ konuşlandırmıştır. Resim 2.40'da görüldüğü gibi her algılayıcı düğümü bir mikroişlemci, bir RF modem ve bir manyetometre ile donatılmıştır (Zhao ve Guibas, 2004).



Şekil 0.22. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Kimyasal Takip



Resim 0.40. Bir İnsansız Hava Aracından Bırakılan Algılayıcı Düğümü

2.10.3. SensorWeb

Çevresel izleme ve kontrol için NASA Jet Propulsion Laboratory tarafından geliştirilen Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) yeni bir sınıfıdır. Bazı algılayıcıların konumlarının bilgilerinin yanı sıra, gözlem ve ölçümleri web üzerinden gösterilmesidir. SensorWeb evrensel bir standart çerçeve konumundadır. Açık Coğrafi Konsorsiyum (Open Geospatial Concortium - OGC) ve Algılayıcı Web Etkinleştirme (Sensor Web Enablement - SWE) girişimi, keşif ve değişim algılayıcı gözlemlerinin yanı sıra algılayıcı sistemlerinde görevlendirme sağlamak için standartların geliştirilmesi

üzerinde odaklanmaktadır. Bu standartlardan bir tanesi IEEE 1451 standardı algılayıcıların web üzerinden haberleşmesi üzerinedir (Song ve Lee, 2007).

2.10.4. SenseWeb

SenseWeb sistemi küresel olarak dağıtılan algılayıcı ağları tarafından oluşturulan bilgi paylaşımı için bir çevrimiçi altyapı projesidir. Sistem uygulama merkezi gibi çalışmakta olup araştırmalar için bir aracı durumundadır. Sistemde koordinatör olarak bir modül ve bir de senseDB ayrılmıştır. Görev modülü uygulama isteklerini alır ve gerekli işlemleri mevcut algılayıcı ağ politikalarına eşleştirerek sistemi çalıştırır. Kullanıcıya istemiş olduğu bilgiler çıktı olarak verilir (Gavrilovska, vd, 2011).

Sistemden algılayıcı veya algılayıcı ağlarına, ağ geçitlerine ve algılayıcı özelliklerine erişebilirsiniz. Sistem gerçek dünya ile internet üzerinden araştırma yapmak üzere tasarlanmıştır (Gavrilovska, vd, 2011).

2.11. Eğitim Uygulamaları

2.11.1. Akıllı anaokulu

Anaokulu uygulaması çoklu bilgisayar, akıllı uzay ya da yaygın bilgisayar olarak adlandırılan alanda araştırmalar sağlar (Srivastava, vd, 2001).

Mark Weiser tarafından ortaya atılan ve Scientific American'da yayınlanan ve ufuklar açan makalede yeni fikirler savunmuştur. Bu sistemde gündelik objeler görünmez ağa bağlı bilgisayarlar vasıtasıyla algılayıcılar, görüntüler ve hesaplama elemanlarını bir ağ üzerinden birbirine bağlamaktadır (Srivastava, vd, 2001).

Akıllı Anaokulu sisteminin en uygunu Georgia Tech tarafından tasarlanan Sınıf 2000 projesidir. Bu enstrümante sınıf, geleneksel bir üniversitenin ders deneyimini yakalamak için dizayn edilmiştir. Otomatik olarak zengin bir multimedya deneyimi yakalama ve yakalanan bilgileri çeşitli akışlarla otomatik olarak yararlı erişime açan sistemdir. Öğrenciler ve eğitimciler elektronik notların kalem izleri eğitimcinin

LiveBoard (Beyaz tahta şeklinde büyük bir dikey kalem bilgisayar) üzerinde projelendirilmekte ve öğrencilerin tabletlerine gönderilmektedir (Srivastava, vd, 2001).

Akıllı Anaokulu projelerinde yeni gelişmeler de yaşanmaktadır. Örneğin algılayıcı donanımlı oyuncaklar geliştirilmektedir. MIT Medya Laboratuvarı Yarının Oyuncakları (Toys of Tomorrow - TOT) programı ile birçok oyuncak oluşturulmasında etkili olmuştur. Doldurulmuş bebek ve oyuncaklar artık mikroçipler ile gömülü robotlar haline gelmektedir. Örneğin bu oyuncaklar hikâye anlatmak için kullanılabilmektedir (Srivastava, vd, 2001).

2.11.2. Pearl River projesi

Tarım uygulamalarında bahsi geçen bu projede öğrencilere disiplinler arası ekip çalışması, teknik iletişim ve donanım tasarımı uygulamalı olarak deneyim sağlamaktadır (Xuemei ve Liangzhong, 2008).

Projenin hedefleri (Xuemei ve Liangzhong, 2008).;

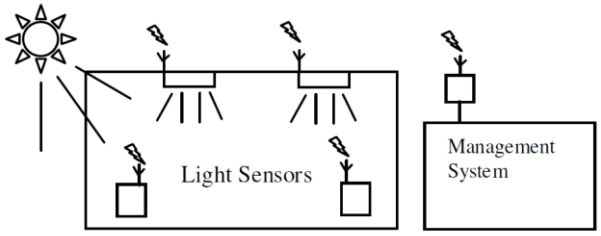
1. Yapılandırılmış sorun çözmenin önemi vurgulanarak mühendisliğin disiplinler arası nitelikleri bir beğeni olarak öğrencilere sağlanmaktadır.
2. Öğrenciler kendi kendine motive eden uygulamalı, takım çalışması tabanlı bir tasarım faaliyeti sayesinde pratik becerileri de geliştirmek için fırsat sağlanmaktadır. Ayrıca bu beceriler Çin Mühendislik ve Teknoloji Akreditasyon Kurulu tarafından açıkça belirtilmiştir.
3. Öğrencilere mühendislik sevgisi ve mühendislik konusunda ilgilerini kazandırmayı geliştirmek amaçlanmıştır.

2.12. Enerji Uygulamaları

2.12.1. DALI

Modern elektronik balastlar kullanılarak ofis ve ev floresan armatürleri kısılabilir. DALI sistemi ışık arayüzü bireysel aydınlatma armatürlerinin kontrolü ile

düşük voltajlı bir sistem sağlar. Ne yazık ki bu sistem mevcut binaların foto algılayıcılar için tam bir yenileme sağlanmadığı sürece pratik değildir. ABD'de yaklaşık 6 milyar m^2 DALI için ekonomik güç vardır (O'Reilly ve Buckley, 2005).



Şekil 0.23. Kablosuz Gün Işığı Sistemi

Kablosuz algılayıcı ağlar çalışma düzlemi için standart bir bina izleme sistemine iletilebilir, aynı balast elemanları ile kontrol edilebilir, kabloya gerek kalmadan ve mevcut donanımları en az düzeye indirerek güçlendirme sağlayabilir (O'Reilly ve Buckley, 2005).

2.12.2. AC elektrik direklerinin izlenmesi

Hatalı ekipman ve AC elektrik direklerinin aşırı yüklenmesi nedeniyle oluşan kesintilerde toplanan veriler şirketlere yararlı olacaktır. Bu tür kesintiler müşterilerin büyük olması hizmet kayıplarına ve şirketler için bakım maliyetlerine neden olmaktadır. Bu kayıpların yanı sıra çalışanlara ek risk de getirmektedir (Jawhar, vd, 2011).

Elektrik koşullarının izlenmesi kamu hizmeti şirketleri için ekipman arızaları ve beklenmedik kesinti koşulları ve daha iyi bakım programı oluşturacaktır. Bu gelişmiş öngörülebilirlik önemli ölçüde bakım maliyetlerini düşürecektir (Jawhar, vd, 2011).

Yeni araştırmalar AC elektrik hatlarına algılayıcılar güç, gerilim ve akım gibi elektriksel parametrelerin anlamlandırılmasına yol açmıştır. Özel bir uygulama ile algılayıcılar trafolara temas olmadan hat üzerindeki enerjiyi okuyabilmektedir. Ayrıca algılayıcıların kurulumu hızlı ve nihai tüketiciyi etkilemeden yapılabilmektedir. Bu algılayıcı ağlarla doğru iletim protokolleri, teknoloji, çerçeve ve yapı gibi bazı ilginç alanlarda geliştirme yapılmaktadır (Jawhar, vd, 2011).

2.12.3. Akıllı enerji

Toplumsal ölçekli algılayıcı ağı ile enerji sağlanması için üç parçadan oluşan zincir; enerji üretim, dağıtım ve tüketimi altyapısının verimliliğini artırabilir. Burada %1'lik bir azaltma toptan fiyatlarda %10'luk azalmaya neden olmaktadır. Kaliforniya'da özellikle pik zamanlarda enerji düzenlemeleri sonrasında kontrol ve enerji tüketimini azaltarak zamana yayma ve bir ağ üzerinden izlemek için çalışma başlatılmıştır. Bu proje karmaşık ve uzun vadeli bir proje olacaktır (Xu, 2002).

2.13. Denizcilik Uygulamaları

2.13.1. 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 (Bekçibaşı, vd, 2010).

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 (Bekçibaşı, vd, 2010).

Sistemde denize kişi düştüğü anda sistem devreye gireceğinden kişinin suda kalma süresi minimuma indirilmiş ve hayatta kalma ihtimali yükseltilmiştir (Bekçibaşı, vd, 2010).

2.13.2. NEPTUNE

İlk fiber optik (kablolu) ve daha sonra kablosuz akustik algılayıcı kullanan sistem Washington State kıyılarında bir tektonik plakaya donatımı yapılmıştır (Nagel, 2005).

2.13.3. GOMaP

Global Okyanusu Haritalama Projesi (Global Ocean Mapping Project -GOMaP) yan taramalı sonar ile tüm deniz tabanının haritalanması için çok sayıda sualtı araçlarını deniz altına koymaktadır (Nagel, 2005).

2.14. 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 gözlemleme konusu 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 (Bayrakdar ve Kantarcı, 2010).

Deniz/Okyanus dibine yerleştirilen algılayıcılar, sismik hareketleri gözlemleme, 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 (Bayrakdar ve Kantarcı, 2010).

Dağıtık ve ölçeklenebilir kablosuz algılayıcı ağlarının sualtına iki ya da üç boyutlu bir şekilde kurulması ile her bir algılayıcıların yerel olarak çevresel olayları gözlemlemesi olanaklı 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, gözlemleme, izleme, zamanlama, sualtı kontrolü ve hataya dayanıklılık gibi uygulamalar için daha iyi bir destek sağlamaktadır (Bayrakdar ve Kantarcı, 2010).

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 (Bayrakdar ve Kantarcı, 2010):

- 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 ilgileşim 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 (Bayrakdar ve Kantarcı, 2010).

Sualtı kablosuz algılayıcı ağlarında uygulama geliştirirken karşılaşılabilecek zorluklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Bayrakdar ve Kantarcı, 2010):

- Pil ömrü sınırlıdır ve piller genellikle yeniden doldurulamazlar. (Güncel teknik olarak hidroelektrik üreteçleri kullanılabilmektedir.)
- Bant genişliği ciddi biçimde sınırlıdır.

- Değişken ve uzun yayılım gecikmeleri, sinyal zayıflamaları gibi kanal özellikleri vardır.
- Yüksek hata oranları vardır.
- Paslanma ve tortu birikimi gibi sebeplerden hatalara açık olma durumu söz konusudur.

2.14.1. 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 kurmaktadırlar. Düğümlerde sıcaklık, basınç algılama cihazları ve kameralar da dâhil pek çok algılama cihazları vardır (Yick, vd, 2008).

2.15. Diğer Uygulamalar

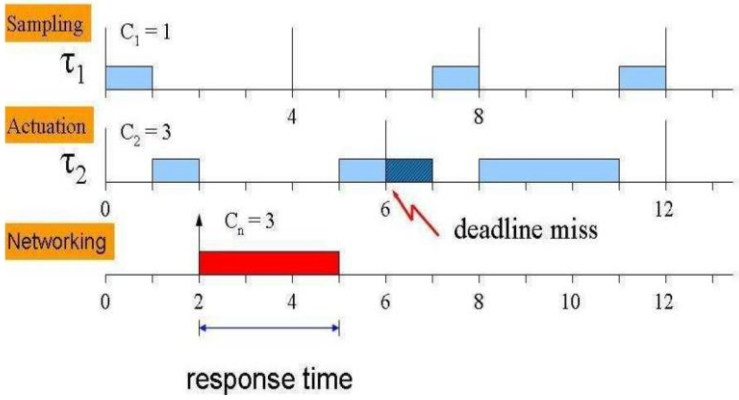
2.15.1. Gerçek zamanlı uygulamalar

2.15.1.1. RTNS

Bugün kablosuz algılayıcı ağlar ikinci nesil uygulamalara geçmiştir. Bunlar endüstriyel otomasyon (montaj alanlarında proses kontrolü), multimedya (tele-tıp, saldırı tespit sistemleri), sağlık (acil durum protokolleri, afet müdahale ve inme hasta rehabilitasyonu) ikinci nesil olarak kabul edilmektedir. Bu uygulamalar özelleştirilebilir zamanlama yönetimi ve değişen politikalar ve güvenilir hizmet için sağlam bir Gerçek Zamanlı İşletim Sistemi (Real-Time Operating System - RTOS)'ne ihtiyaç duymaktadır (Pagano, vd, 2010).

RI-MACS projesi büyük sanayi kuruluşları ve akademik işbirliği ile kablosuz algılayıcı ağlar kullanarak artan konfigürasyonsuz ve endüstriyel platformların uyarlanmasına odaklanmaktadır. Uygulamada her düğümde hesaplama yükü farklı

olabilir, geç mesajlar ise kabul edilemez. Birçok olay sınırlı gecikmeler içinde gerçekleşmelidir (Pagano, vd, 2010).



Şekil 0.24. Gecikme Zamanı Oluşumları

Sistemin en kötü durumdaki yük koşullarında düzgün çalışmasını garanti altına almak için gerçek zamanlı analiz yapılmalıdır (Pagano, vd, 2010).

Bu kategoride devam eden bazı projeler aşağıda sıralanmıştır (Pagano, vd, 2010);

1. SENSE (Smart Embedded Network of Sensing Entities): Varlık Algılama Akıllı Gömülü Ağ
2. CoBIs (Collaborative Business Items): İşbirlikçi İş Öğeleri
3. WINSOC (Wireless Sensor Network with Self Organization Capabilities): Kritik ve acil uygulamalar için Kendi Kendine Örgüt Yetenekli Kablosuz Algılayıcı Ağ
4. SCIER (Sensor & Computing Infrastructure for Environmental Risks): Doğal Afetleri Yönetmek İçin Bir Teknolojik Simülasyon Platformu
5. SensAction-ALL (SENSing and ACTION to support mobility in Ambient Assisted Living): Ortam Destekli Yaşam Hareketliliğini Desteklemek İçin Algılama Ve Eylem.

Kablosuz algılayıcı ağların gerçek zamanlı uygulamaları için temel kaygıları etkin bant genişliği kullanımı ve veri dağıtımıdır. Bu bağlamda GEAR öne sürülmüştür. Su baskınları gibi olayda son derece kötü yönlendirme verimliliği ve gereksiz yayınlar,

artan enerji tüketimi ve dolayısıyla azalan ağ ömrü gibi sonuçları doğurur. Verileri farklı yollardan almak gibi farklı yaklaşımlar sunulmaktadır (Kumar, vd, 2010).

2.15.2. Yeraltı madenciliği

Yeraltı madenciliği dünyanın en tehlikeli çalışma alanlarından biridir. Güvenli çalışma koşulları ve kurtarma operasyonlarında kablosuz algılayıcı ağlar kullanılabilir. Kazalarda genel olarak farklı görüşler ortaya atılmaktadır. Bazıları deprem olduğunu iddia edebilmektedir. Kazaların sonrasında yıldırıcı ve pahalı bir kurtarma girişimi yapılmaktadır (Dargie ve Poellabauer, 2010).

Kaza kaynakları (Dargie ve Poellabauer, 2010).;

1. Metan kömürleşme işlemi sırasında oluşma
2. Yetersiz havalandırma
3. Düşen kömürden metan
4. Madencilerden kaynaklanan metan
5. Kömür ve taş yollardaki metan

Kablosuz algılayıcı ağların algılama görevleri; ilk olarak normal ve anormal durumlarda bireyler bulmak, ikinci olarak çöküşte delik bulmak, üçüncü olarak depremleri ölçmek ve tahmin etmek, dördüncüsü ise metan, oksijen ve karbondioksit gazlarının konsantrasyonunu ölçmektir (Dargie ve Poellabauer, 2010).

2.15.3. Etkileşimli müzeler

Gelecekte özellikle çocukların onlar hakkında daha fazla bilgi edinebilmeleri için müzelerde nesnelerle etkileşimli olacak. Bu nesneler dokunma veya konuşmaya cevap vermeleri mümkün olacak. Ayrıca çocuklara bilim ve çevre ile ilgili bulguları öğretmek gerçek zamanlı bir neden sonuç deneyleri mümkün olacak. Ayrıca algılayıcılar sayesinde müze içinde lokalizasyon sağlanabilir. San Francisco Exploratorium'da bu tür bir müzenin örnek veri ölçümleri ve kombinasyonları yapılmaktadır (Akyildiz, vd, 2002).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

2.16. Amaçlar

Bu tezin amacı amaçları aşağıda sıralanmıştır;

1. Uygulama alanlarını araştırmak;
   a. Kablosuz Algılayıcı Ağlar Uygulama alanları konusunda ulusal alanda yazılmış olan tez, makale ve bildirileri taramak
   b. Kablosuz Algılayıcı Ağlar Uygulama alanları konusunda uluslararası alanda yazılmış olan tez, makale ve bildirileri taramak
2. Kablosuz Algılayıcı Düğüm tasarımını gerçekleştirmek
3. Kablosuz Algılayıcı Düğüm tasarımını ile bir uygulama gerçekleştirmek

2.17. Metodoloji

Bölüm IV.'de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

BÖLÜM 4

BİR KABLOSUZ ALGILAYICI DÜĞÜMÜ TASARIMI

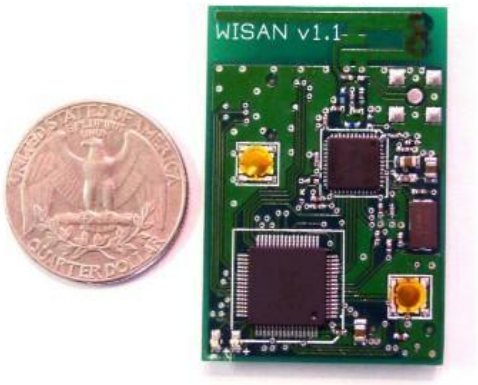
Bu bölümde bir kablosuz algılayıcı ağ düğümü tasarımı anlatılacaktır.

2.19. Algılayıcı Düğümü

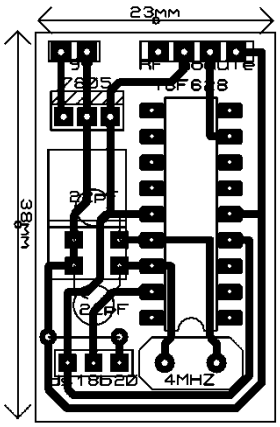
Algılayıcı düğümleri ölçme, veri işleme ve RF iletişim gibi işlemleri özellikle hızlı denetleyiciler kullanarak yapan devre yapılarıdır. Her bir algılayıcı ağ düğümü kablosuz olması sebebiyle bir bataryaya sahiptir ve bu durum ağ düğümüne bir ömür getirmektedir. Bu ömür işlemcinin sarfiyatı, haberleşme sarfiyatları ve benzeri sebeplerle değişmektedir ki literatürdeki çalışmaların büyük bir kısmı enerji sarfı üzerinde durmaktadır.

Algılayıcı düğümleri sıklıkla dar alanlarda portatif olarak taşınmak zorunda olmaları sebebiyle olabildiğinde küçük olarak tasarlanmalıdırlar. Bu sebeple ticari ürünlerin hemen hepsinde SMD parçalar yer almaktadır.

Resim 4.1'de ticari bir algılayıcı düğümü görülmektedir.



Resim 0.1. Algılayıcı Ağ Düğümü

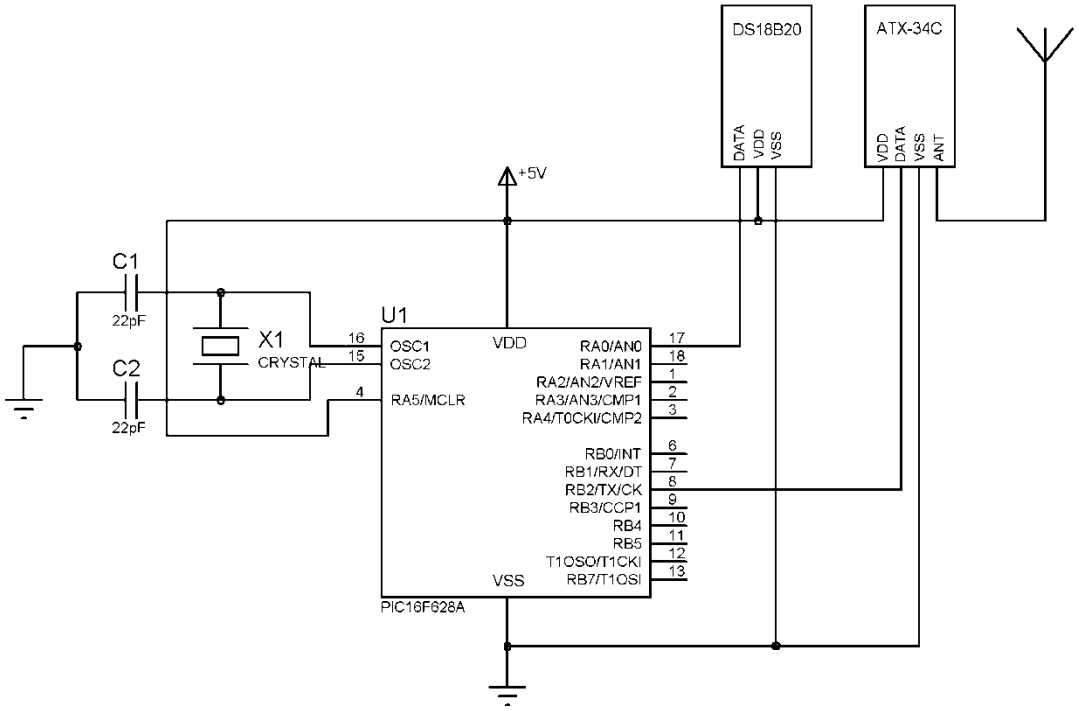


Şekil 0.1. Algılayıcı Düğümü Baskı Şeması

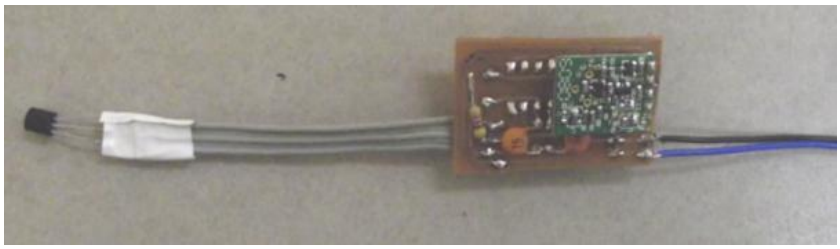
Şekil 4.1'de çalışma sonunda tasarlanmış olan algılayıcı düğümü Baskı Devre Şeması görülmektedir.

Tasarım çalışmasında piyasada kolaylıkla bulunabilecek malzemeler ile sistem tasarlanmaya çalışılmıştır. Baskı devre şeması 23mm x 38mm boyutları ile kullanım boyutlarına yaklaşmaktadır. Sistemin beslemesi olarak en az 6V batarya gerekmektedir. Gerilim regülasyonu 7805 entegre devre elemanı ile sağlanmış olup algılayıcı olarak sayısal ve kararlı yapısı sebebiyle DS18B20, işlemci olarak ise temel düzeyde çalışma sergileyen ve küçük olmasıyla dikkat çeken Microchip firmasının ürünü PIC16F628A tercih edilmiştir.

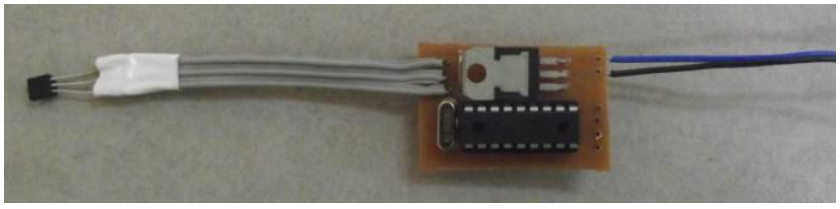
Şekil 4.2'de Algılayıcı Düğümü Şeması görülmektedir. Resim 4.2'de Algılayıcı Düğümü Alttan Görünüşü ve Resim 4.3'de Algılayıcı Düğümü Üstten Görünüşü görülmektedir.



Şekil 0.2. Algılayıcı Düğümü Şeması



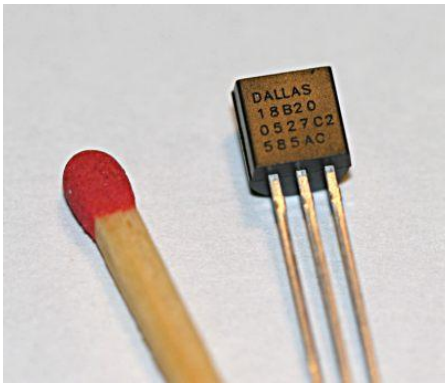
Resim 0.2. Algılayıcı Düğümü Alttan Görünüşü



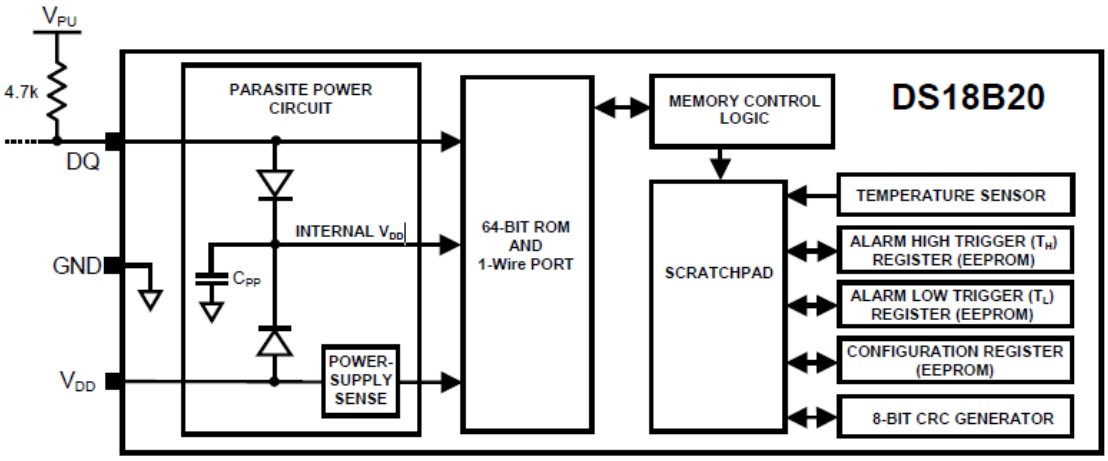
Resim 0.3. Algılayıcı Düğümü Üstten Görünüşü

2.19.1. Algılayıcı

Yapılan uygulama çalışmasında bir hastanın vücut sıcaklığı ölçümü gerçekleştirilmekte ve bu veriler RF olarak bir bilgisayara ulaştırılmaktadır. Biyomedikal uygulamalarda cihazlar termistörler, termokupllar veya yarı iletken algılayıcı kullanarak vücut ısısının ölçümünü gerçekleştirmektedirler. Bu çalışmada kendinden kalibrasyonlu ve sayısal yapısı sebebiyle Dallas firması tarafından üretilmekte olan DS18B20 Sıcaklık algılayıcısı kullanılmaktadır. Bu algılayıcı tipi medikal uygulamalarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. DS18B20 küçük yapısı ve kararlı ölçme performansıyla düzgün bir çalışma sergilemektedir. Resim 3.4'de DS18B20'nin resmi görülmektedir. Şekil 4.3'de DS18B20 Algılayıcı Blok Şeması görülmektedir.



Resim 0.4. DS18B20 Algılayıcı Resmi

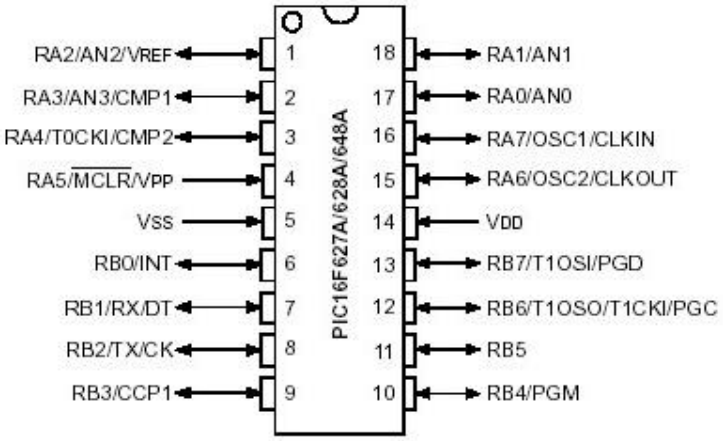


Şekil 0.3. DS18B20 Algılayıcı Blok Şeması

Algılayıcı 9 bitten 12 bite kadar çözünürlük aralığında Celcius derece cinsinden ölçme yapmakta olup ayrıca alarm fonksiyonuna sahiptir. 18B20 işlemci ile bir tek data hattı üzerinden haberleşme yapmaktadır, bunun yanında bir + besleme bir de ground terminali mevcuttur. Ölçüm aralığı -55°C ile +125°C şeklindedir. 18B20 64-bit seri yolu ile haberleşmekte ve çoklu algılayıcı uygulamalarına izin vermektedir. Bu şekilde bir tek işlemci ile birden fazla ısıl ölçüm gerçekleştirilebilmektedir. Bu özellik algılayıcı düğümü ile yapılacak ileri çalışmalarda kullanılabilir.

2.19.2. İşlemci

Çalışmamızda Microchip firması tarafından üretilmekte olan PIC16F628A denetleyicisi kullanılmıştır. 628A boyutlarının küçük olması, dâhili UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter - Eşzamansız Alıcı-Verici)'a sahip olması ücretsiz yazılım desteği ve düşük maliyeti sebebiyle bu uygulamada tercih edilmiştir. 628A +5V regüleli gerilim ile beslenmekte, algılayıcı bağlantısı PORTA.0'dan yapılmakta ve UART pinleri olan PORTB.1 ve PORTB.2 nolu pinlerden TX pini olan PORTB.2'den seri asenkron veri transferi sağlamaktadır.



Şekil 0.4. 16F628A Mikrodenetleyicisi

2.19.2.1. İşlemci programı

Algılayıcı düğümündeki işlemcinin 2 temel işlevi bulunmaktadır bunlar;

1. Algılayıcıdan aldığı verileri sıcaklık verisi olarak değerlendirmek
2. Sıcaklık bilgisinin UART ile seri sayısal olarak RF modüle iletmek.

Algılayıcı düğümünde kullanılan işlemci programı EK-II'de sunulmuştur. Aşağıdaki işlemci programı hakkında bilgi verilmektedir.

```
#use rs232 (baud=1200, xmit=pin_B2, parity=N, Stop=1)
```

Yukarıdaki konfigürasyon satırı ile baud hızı 1200 olarak belirlenmekte ve seri haberleşme ile ilgili düzenlemeler yapılmaktadır.

```
while (1)
{
      temperature = ds1820_read();
      temperature = temperature/8;
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      delay_ms(1);
```

```
      printf("%2.1f",temperature);
      delay_ms(1);
      delay_ms(1);
   }
```

Yukarıdaki main rutini içerisindeki bir sonsuz döngüdür. Döngü içerisindeki ilk iki satırda ds18b20 algılayıcısından tek hat iletişim ile sıcaklık verisi alınmaktadır. Bu işlemler algılayıcıya özgü driverlar ile yapılmaktadır. Driver içeriklerine bu çalışmada değinilmeyecektir.

```
putc(0x55);
```

Şeklindeki 5 satır ile RF modüller için preamble işareti gönderilmektedir. Her bir modüllerin içeriklerinde birer işlemci bulunmaktadır ve bu işlemcilerin iletişimin baud oranından haberdar olabilmeleri için içeriği 10101010 olan seri veri art arda gönderilir. Böylelikle RF modül içeriğindeki işlemci çevrim zamanından haberdar olmaktadır.

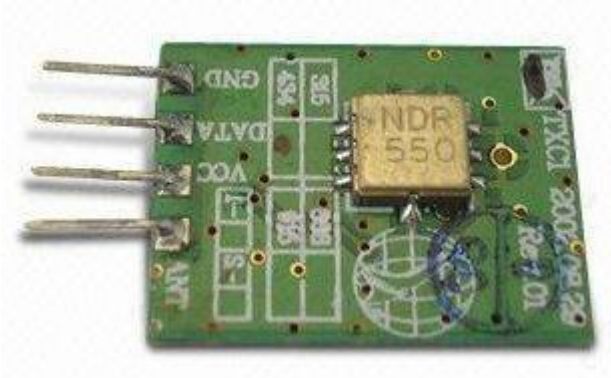
```
printf("%2.1f",temperature);
```

Yukarıdaki satır ile temperature adlı değişken içeriğindeki ifade 2 bir hanesi virgülden sonra 2 hanesi virgülden önce olacak şekilde seri asenkron olarak UART portundan gönderilmektedir. Gönderilen veri RF modüle uygulanmakta böylelikle ana düğüm üzerindeki işlemciye ulaştırılabilmektedir.

2.19.3. RF Trasmitter

RF modüller kısa mesafeli uzaktan kontrol uygulamaları için düşük fiyatı nedeniyle ideal bir çözümdür. Modülün anten haricinde herhangi bir RF komponent ihtiyacı olmadan PCB montajına uygun tasarlanmıştır. Seri sayısal asenkron işaretleri AFSK modülasyonu ile modüle ederek 433MHz frekansında yayınlamaktadır. Basit bir kablo kullanılarak anten bağlantısı yapılabilir. Özel uygulamalar için kullanılabilecek nihai bir ürün değildir. Elektronik sistemin içinde kullanılabilecek özel bir komponenet olarak ele alınmalıdır. Verimli data transferi ve alımı için gerekli en önemli iki nokta iyi bir anten ve doğru RF topraklama seçilmesidir. Anten olmadan datanın uzun mesafelere gönderilmesi mümkün değildir.

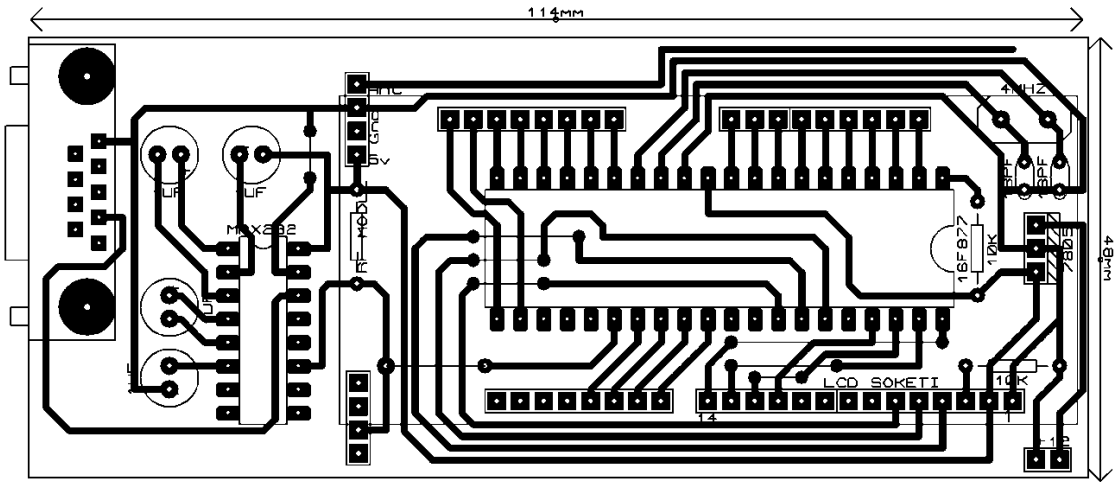
Çalışmamızda kullandığımız RF modüller daha ziyade açık alanda kullanım için tasarlanmış ve uzun mesafede bir çıkış yükselteci ile bir antene ihtiyaç duymaktadır. Oda içerisi kullanım için tasarlanmış ürünler olmamaları sebebiyle oda içerisinde mesafenin artması durumlarında interfere sebebiyle veri transferi sekteye uğradığı görülmüştür. Bunun yanında prototip çalışmamız için maliyetiyle uygun bir ürün olduğunu kanıtlamıştır.



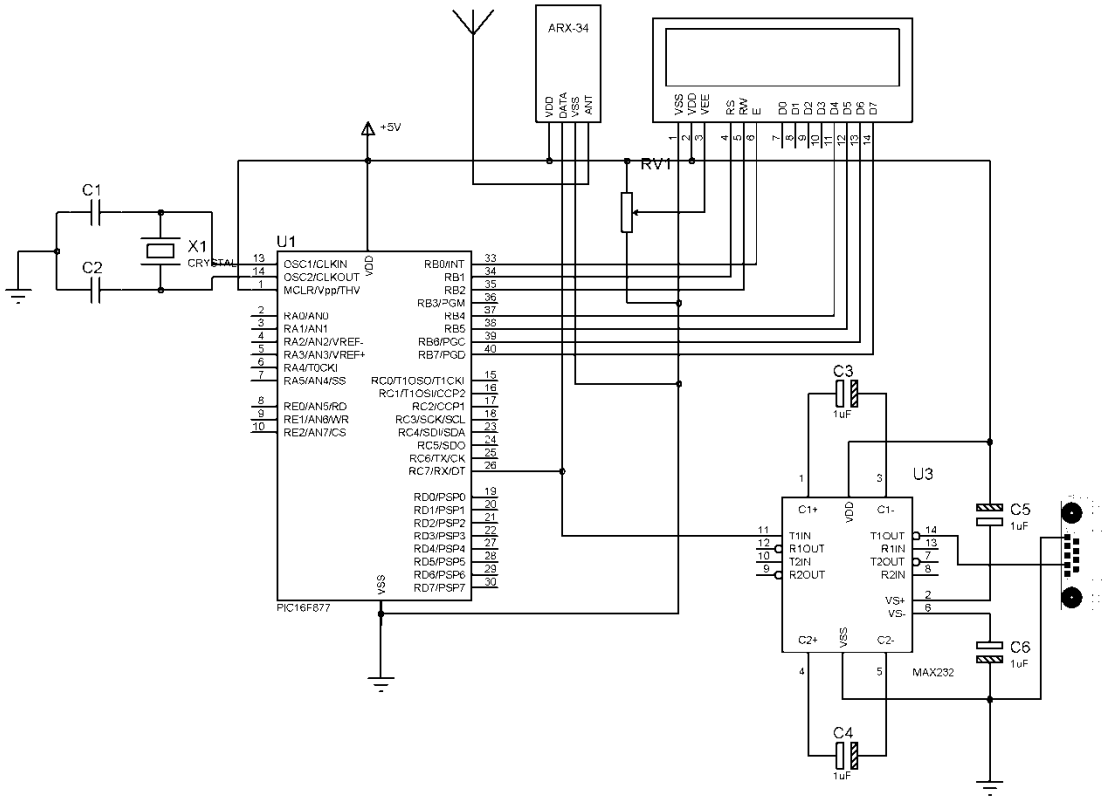
Resim 0.5. RF Transmitter Görüntüsü

2.20. Ana Düğüm

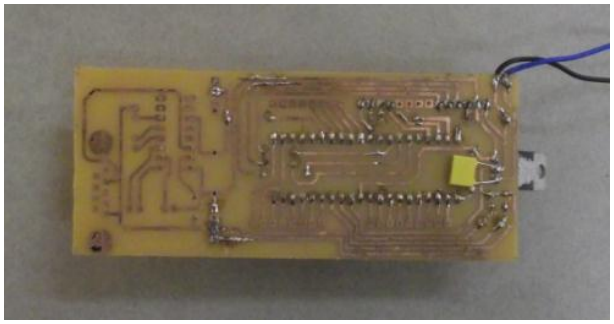
Ana Düğüm algılayıcı düğümünde gelen verileri alan ve bilgisayara ileten düğüm konumundadır. Ayrıca üzerindeki LCD ekranında da verileri göstermektedir.



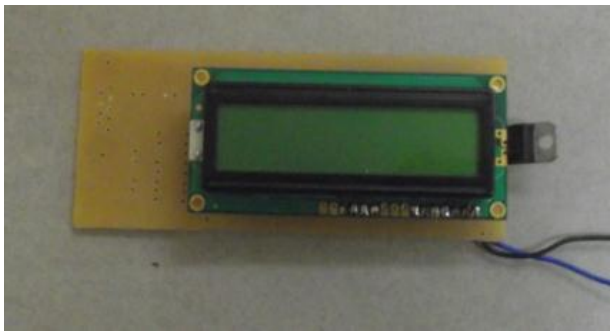
Şekil 0.5. Algılayıcı Ana Düğümü Baskı Devre Şeması



Şekil 0.6. Ana Düğüm Bağlantı Şeması



Resim 0.6. Ana Düğüm Alttan Görünüş

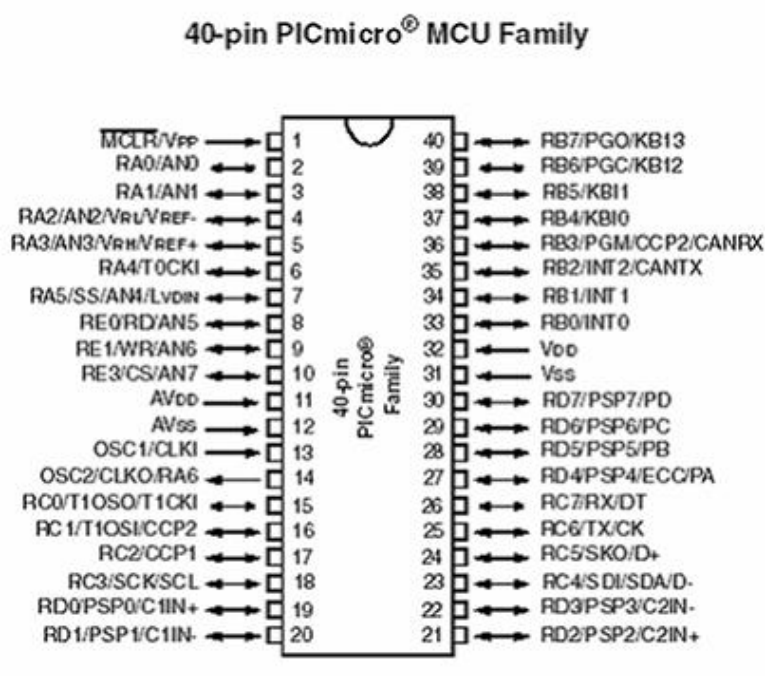


Resim 0.7. Ana Düğümü Üstten Görünüş

2.20.1. İşlemci

Algılayıcı ana düğümünde seri haberleşme arayüzü (UART), hızı, ücretsiz yazılım desteği ve düşük maliyeti sebebiyle Microchip firması tarafından üretilen PIC16F877 denetleyicisi kullanılmıştır.

Şekil 4.7'de PIC16F877 Mikrodenetleyicisi görülmektedir.



Şekil 0.7. PIC16F877 Mikrodenetleyicisi

2.20.1.1. İşlemci programı

Ana düğüm üzerindeki işlemcinin temel işlevi RF modülünden gelen seri sayısal asenkron bilgiyi almak karakter LCD (Liquid Crystal Display - Likit Kristal Görüntü) üzerinde bu bilgileri görüntülemek ve seri port arayüzü vasıtasıyla bilgisayara ulaştırmaktır.

```
#use rs232 (baud=1200, xmit=pin_B2, parity=N, Stop=1)
```

Yukarıdaki konfigürasyon satırı ile baud hızı 1200 olarak belirlenmekte ve seri haberleşme ile ilgili düzenlemeler yapılmaktadır.

```
enable_interrupts(GLOBAL);
enable_interrupts(INT_RDA);
```

Yukarıdaki kodlar ile genel kesme ve seri port kesmesi yetkilendirilmektedir. Seri port kesmesinin yetkilendirilmesi ile seri port yoluyla bir veri geldiğinde işlenmekte olan ana program kodları terk edilerek #INT_RDA adlı alt rutine dallandırılmaktadır. Bu alt rutindeki görev tamamlanır tamamlanmaz tekrar kalınan yerden ana programa dönülecektir.

```
#int_rda
void seri_kesme()
{
veri=getc();
if(i>=7){al=false;}
if(veri==0x55){i=0;al=true;}
if(al&&i<7){seri[i]=veri;i++;}
}
```

Yukarıdaki seri port kesmesi alt rutini ile “i” indisli “seri” adlı değişkenin içerisine seri porttan gelen veriler işlenmektedir.

```
if(i>=7){al=false;}
```

gelen verilerimiz indis sayısı 7’ye eşit olduğunda veya aştığında “al” adlı boolean değişken “false” yapılır.

```
if(veri==0x55){i=0;al=true;}
```

preamble olarak hexadecimal 55 ifadesi gönderilmektedir ve bu veri bilgi byte’larının öncesinde gönderilmektedir. Yukarıdaki kod satırılı ile hexadecimal 55 geldiğinde indis sıfırlanmakta ve “al” adlı boolean değişken true olarak belirlenmektedir.

```
if(al&&i<7){seri[i]=veri;i++;}
```

Yukarıdaki kod parçasında eğer “al” true ise ve i indisi 7’den az ise gelen veri seri değişkenine yazılmaktadır aynı zamanda indis bir arttırılmaktadır.

```
printf(lcd_putc,"\fSICAKLIK=");
while(1)
{
      j=1;
      lcd_gotoxy(10,1);
      while (j<=5)
      {
            printf(lcd_putc,"%c",seri[j]);
            j++;
      }
      delay_ms(10);
}
```

Yukarıdaki main rutinine ait program parçasında;

```
printf(lcd_putc,"\fSICAKLIK=");
```

satırı ile karakter LCD üzerine “SICAKLIK=” şeklinde bir string yazılmakta, seri port kesmesi ile alınan veriler bir döngü ile yine karakter LCD’ye yazılmaktadır.

```
lcd_gotoxy(10,1);
```

program satırı ile kursor LCD’nin 1.satır 10. sütununa gitmektedir.

```
while (j<=5)
{
      printf(lcd_putc,"%c",seri[j]);
      j++;
}
```

Döngüsü ile “j” indisli seri adlı değişkenin içeriği indis değiştirecek şekilde döngü içerisinde LCD üzerine yazılmaktadır.

2.20.2. RF Receiver

RF modüller kısa mesafeli uzaktan kontrol uygulamaları için düşük fiyatı nedeniyle ideal bir çözümdür. Modülün anten haricinde herhangi bir RF komponent ihtiyacı olmadan PCB (Printed Circuit Board – Baskı Devre) montajına uygun tasarlanmıştır. 433 Mhz frekansında gelen AFSK (Audio Frequency-Shift Keying – Ses Frekanslı Modülasyon) modüle edilmiş seri sayısal asenkron verileri demodüle ederek UART formunda vermektedir. Basit bir kablo kullanılarak anten bağlantısı yapılabilir. Özel uygulamalar için kullanılabilecek nihai bir ürün değildir. Elektronik sistemin içinde kullanılabilecek özel bir komponenet olarak ele alınmalıdır. Verimli data transferi ve alımı için gerekli en önemli iki nokta iyi bir anten ve doğru RF topraklama seçilmesidir. Anten olmadan datanın uzun mesafelere gönderilmesi mümkün değildir.



Resim 0.8. RF Alıcı Modül

2.21. Seri Port Arayüzü

Program C# dilinde ve .Net ortamında yazılmış olup EK-IV'de kodlar sunulmuştur. Programımız seri porttan belirlenen ayarlara göre asenkron okuma yapan, okuduğu değerlerin grafiğini çizdiren ve Access tablosuna kaydeden bir programdır. Program çalıştırıldıktan sonra ilk yapılması gereken seri port asenkron iletişim parametrelerinin belirlenmesidir. Bu parametrelerin doğru belirlenmesi önemlidir. Bilgiyi gönderen cihaz ayarları ile bu ayarların aynı olması gerekir. Bilgiyi gönderen cihaz ile doğru bir anlaşma sağlanmaz ise yanlış okumalar gerçekleşir.

ComPort **:** Seri haberleşme için bilgisayarımızdaki hangi seri portun kullanılacağı belirtilir.(COM1,COM2,…vb)

Zaman Aralığı **:** Verilerin hangi aralıklarla alınıp veritabanına kaydedileceğini belirtir (1 - 60 sn).

Kapat **:** Programı kapatmak amacıyla kullanılır.

Başla **:** Veri almaya başlamak için kullanılır.

Dur **:** Veri almaya başladıktan sonra programı durdur.

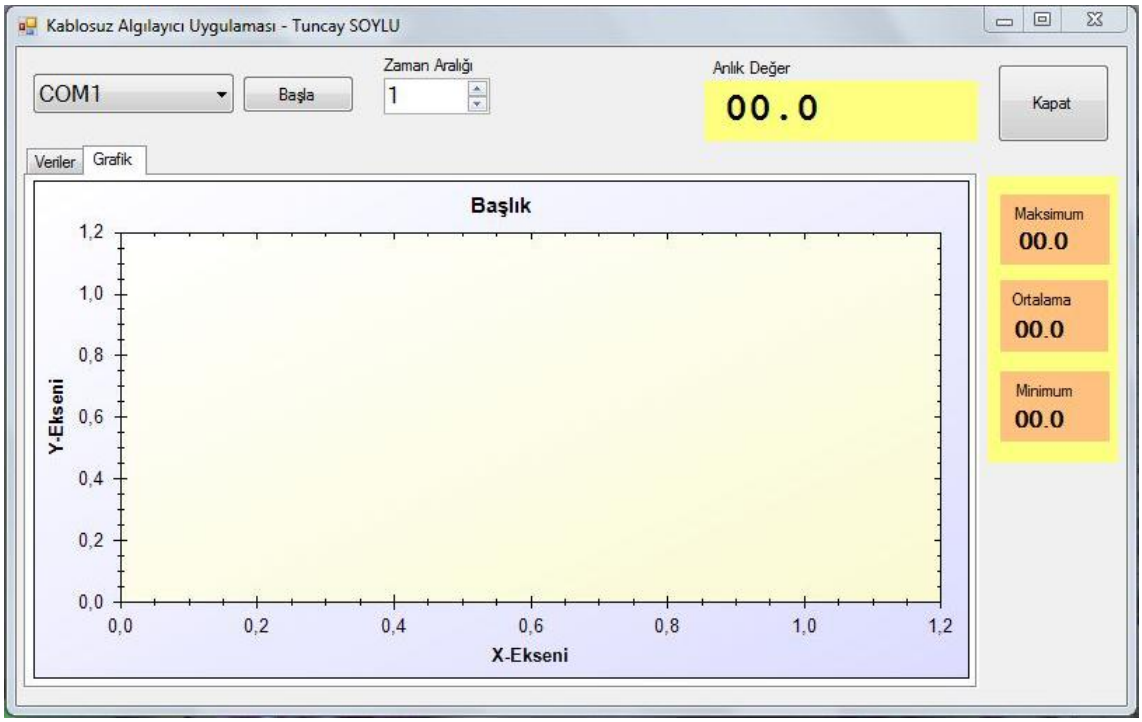
Veriler **:** Alınan ve veritabanına kaydedilen verileri ekranda gösterir.

Grafik **:** Alınan verileri Zaman- Veri grafiği olarak gösterir.

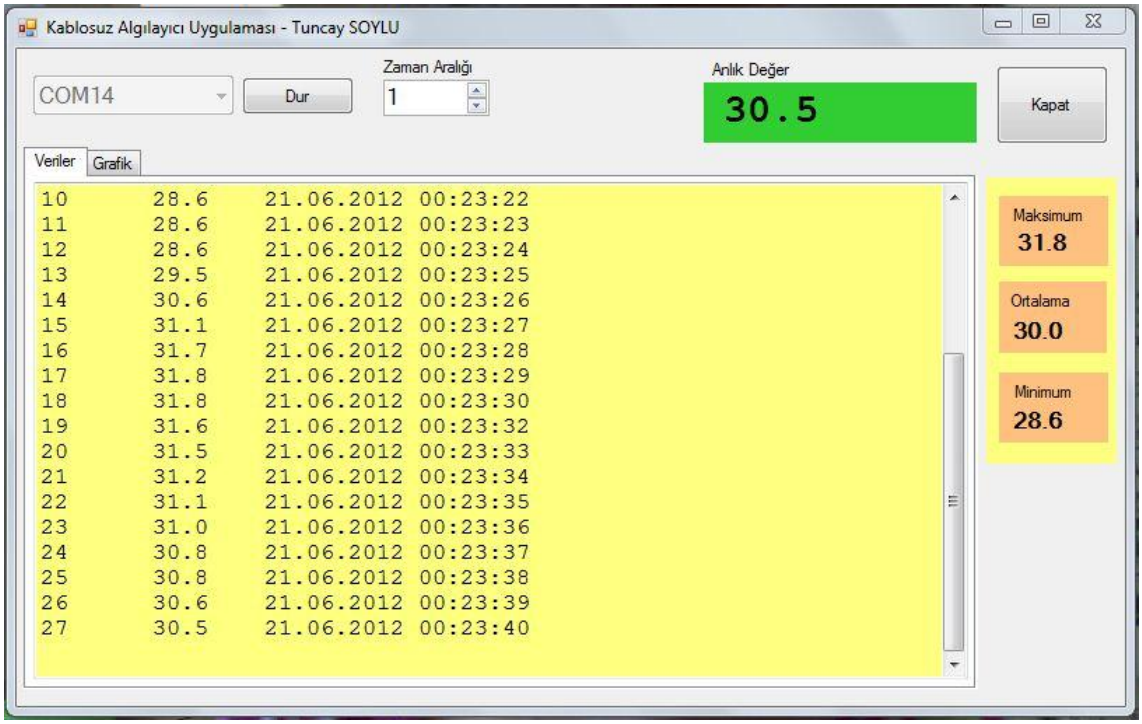
Resim 4.9'da Seri Port Programı Ayar Yüzü gösterilmektedir. Resim 4.10'da ise Seri Port Programı Grafik Yüzü görülmektedir. Resim 4.11'de Seri Port Programı Veri Alımı ve Resim 4.12'de Seri Port Programı Grafik Gösterimi görülmektedir.



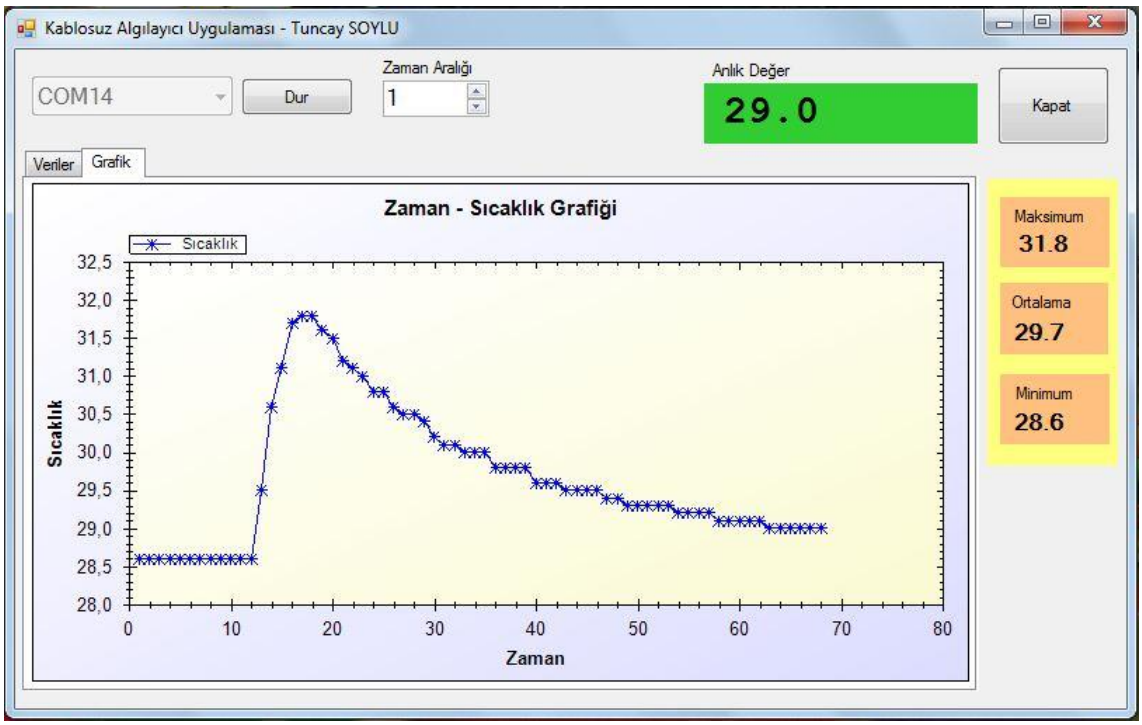
Resim 0.9. Seri Port Programı Ayar Yüzü



Resim 0.10. Seri Port Programı Grafik Yüzü



Resim 0.11. Seri Port Programı Veri Alımı



Resim 0.12. Seri Port Programı Grafik Gösterimi

Programda öncelikle Com ayarı yapılmalıdır. Seriportun ayarları bilgisayarın Aygıt Yöneticisi'nden kontrol edilerek hangi Com olduğu tespit edilmelidir. Program Ara Yüzü Com kısmında tespit edilen Com değeri seçilmelidir. Daha sonra veri tabanına kaydedilecek olan verinin kaydedilme aralığı seçilmelidir. Bu seçim uygulamadan uygulamaya değişiklik göstermektedir. Sıcaklık değişiminin az olduğu durumlarda 5 – 10 sn. seçilebilir. Seçimler yapıldıktan sonra **Başla** komutu ile program çalışmaya başlar. Herhangi bir hata varsa program hataları göstermektedir.

```
MessageBox.Show("Hata oluştu: "+ex.Message);
```

kodu sayesinde hangi hatanın olduğu ekranda gösterilmektedir. Örneğin Com noktası yanlış ise veya düğüm bağlı değilse "Hata oluştu: COM1 bağlantı noktası yok" şeklinde ekrana hata mesajı gelmektedir.

Programda herhangi bir hata mesajı yoksa **Veriler** sekmesinde ekranda ayarlanan Zaman Aralığı'nda veriler görülmeye başlanacaktır. Program aynı zamanda verileri bir Access Veritabanına da kaydetmektedir. **Grafik** sekmesine geçildiğinde verilerin grafiksel gösterimi görülebilecektir. Grafik ekranı otomatik zoom olarak ayarlandığından veriler geldikçe grafik kendiliğinden küçülmektedir.

Programda ilk değer okunmaya başlamasıyla "Anlık Değer", "Maksimum Değer", "Ortalama Değer" ve "Minimum Değer" bilgileri ekranda görüntülenmektedir. Bu da durum ile ilgili olarak anlık bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır.

Önce **Dur** butonu ile programın veri alışı durdurulur ve daha sonra ise **Kapat** butonu ile program kapatılır.

Program kapatıldıktan sonra ekrandaki değerler silinmektedir. Bunun nedeni grafik ekranının çakışmasını engellemektir. Veriler zaten Access Veritabanına kaydedildiğinden herhangi bir veri kaybı yaşanmamaktadır.

Veritabanına veriler Tarih ve Saat, Dakika ve Saniye olarak kaydedilmektedir. Bu da hangi verinin ne zaman alındığını göstermektedir. Veritabanı yeni numara vererek her gelen veriyi kaydetmektedir.

2.22. Uygulama

Yapılan tasarımda veri alma-verme işleminin gerçekleşmesini görmek amacıyla bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama olarak ise bir insan vücudunun sıcaklığının zamansal olarak alınması planlanmıştır.

2.22.1. Vücut Isısı

Hastaneye yatışta, hastanın vital bulgularının değerlendirilmesinde, enfeksiyon şüphesinde, antibiyotiklerin yönetiminde, immun kompremize hastalarda vücut ısısının doğru ölçümü önemlidir. Vücut ısısı ölçümü için teknolojik gelişmelere paralel olarak değişik yöntemler geliştirilmiştir (İlçe ve Karabay, 2009).

Yetişkin bir insanda vücut ısınının 36.5 - 37°C olduğu bilinmektedir. Isı vücudun ölçülen yerine göre çok küçük farklılıklar gösterebilmektedir.

2.22.1.1.Hipotermi

Vücut sıcaklığı 35°C'nin altına düşmesi durumunda hipotermi meydana gelmektedir. Özellikle küçük çocuklarda, yaşlılarda ve bazı hastalarda hipotermi ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir.

2.22.1.2.Hipertermi

Vücut ısısının aşırı yükselmesi ile ortaya çıkan bozukluktur. Bozukluğun başlıca belirtileri vücut sıcaklığının denetlenemeyecek hızla 41–43ºC ye çıkması ve buna bağlı olarak ortaya çıkan merkez sinir sistemi bozukluklarıdır. Özellikle küçük çocuklarda, yaşlılarda ve bazı hastalarda ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir.

2.22.2. Sıcaklık ölçüm bölgesi

Öncelikle vücut sıcaklığının nereden ve nasıl ölçülmesi gerektiği incelenmiş olup; yetişkin kişilerde en uygun bölgelerin Aksiller bölge (Koltuk altı), Rektal bölge (Makat bölgesi), Oral bölge (Ağız-dil altı) ve Timpan bölge (Kulak bölgesi) olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgelerden Kablosuz Algılayıcı Ağlara en uygun bölgenin Aksiller

bölge (Koltuk altı) olduğuna karar verilmiştir. Ve uygulamada Algılayıcı düğümü koltuk altı bölgesine yerleştirilmiştir.

2.22.3. Algılayıcı düğümü yerleştirilmesi

Yukarıda belirtilen ölçüm bölgesi olan koltuk altı bölgesine tasarlanmış olan Kablosuz Algılayıcı Ağın Algılayıcı Düğümü yerleştirilmiştir. Yerleştirme sırasında öncelikle koltuk altı bölgesi kurutulmuştur. Algılayıcı Düğümünün algılayıcı kısmı bir bant (yara bandı) aracılığıyla koltuk altına yerleştirilmiştir. Algılayıcı düğümü ise kola bir bez parçası ile yerleştirilmiştir. Algılayıcı düğümünün pili bu bez parçasına yerleştirilmiştir. Anten kısmı veriyi yayacak şekilde açıkta bırakılmıştır.

2.22.4. Ana düğüm

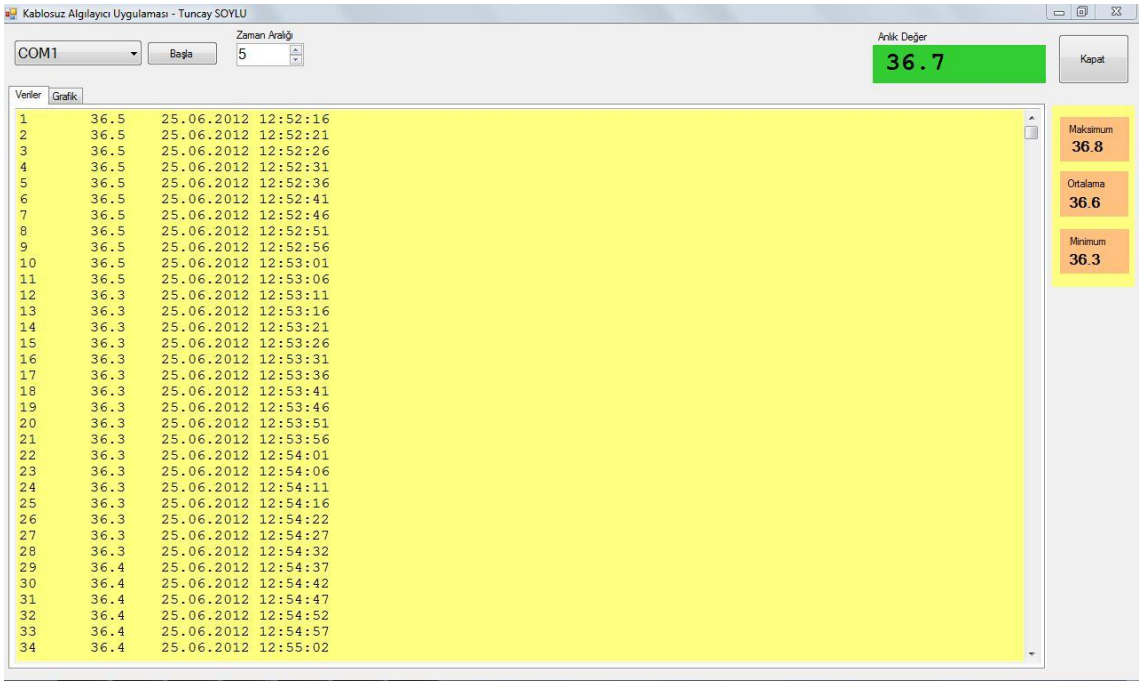
Ana düğüm seriport aracılığıyla bilgisayara bağlanmıştır. Bilgisayar ortamında verilerin izlenmesi amacıyla yazılan Kablosuz Algılayıcı Uygulaması çalıştırılmıştır. Ana düğümün üzerindeki LCD ekran aracılığıyla Algılayıcı Düğümden veri alış-verişi öncelikle test edilmiştir. Bir sorun görülmediği için uygulamaya geçilmiştir.

2.22.5. Kablosuz algılayıcı uygulaması programı

Sistem uygulamaya hazır olduğundan Kablosuz Algılayıcı Uygulaması Programı çalıştırılmış olup gerekli testler yapılmıştır.

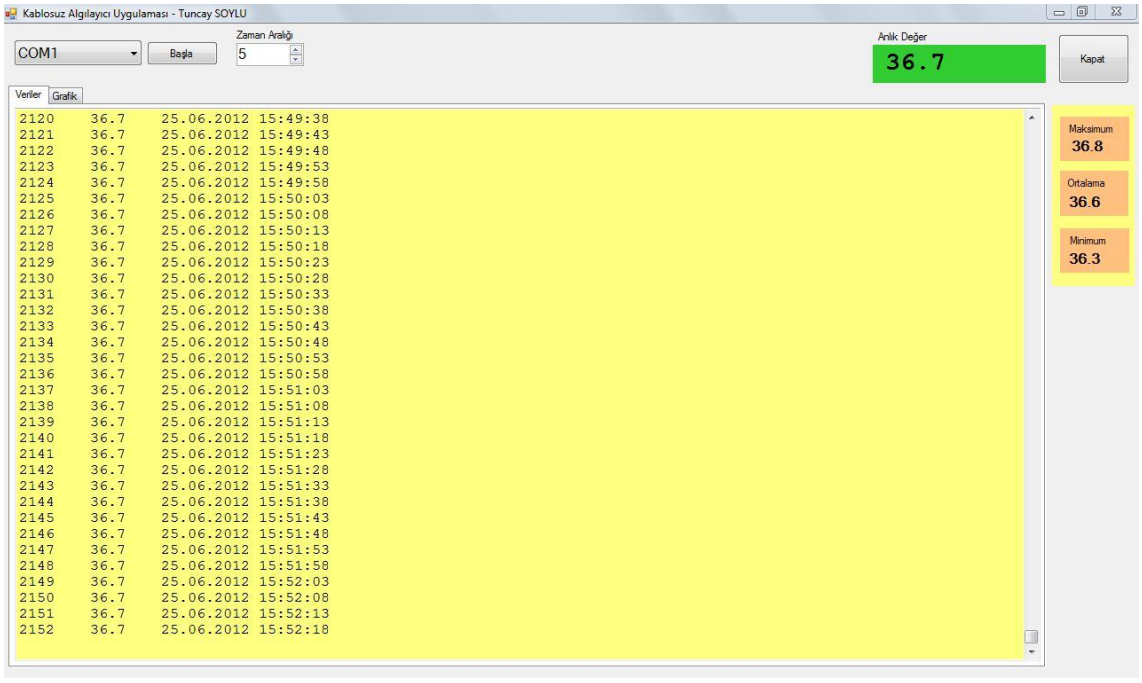
2.22.6. Vücut sıcaklığı ölçüm uygulaması

Öncelikle Kablosuz Algılayıcı Uygulaması Programı çalıştırılmış ve seriport Com seçimi COM1 olarak yapılmıştır. Veri alma süresi vücut sıcaklığının ani değişim göstermemesi nedeniyle 5 saniye olarak belirlenmiştir. **Başla** komutu ile program çalıştırılmıştır. Tam 3 saat süresince vücut sıcaklık bilgisi alınmıştır. Bu süre zarfında her 5 saniyede bir olmak üzere 2152 veri alınmıştır. Bu veriler program üzerinde görüntülenmekle birlikte ayrıca grafik ekranı üzerinden de hızlı analizi yapılabilmektedir. Ayrıca program üzerinde her an, anlık alınan Ani Değer bilgisi de görüntülenebilmektedir.

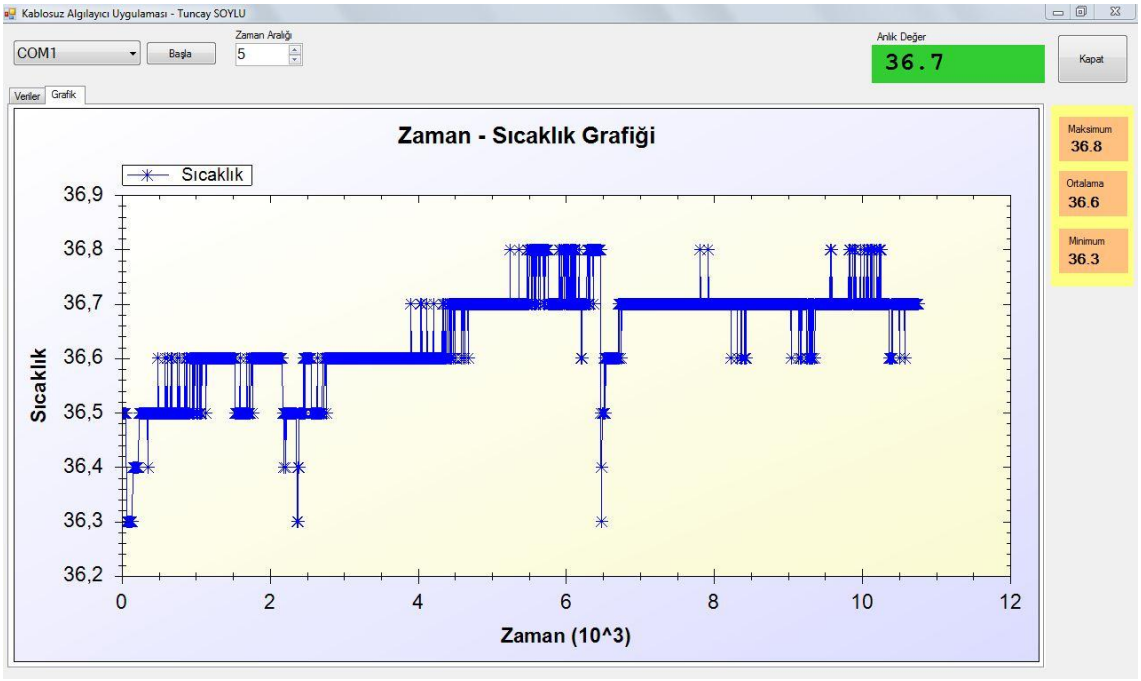


Resim 0.13. Uygulama Veri Akışı İlk Sayfası

Resim 4.13'de Uygulama Veri Akışı İlk Sayfası görülmektedir. Resim 4.14'de Uygulama Veri Akışı Son Sayfası görülmektedir. Veri.mdb databasede 2152 adet veri olduğundan tamamı buraya konulmamıştır.



Resim 0.14. Uygulama Veri Akışı Son Sayfası



Resim 0.15. Uygulama Grafik Sayfası

Resim 3.15'de alınan verilerin grafik olarak analizi görülmektedir.

2.23. Uygulama Sonuçları ve Tartışma

Yapılmış olan tasarım Türkiye içinde piyasada hızlı bir şekilde bulunabilecek ürünler seçilerek gerçekleştirilmiştir. Tasarım yapılırken tercih edilen ürünlerde öncelikle fiyat anlamında ucuz olması ve hızlı erişilebilir olması ön planda tutulmuştur. Tasarlanan algılayıcı düğümde sadece bir adet algılayıcı kullanılmıştır. Bunun nedeni ise algılayıcı sayısının artmasını tasarımda büyük değişikliklere yol açmaması ve sadece programda küçük değişikliklere neden olmasıdır. Aynı düğümde çok farklı algılayıcı yerine kullanmak yerine algılayıcının hangi amaçla kullanılacağı daha önemlidir. İstenildiği takdirde aynı algılayıcı düğümüne çok farklı algılayıcılar da eklenebilmektedir.

Tablo 0.1. Uygulama Veri Tablosu

Durum	**Değer (°C)**
Minimum Değer	36,3
Ortalama Değer	36,6
Maksimum Değer	36,8

Veriler incelendiğinde Tablo 3.1'deki gibi bir tablo elde edilmektedir. Resim 3.15'teki grafik ve Microsoft Access 2010 veri.mdb veritabanı incelendiğinde yoğunlaşmanın 36,6 – 36,7 aralığında olduğu görülmektedir.

Yapılan uygulama sonucunda sistemin sorunsuz bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. Sistemden alınan değerler ile insan için olması gereken sıcaklık değerlerinin de örtüştüğü görülmektedir.

Sistemin kablosuz olması nedeniyle ev içinde veya ana düğümün RF kapasitesi sınırları içinde kişinin rahatlıkla hareket edebildiği ve günlük aktivitelerine devam edebildiği görülmektedir.

Bu uygulama göstermektedir ki; mümkün olduğu kadar az imkânlarla hızlı bir şekilde algılayıcı düğümü tasarlanabilmektedir. Tasarımda öncelikle algılayıcının hangi amaçla kullanılacağı belirlenmelidir. Buna göre algılayıcı seçimi gerçekleştirilmelidir. Ayrıca uygulama ortamı da kablosuz algılayıcılar için oldukça önemli bir konudur.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tezde öncelikle Türkiye'de ve dünyada yapılmış olan Kablosuz Algılayıcı Ağ Uygulamaları detaylı olarak incelenmiş ve sınıflandırılarak detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Buradaki amaç Kablosuz Algılayıcı Ağlar konusuna yeni başlayacaklar veya uygulama gerçekleştirecekler için temel bir kaynak oluşturmaktır. Bu amaçla uygulamalar detaylı ve resimli olarak hangi soruna çözüm için üretildikleri de dâhil olmak üzere anlatılmıştır.

Kablosuz Algılayıcı Ağların en büyük sorunlarından birini maliyet oluşturmaktadır. Ve ayrıca Türkiye gibi bu konuda üretim yapılmayan bir ülkede iseniz ikinci büyük bir sorun ise yapacağınız uygulama için uygun algılayıcı düğümü temin edebilmektir. Bu sorunlara çözüm bulmak adına maliyet bazlı bir düğümün nasıl tasarlanacağı bu tezde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu tasarımda öncelikle Türkiye'de anında bulunabilecek ve düşük maliyetli elektronik ürünler tercih edilmiştir.

Kablosuz algılayıcılar konusunda diğer önemli bir husus ise alınan verilerin bilgisayara aktarılması ve depolanmasıdır. Ayrıca bu verilerin analizi de çok önemlidir. Bu amaçla bu çalışmada seriporttan veri alan Kablosuz Algılayıcı Uygulaması Programı yazılmıştır. Bu program sayesinde verilerin kendi üzerinde veri veya grafik arayüzü vasıtasıyla analizi gerçekleştirilmektedir. Bu da göstermektedir ki bu tarz bir Kablosuz Algılayıcı için büyük maliyetli ve boyutlu programlar yerine uygulamaya yönelik yazabilecek bir program maliyet yönünden sıfır maliyet getirmektedir. Yine bu program sayesinde aynı zamanda uygulamaya özel bir program olabilmektedir. Program .Net ortamında yazılabileceğinden dolayı istenildiği taktirde kodlarına veya tasarımına müdahale söz konusu olabilmekte ve istenildiği gibi de uyarlanabilmektedir.

Tasarlanan Algılayıcı Düğümü Algılayıcı düğümü ölçüm aralığı -55°C ile +125°C şeklindedir. 18B20 64-bit seri yolu ile haberleşmekte ve çoklu algılayıcı uygulamalarına izin vermektedir. Tasarım ile bir insan vücut sıcaklığı ölçümü 3 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. Bu süre zarfında 2152 adet verinin alımı gerçekleştirilmiştir. Veriler Kablosuz Algılayıcı Uygulaması Programı ile alınıp veritabanına kaydedilmiştir. Aynı zamanda kendi üzerinde grafik olarak analizi de gerçekleştirilebilmektedir.

Yapılan uygulamada dikkat edilen birkaç husus şu şekildedir. Öncelikle algılayıcı düğümü çok miktarda enerji harcamaktadır. Bunu engellemek amacıyla daha düşük enerji harcayan kaliteli elektronik malzemeler temin edilmesi zorunlu hale gelmektedir. İkinci önemli nokta ise burada yapılan uygulamada ön plana çıkan insan vücudunda yapılacak olan deney veya sağlık izleme amacıyla üretilecek olan ürünlerde çok daha hassas davranılması gerekliliğidir. Burada yapılmış olan tasarım insan vücuduna entegre edilebilecek şekilde yeniden uyarlanmalıdır. Öncelikle algılayıcı seçiminde daha küçük ve vücudu tahriş etmeyen bir malzeme tercih edilmelidir. Bu tasarımda 9V'luk yassı pil tercih edilmiş olup vücut için bunun da değiştirilmesi gerekmektedir. 1,5V'luk kalem pil veya saat pili kullanılabilir ve tabi ki algılayıcının güç tüketimi minimuma indirilmek koşuluyla. Üçüncü önemli nokta ise algılayıcı düğümünün küçük boyutta tasarlanması ve düzgün bir kılıfa yerleştirilmesidir.

Yapılmış olan tasarım geliştirilmeye açık bir tasarım halindedir. Sistem yukarıdaki uyarılar ışığında uyarlanarak bir hasta izleme sistemi haline gelebilir. Ve ayrıca Kablosuz Algılayıcı Uygulaması Programı da uyarlanarak hipotermi veya hipertermi durumlarında hasta bakıcıya veya doktora cep telefonu aracılığıyla bilgi ulaştırılması söz konusudur. Sadece bu durumlarda değil sürekli olarak vücut ısısının ölçülmek zorunda olduğu durumlarda da cep telefonu vasıtasıyla veri iletimi söz konusu olabilmektedir.

Sistemin en güzel yanı hastanın veya kişinin sıcaklık bilgisi okunmasının sürekli olması ve hastanın veya kişinin yatmak zorunda olmamasıdır. İster hastane ortamında geziyor halde olabilir isterse evinde tedavi görüyor olabilmektedir. Sistem geliştirilerek

nabız bilgisi, oksijen miktarı vb. durumlar için gerekli bilgiler alınıp analiz yapılabilinir. Ve bir cep telefonu vasıtasıyla bu bilgiler hasta bakıcı veya doktora ulaştırılabilir.

Bu tasarım sadece Tıp alanında değil sıcaklık ölçümünün yapılabileceği her alanda kullanılabilmektedir. Özellikle Sera İzleme Sistemlerinde kolaylıkla kullanılabilmektedir. Ayrıca gerekli uyarlamalar yapılarak çok daha farklı alanlarda da (Çevre İzleme, Habitat izleme, Askeri gözlem ve izleme gibi) tasarım kullanılabilmektedir.

Bir sonraki çalışmada Eğitim Seti (Education Kit) tasarımı planlanmaktadır. Bu tasarımda sıcaklık, nem ve ışık bilgisi alabilecek algılayıcılardan oluşan 4 adet Algılayıcı Düğümü ve 1 adet Ana düğüm planlanmaktadır. Tasarımda veri Algılayıcı Düğümlerinin birbirleri üzerinden gönderilecek ve ana düğüme ulaştırılacak biçimde programlanacaktır. İşletim Sistemi olarak TinyOs işletim sistemi tercih edilecektir.

EK-I KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ ARAŞTIRMA KONULARI

Sıra	Kablosuz Algılayıcı Ağ Uygulaması
1.	Acenteler için biyolojik izleme
2.	Afet yönetimi
3.	Akıllı anaokulu projesi (Mani Srivastava / UCLA): I-rozetleri pozisyonda, yatak ve kayıt ses izlemek için çocuk şapkaları gömülü sınıf oyuncaklar kullanımını tespit etmek için gömülü algılayıcılar
4.	Akıllı mermi, bir paintball silahı ateşi (70 m bir dizi özellikli kablosuz verici ve pil)
5.	Akıllı tuğlalar: ivmeölçer / termistör / vb. tuğlalara gömülü
6.	Akıllı yapılarda kendi kendine teşhis, potansiyel sorunları ve koşulları onarma
7.	Alan ve tiyatro izleme (askeri)
8.	Algılayıcı tabanlı çitler ve uzaktan kontrollü kapıları kullanılarak merkezi bir yerden sürü kontrolü
9.	Alışveriş merkezleri ve otoparkların güvenliğinin sağlanması için kablosuz gözetim algılayıcı ağları
10.	Ambiyans izleme ve kontrol
11.	Araç takip
12.	Araçların izlenmesi ve kontrol
13.	Askeri komuta, kontrol, haberleşme, istihbarat ve hedefleme sistemleri
14.	Askeri uygulamalar
15.	Askeri algılama
16.	Askeri taktik gözetim
17.	Aydınlatma kontrolü
18.	Bacaları kreozot oluşumunu izlemek için algılayıcılar
19.	Bağlarda toprak bileşimi (UC-Berkeley) için kullanılan radar
20.	Belediye su kaynakları izlemek için kullanılan sualtı uzaktan örnekleme istasyonu
21.	Bilimsel uygulamalar
22.	Bilinmeyen bir asker ve araç faaliyetleri için askeri uyanıklık
23.	Bina enerji izleme ve kontrol
24.	Bina otomasyonu (güvenlik, HVAC, otomatik sayaç okuma, aydınlatma kontrolü, erişim kontrolü)
25.	Bina ve yapıların izlenmesi
26.	Binaların yapısal hataları (örneğin, yorgunluğa bağlı çatlaklar) algılama
27.	Bir futbol sahası boyunca yerleştirilen Çim mikro kamerası (yaklaşık 0.5 cm3)
28.	Biyolojik, kimyasal ve nükleer maddelerin tespit etmek için ulusal bir algılayıcı ağı geliştirme
29.	Biyomedikal uygulamalar
30.	Büyükşehir işlemleri (trafik, otomatik geçiş ücretleri, yangın, vb.)

31. Cihaz kontrolü (Aydınlatma ve HVAC)
32. Çatı izleme (askeri)
33. Çevre güvenliği
34. Çevre (toprak, hava, deniz) ve tarım kablosuz algılayıcılar
35. Çevre algılama uygulamaları
36. Çevre izleme ve kontrol
37. Çevre kontrolü (örneğin, toprak kirliliği izleme, habitat izleme)
38. Çevresel izleme, (hassas tarım da dahil olmak üzere)
39. Çiftlik sensör ve aktüatör ağlar (domuz besleme, toprak nemi izleme, insansız traktör kontrolü)
40. Çocukları izlemek için Wi-Fi etiketleri
41. Çoklu erişim kontrol noktaları, ağ ve veri entegrasyonu etkinleştirilmesi
42. Dağıtılmış algılama (askeri)
43. Dağıtılmış robotik
44. Depo stok yönetimi
45. Deprem algılama
46. Doğal kaynakların tüketimini optimize etmek için istihbarat katıştırma
47. Duman, CO ve H2O dedektörler
48. Düşman araçların tespiti ve izleme
49. Düşman hareketleri hakkında bilgi tespit etmek ve kazanmak için askeri algılayıcı ağları
50. Ekipman yönetim hizmetleri ve koruyucu bakım
51. Elektrik yük yönetimi
52. Endüstri ve bina izleme
53. Endüstriyel kontrol (varlık yönetimi, süreç kontrolü, çevre, enerji yönetimi)
54. Endüstriyel ve bina otomasyon
55. Endüstriyel kontrol ve izleme
56. Enerji yönetimi
57. Envanter kontrolü
58. Envanter yönetimi
59. E-para / nokta-satış uygulamaları (kiosklar da dahil olmak üzere)
60. Ev güvenliği
61. Ev izleme ve kontrol
62. Ev otomasyonu, Alarmlar
63. Evcil hayvan ve genç çocukların tüketici yeteneği ile eşyalarını takip etmek
64. Evde herhangi bir yerden, aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin esnek yönetimi
65. Evrensel uzaktan kumanda bir set üstü kutusu
66. Fabrika, süpermarketler ve ofis kompleksleri, depolar, filo yönetimi,
67. Fabrikalar izlenmesi ve kontrol
68. Fiziksel güvenlik
69. Gaz, su ve elektrik sayaçları
70. Gelişmiş uyum raporlama için veri toplamaya yardımcı olmak

71. Gemiler için silah algılayıcıları
72. Gemilerde yapısal hataları saptamak
73. Geniş bir yelpazede koşulları izlemek için kablosuz algılayıcılar
74. Gerçek zamanlı veri toplama (örneğin, sıcaklık kontrol edin ya da kirlilik düzeylerini izlemek için)
75. Gerçek-zamanlı sürekli hasta izleme (örneğin, hastane öncesi, hastane ve ayaktan izleme)
76. Gıda güvenliği
77. Güvenlik hizmetleri
78. Habitat algılama
79. Habitat izleme
80. Hastane öncesi ve hastane acil bakım
81. Hava durumu algılama
82. Hava durumu izleme
83. Hava trafik kontrol
84. hayvan popülasyonlarının izlenmesi
85. Hotel enerji yönetimi
86. HVAC kontrol
87. Isıtma kontrolü
88. Isıtma, soğutma, güvenlik ve aydınlatma sistemlerinin merkezileştirerek yönetimi
89. İtici bir olay (örneğin, bir adımın ya da ateşli silah) veya araç (örneğin, tekerlekli ve paletli, hafif veya ağır) algılama
90. iBadge (UCLA): çocuk ya da hasta (sıcaklık, nem, basınç örneğin, konuşma kaydetme / tekrarlayarak, konum tespiti, yön algılama, yerel iklim) davranışını izleme
91. İmalat kontrolü
92. İnme hastanın rehabilitasyonu
93. İnşaat mühendisliği uygulamaları
94. İşçi ve kamu güvenliği artırmak için dağıtılmış ağları izleme
95. İşletmelerin çalışma alanlarını izlemek ve kontrol sağlar
96. İşyeri uygulamaları
97. Kablo olmadan, kurulum etkinleştirilmesi yükseltme ve ev kontrol sistemi ağı
98. Kablosuz izleme ağları dağıtım çevresi koruma artırmak için etkinleştirilmesi
99. Kablosuz aydınlatma kontrolü (örneğin, dim edilebilir balastlar, kontrol edilebilir ışık anahtarları, özelleştirilebilir ışık düzenleri, enerji tasarrufu, parlak gün)
100. Kablosuz duman ve CO dedektörleri
101. Kablosuz otomatik sayaç okuma ve yük yönetimi
102. Kablosuz otopark, park noktalarının hangileri olduğunu belirlemek için algılayıcı ağları
103. Kalp atışı algılayıcıları
104. Kamu güvenlik uygulamaları
105. Kamu montaj yerlerinin izlenmesi

106. Kamyon ve gemi, tamper varlıkların takibi
107. Kanun uygulama
108. Karayolları ya da sıkışık yerlerde araç trafiğini izlemek için kablosuz trafik algılayıcı ağları
109. Karmaşık makine ve süreçler / durum tabanlı bakım izleme (CBM)
110. Kavşak izleme
111. Kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer kablosuz algılayıcılar (zehirli kimyasal maddeler, patlayıcılar ve biyolojik ajanlar için algılayıcılar)
112. Kimyasal, biyolojik, radyolojik, nükleer ve patlayıcı saldırıları ve malzeme karakteristiklerini algılayacak algılayıcı ağları
113. Kişisel sağlık bakım (hasta izleme, fitness izleme)
114. Kişisel sağlık teşhisi
115. Kontrol, koruma, kullanım kolaylığı ve güvenliğini sağlamak için ana kontrol uygulamaları,
116. Kontrol, korunma ve verimlilik sağlayan endüstriyel otomasyon uygulamaları
117. Konut / hafif ticari kontrolü (güvenlik, HVAC, aydınlatma kontrolü, erişim kontrolü, çim ve bahçe sulama)
118. Konut kontrol ve izleme uygulamaları
119. Koruma, esneklik ve güvenliğini artırmak için çoklu sistemlerin otomatik kontrolü
120. koruma, rahatlık ve güvenliği artırmak için çoklu ev sistemlerinde otomatik kontrol,
121. Koruyucu bakım programları geliştirmek için ayrıntılı veri sağlanması
122. Köprü ve otoyol izleme (güvenlik)
123. Kritik altyapı koruma ve güvenlik
124. Kritik ekipman sürekli izlenmesi ile varlık yönetiminin iyileştirilmesi
125. Kronik ve yaşlı hastalarda (periyodik veya sürekli veri toplama ve hekimlere iletmek) izleme
126. Kullanıcı müdahalesini azaltmak için uzak algılayıcılardan gelen verileri otomatikleştirmek ve toplamaya yardımcı olmak
127. Kütle kayıpları yönetimi
128. Malzeme işleme sistemleri (ısı, gaz akışı, soğutma, kimyasal)
129. Mevcut üretim ve proses kontrol sistemlerinin güvenilir bir şekilde genişletilmesi
130. Mikroklima değerlendirme ve izleme
131. Milli Savunma
132. Mobil robotik
133. Montaj hattı ve iş akışı
134. Norveç'te bir buzula gömülü algılayıcılar
135. Ofis izleme ve kontrol
136. Olağandışı olaylar tespit edildiğinde otomatik bildirim alımı kolaylaştırılması
137. Optimize edilmiş HVAC yönetimi aracılığıyla enerji giderleri azaltmak
138. Optimize edilmiş üretim süreçleri ile enerji maliyetlerinin azaltılması
139. Orman yangını takip ve izleme

140. Orta ölçekli algılayıcı uygulamaları (biyomedikal gibi)
141. Otomatik otomobil bakım telemetri
142. Otomatik sayaç okuma
143. Otomobilden otomobile uygulamaları (Son zamanlarda FCC onaylı karayolu algılayıcısı ve otomobilden otomobile uygulamalar için belirli frekans aralığı yaklaşık 100 m)
144. Otomotiv algılayıcıları ve aktüatörler
145. Ovalar, ormanlar ve okyanuslar çevre değişiklikleri tespit etmek ve izlemek için algılayıcı ağları
146. Patlayıcı izleme
147. Perde, perdelik kumaş ve gölge denetimleri
148. Pulse Oksimetre
149. Radyasyon ve nükleer tehdit algılama sistemleri
150. Rehabilitasyon, egzersiz sırasında ekstremite hareketleri ve kas aktivitesi inmeli hastaların izlenmesi
151. RF tabanlı yerelleşme
152. RFID etiketleri
153. Ring algılayıcısı (MIT): Fizyolojik durum izleme ve internet üzerinden profesyonel tıbbi bilgi aktarımı
154. Sağlık hizmetleri
155. Saldırı tespit
156. Sanayi ve üretim otomasyonu
157. Savaş alanı keşif ve gözetleme
158. Savaş alanı yönetimi
159. Savaş alanında gözetimi
160. Savunma Sistemleri
161. Sekoya izleme
162. Algılayıcılar ve ekipman ağ geçidi veya saha servis bağlantıları (koruyucu bakım, durum değişiklikleri, teşhis, enerji kullanımı, vb. destekler için izleme)
163. Sıcaklık Kontrolü
164. Sınır izleme (Kanada ve Meksika sınırları gibi)
165. Sismik ivmeölçerler (hareketi ölçmek için cihazlar)
166. Sivil güvenlik ve mühendislik altyapıları izlenmesi
167. Soğutma kafes ya da cihaz izleme
168. Son derece ayrıntılı, elektrik, su ve gaz şebeke kullanım verileri yakalama
169. Su temini koruması
170. Suçlu izleme
171. Süpermarket yönetimi
172. Süreç kontrolü
173. Şarapçılık uygulamaları
174. Şehir izleme ve kontrol
175. Tehlike altındaki türlerin takibi
176. Tek bir uzaktan kumandayla birden çok ev kontrol sistemleri yapılandırma ve çalışan tüketici uygulamaları

177. Tele Tıp
178. Tema parkları için algılayıcı ağları
179. Tıbbi afet müdahale
180. Tıbbi algılama ve izleme
181. Ticari uygulamalar
182. Ticari bina kontrol
183. Toksik ajanların tespiti
184. Toksik kimyasallar için izlenmesi
185. Toksin algılama
186. Trafik akışı ve gözetim
187. Trafik ışık algılayıcıları ve kontrol
188. Tsunami uyarı sistemi
189. Tüketici elektroniği ve eğlence (TV, VCR, DVD / CD)
190. Uçakta yapısal hataları saptamak
191. Ulusal güvenlik
192. Uyarlanabilir çalışma alanları oluşturmak için aydınlatma sistemlerinin hızlı bir şekilde yeniden yapılandırma etkinleştirilmesi
193. Uzaktan takip varlık, faturalama ve enerji yönetimi
194. Uzaktan kumandalı ev ısıtma ve aydınlatma
195. Uzun vadeli veri tabanları klinik verilerin toplanması (diğer hasta bilgileri ile biyoalgılayıcı okuma korelasyon)
196. Üretim işleme
197. Vahşi yangınların izlenmesi
198. Vahşi yangınların izlenmesi
199. Vahşi yangınlarının yayılmasını kontrol
200. Varlık yönetimi (konteyner izleme gibi)
201. Verimsiz çalışma veya kötü performans ekipmanları belirlemede yardımcı olmak
202. Video gözetimi
203. Volkanik patlama izleme
204. Vücuda takılı halde tıbbi algılayıcılar
205. Yapıların altyapısını en az çaba ile etkinleştirilmesi ve yükseltme
206. Yarı iletken bir üretici tarafından kullanılan ekipman için önleyici bakım
207. Yaşam kalitesi uygulamaları
208. Yaygın bilgisayar ("görünmez bilgisayar, "her yerde bilgisayar")
209. Yeraltı hava dağıtım sistemleri
210. Yerelleştirme
211. Yönlendirme, isimlendirme, keşif ve tıbbi kablosuz algılayıcılar, kişisel dijital asistanlar, bilgisayarlar ve diğer cihazlar için güvenlik

EK-II GÖNDEREN DENETLEYİCİNİN C DİLİNDE YAZILMIŞ KODLARI

```
#include <16f628a.h>
#device ADC=10
#FUSES NOWDT, XT, PUT, NOPROTECT, BROWNOUT, NOLVP, NOCPD
#use delay(clock=4000000)
//#define use_portb_lcd TRUE
#include<1wire.c>
//#include <lcd.c>
#include<ds1820.c>
#use fast_io(a)
#use rs232 (baud=300, xmit=pin_B2, parity=N, Stop=1)
#include <stdio.h>

const int8 x=1;
char gonderilecekveri[8];
float temperature;

void main()
{
setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
setup_timer_1(T1_DISABLED);
setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
setup_vref(VREF_LOW|-2);

while (1)
{
      temperature = ds1820_read();
      temperature = temperature/8;
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      putc(0x55);
      delay_ms(1);
      printf("%2.1f",temperature);
      delay_ms(1);
      delay_ms(1);
    }
}
```

EK-III ALICI DENETLEYİCİNİN C DİLİNDE YAZILMIŞ KODLARI

```
#include <16f877.h>
#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT, NOBROWNOUT,NOLVP,NOPUT,NOWRT,NODEBUG,NOCPD
#use delay(clock=4000000)
#use fast_io(a)
#use fast_io(d)
#use fast_io(c)
#use rs232 (baud=300, xmit=pin_C6, rcv=pin_C7, parity=N, Stop=1)
#include <stdlib.h>
#define use_portb_lcd TRUE
#include <stdio.h>
#include <lcd.c>

int8 i=0;
int8 j=0;
int1 al;
char seri[6],veri;

#int_rda
void seri_kesme()
{
veri=getc();
if(i>=7){al=false;}
if(veri==0x55){i=0;al=true;}
//if(veri==0xff){i=0;al=true;}
if(al&&i<7){seri[i]=veri;i++;}
}

void main()
{
setup_psp(PSP_DISABLED);
setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
setup_timer_1(T1_DISABLED);
setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
setup_CCP1(CCP_OFF);
setup_CCP2(CCP_OFF);
enable_interrupts(INT_RDA);
enable_interrupts(GLOBAL);
set_tris_a(0x01);
lcd_init();
delay_us(10);
set_tris_d(0x00);
set_tris_c(0xff);
printf(lcd_putc,"\fSICAKLIK=");

while(1)
```

```
{
      j=1;
      lcd_gotoxy(10,1);
      while (j<=5)
      {
            printf(lcd_putc,"%c",seri[j]);
            j++;
      }
      delay_ms(10);
}
}
```

EK-IV KABLOSUZ ALGILAYICI UYGULAMASI C# KODLARI

```
using System;
using System.IO;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.Text.RegularExpressions;
using ADODB;
using ZedGraph;
using System.Globalization;

namespace WSN
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        private string received;
        private string parse;
        private int sira;
        private bool okundu;
        private double top, max, min, ort;
        private long zmn;

        private Connection conn;

        private GraphPane m_graphPane;
        private string m_plotString;
        private PointPairList m_pointsList;
        private List<string[]> m_pieChartList;

        public Form1()
        {
            int i;

            InitializeComponent();

            conn = new Connection();

            comboBox_Port.Items.Clear();
            for(i=1; i<100; i++)
            {
                comboBox_Port.Items.Add("COM" + i.ToString());
            }
            comboBox_Port.SelectedIndex = 0;

            m_pointsList = new PointPairList();
            m_graphPane = zg1.GraphPane;
            // Fill the axis background with a color gradient
            m_graphPane.Chart.Fill = new Fill(Color.White,
Color.LightGoldenrodYellow, 45F);
```

```
            // Fill the pane background with a color gradient
            m_graphPane.Fill = new Fill(Color.White,
Color.FromArgb(220, 220, 255), 45F);
        }

        private void serialPort1_DataReceived(object sender,
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
        {
            int len;
            int ch;
            char chr;

            if (serialPort1.IsOpen)
            {
                len = serialPort1.BytesToRead;
                while (len > 0)
                {
                    ch = serialPort1.ReadChar();
                    chr = (char)ch;
                    if (Char.IsControl(chr))
                    {
                        received += "<" + ch.ToString() + ">";
                    }
                    else
                    {
                        received += chr;
                    }

                    len--;
                }

                Regex reg = new Regex("([-]?[0-9][0-9]\\.[0-9])");
                Match mat = reg.Match(received);

                if (mat.Success)
                {
                    parse = mat.Groups[1].Value;
                    received = "";
                    okundu = true;
                }

                ch = 0;
                chr = '\0';
            }
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            string connstr,path;
            path = Path.GetDirectoryName(Application.ExecutablePath);

            if (!serialPort1.IsOpen)
            {
                button1.Text = "Dur";
                try
                {
                    zmn = 0;
                    sira = 1;
                    top = 0;
```

```
                    ort = 0;
                    min = double.MaxValue;
                    max = double.MinValue;
                    okundu = false;
                    m_pointsList.Clear();
                    textBox1.Clear();
                    serialPort1.PortName =
comboBox_Port.Items[comboBox_Port.SelectedIndex].ToString();
                    serialPort1.Open();
                    received = "";
                    parse = "";
                    serialPort1.DiscardInBuffer();
                    serialPort1.DataReceived +=
serialPort1_DataReceived;

                    connstr = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0; Data
Source='" + path + "\\veri.mdb'; Persist Security Info=False;";
                    conn.Open(connstr,"","",0);


                    numericUpDown1_ValueChanged(this,e);
                    timer1.Enabled = true;
                    comboBox_Port.Enabled = false;
                }
                catch(Exception ex)
                {
                    MessageBox.Show("Hata oluştu: "+ex.Message);
                    button1.Text = "Başla";
                }
            }
            else
            {
                timer1.Enabled = false;
                serialPort1.DiscardInBuffer();
                serialPort1.DataReceived -= serialPort1_DataReceived;
                System.Threading.Thread.Sleep(500);
                serialPort1.DiscardInBuffer();
                System.Threading.Thread.Sleep(1000);
                serialPort1.Close();
                conn.Close();
                button1.Text = "Başla";
                comboBox_Port.Enabled = true;
            }

        }

        private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            if (serialPort1.IsOpen)
            {
                serialPort1.DiscardInBuffer();
                serialPort1.Close();
            }
            Close();
        }

        private void numericUpDown1_ValueChanged(object sender,
EventArgs e)
        {
```

```
            timer1.Interval = (int)numericUpDown1.Value * 1000;
        }

        private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
        {
            string sicaklik,kayit;
            string zaman = DateTime.Now.ToString();
            NumberStyles style;
            CultureInfo culture;

            if (okundu)
            {
                okundu = false;

                zmn += (long)numericUpDown1.Value;
                sicaklik = parse;
                object data;
                conn.Execute("insert into tablo1(SICAKLIK,ZAMAN)
values(" + sicaklik + ",'" + zaman + "');", out data, 0);

                label_data.Text = sicaklik;
                panel_data.BackColor = Color.LimeGreen;

                kayit = string.Format("{0}\t{1:00.0}\t{2}", sira,
sicaklik, zaman);
                textBox1.Text += kayit + Environment.NewLine;
                textBox1.SelectionStart = textBox1.Text.Length;
                textBox1.ScrollToCaret();

                double sck;
                style = NumberStyles.AllowDecimalPoint;
                culture = CultureInfo.CreateSpecificCulture("en-US");
                if(double.TryParse(sicaklik,style,culture, out sck))
                {
                    if (sck > max) max = sck;
                    if (sck < min) min = sck;
                    top = top + sck;
                    ort = top / sira;

                    label_min.Text = String.Format(culture,
"{0:00.0}", min);
                    label_max.Text = String.Format(culture,
"{0:00.0}", max);
                    label_ort.Text = String.Format(culture,
"{0:00.0}", ort);

                    m_pointsList.Add((double)(zmn), sck );
                    CreateLineGraph();
                    SetSize();
                }

                sira++;
            }
            else
            {
                label_data.Text = "OKUNAMADI!";
                panel_data.BackColor = Color.Red;
            }
        }
```

```
        private void CreateLineGraph()
        {


            //clear if anything exists.
            m_graphPane.CurveList.Clear();

            // Set the titles and axis labels
            m_graphPane.Title.Text = "Zaman - Sıcaklık Grafiği";
            m_graphPane.XAxis.Title.Text = "Zaman";
            m_graphPane.YAxis.Title.Text = "Sıcaklık";

            // Generate a blue curve with Star symbols
            LineItem myCurve = m_graphPane.AddCurve("Sıcaklık",
m_pointsList, Color.Blue, SymbolType.Star);

            // Calculate the Axis Scale Ranges
            zg1.AxisChange();
        }

        private void Form1_SizeChanged(object sender, EventArgs e)
        {
            SetSize();
        }

        private void SetSize()
        {
            zg1.Location = new Point(5, 168);
            // Leave a small margin around the outside of the control
            zg1.Size = new Size(this.ClientRectangle.Width - 10,
this.ClientRectangle.Height - 168);
        }

    }
}
```

KAYNAKÇA

Abhiman, H., Polk, T., Walker, W., Bhatia, D., (2006), *"Self-Powered Wireless Sensor Networks for Remote Patient Monitoring in Hospitals"*, Molecular Diversity Preservation International, Sensors 2006,

Agha, K., Bertin, M. H., Dang, T., Guitton, A., Minet, P., Val, T., & Viollet, J. (2009), *"Which Wireless Technology for Industruial Wireless Sensor Networks"*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Volume 56, Issue 10, Page 4266 - 4278

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

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

Alemdar, H. Ö., (2004), *"RFID Enhanced Wireless Sensor Networks for Healthcare Monitoring"*, İstanbul, Boğaziçi Universitesi, Yüksek Lisans Tezi.

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.

Alemdar, H., & Ersoy, C., (2009)., *"Yaşlı ve Çocuk Bakımında Kablosuz Algılayıcı Ağ Teknolojilerinin Kullanımı: Bir Uygulama Mimarisi Önerisi"*, Antalya, Signal Processing and Communications Applications Conference.

Al-Turjman, F. M., Hassanein, H. S., & Ibnkahla, M., (2011), *"Optimized Relay Placement to Federate Wireless Sensor Networks in Environmental Applications"*, Kingston: 7th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IEEE 2011,

Bagree, R., Jain, V. R., Kumar, A., & Ranjan, P., (2010), *"TigerCENSE: Wireless Image Sensor Network to Monitor Tiger Movement"*, Sri Lanka: 4th InternationalWorkshop, REALWSN 2010 Colombo, Sri Lanka.

Bahrepour, 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.

Bayrakdar, Y., & Kantarcı, A., (2010), *"Kablosuz Sualtı İletişiminde Yeni Araştırma Konuları"*. Muğla, Akademik Bilişim 2010.

Bekçibaşı, 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.

Bekmezci, İ., (2008), *"TDMA Based Wireless Sensor Network For Military Monitoring (MILMON)"*, İstanbul, Boğaziçi University, Doktora Tezi.

Bhattacharyya, D., Kim, T., & Pal, S, (2010), *"A Comparative Study of Wireless Sensor Networks and Their Routing Protocols"*, Sensors 2010.

Bosch, S., Marin-Perianu, M., Marin-Perianu, R., Scholten, H., & Havinga, P., (2009), *"FollowMe! Mobile Team Coordination in Wireless Sensor and Actuator Networks. Galveston, TX: Pervasive Computing and Communications"*, PerCom 2009, IEEE International Conference.

Bulusu, N., & Jha, S., (2005), *"Wireless Sensor Networks: A Systems Perspective"*, Norwood: Artech House Inc, ISBN 1-58053-867-3.

Chandra, P., Dobkin, D. M., Bensky, A., Olexa, R., Lide, D., & A.Dowla, F., (2008), *"Wireless Networking"*, USA, Elsevier Newnes, ISBN-10: 0750685824.

Chen, 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.

Crnojevic, V., (2008), *"Wireless Sensor Networks And Remote Sensing Foundation Of A Modern Agricultural Infrastructure In The Region AGROSENSE"*, WIRE, Week of Innovative Regions in Europe - Granda.

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

Diamond, S. M., Ceruti, M. G., (2007), *"Application of Wireless Sensor Network to Military Information Integration"*, Industrial Informatics, 2007 5th IEEE International Conference, Volume 1, Page(s) 317 - 322 .

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

Fang, W.-C., Kedar, S., (2008), *"System Architecting and System-on-Chip Design of Intelligent Sensor Networks for Active Volcanoes"*, Montreal, Systems Conference, 2nd Annual IEEE .

Figueiredo, C. M., Nakamura, E. F., F., L. A., (2009), *"A Hybrid Adaptive Routing Algorithm for Event Driven Wireless Sensor Networks",* Sensors 2009, 9, 7287-7307.

García-Hernández, C. F., Ibargüengoytia-González, P. H., García-Hernández, J., & Pérez-Díaz, J. A, (2007), *"Wireless Sensor Networks and Applications: a Survey"*, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.7 No.3.

Gavrilovska, L., Krco, S., Milutinovic, V., Stojmenovic, I., Trobec, R., (2011), *"Application and Multidisciplinary Aspects of Wireless Sensor Networks : Concepts, Integration, and Case Studies"*, New York, Springer-Verlag London Limited, ISBN 1849965099.

Gu, W., Healy, W. M., Zhou, M., (2010), *"ZigBee-Wireless Mesh Networks for Building Automation and Control"*, Chicago, IL Networking, Sensing and Control (ICNSC), 2010 International Conference.

Hac, A., (2003), *"Wireless Sensor Network Designs"*, West Sussex, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0470867361.

Havinga, P., Kuper, J., (2007), *"Flexible Sensor Network Reprogramming for Logistics"*, Pisa, Mobile Adhoc and Sensor Systems, MASS 2007.

He, 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.

Hoesel, 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.

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

İlçe, A., Karabay, O., (2009), *"Ateş Ölçümünde Dört Farklı Vücut Bölgesinin Karşılaştırılması ve Hasta Tercihinin İncelenmesi",* Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 11(3) 5-10

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

Jang, W., Healy, W., Skibniewski, M. J., (2008), *"Wireless Sensor Networks As Part of A Web-Based Building Environmental Monitoring System"*, Automation in Construction, Vol. 17, No. 6, 729-736.

Jawhar, 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.

Jawhar, I., Mohamed, N., Shuaib, K. (2007), "A Framework for Pipeline Infrastructure Monitoring Using Wireless Sensor Networks", Pomona, CA Wireless Telecommunications Symposium, WTS 2007.

Jones, V., Veld, R. H., T. Tonis, R. B., Beijnum, B., Widya, I., Hutten, M. V., Hermens, H., (2008), *"Biosignal and Context Monitoring: Distributed Multimedia Applications of Body Area Networks in Healthcare"*. Multimedia Signal Processing, IEEE 10th Workshop.

Karasulu, B., Toker, L., Korukoğlu, S., (2009), *"ZigBee - IEEE 802.15.4 Standartı Temelli Kablosuz Algılayıcı Ağları",* XIV. Türkiye'de İnternet Konferansı - Inet-tr'09, Bilgi Üniversitesi, Bildiri No: 9, Istanbul, Türkiye.

Karl, H., Willig, A., (2005), *"Protocols And Architectures For Wireless Sensor Networks"*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0470095105.

Kartal, B., (2006), *"Medikal Kablosuz Sensör Ağı İçin Platform Oluşturulması ve Çoklu Gönderim Algoritması Geliştirilmesi"*. İzmir, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Khan, 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.

Khedo, 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.

Kumar, N., Kumar, M., Patel, R. B., (2010), *"Optimized Bandwidth Utilization for Real Time Applications in Wireless Sensor Networks"*, International Journal of Computer Applications, Number 6, Article 16.

Kuorilehto, M., Kohvakka, M., Suhonen, J., Hamalainen, P., Hannikainen, M., Hamalainen, T. D., (2007), *"Ultra-Low Energy Wireless Sensor Networks in Practice: Theory, Realization and Deployment"*, West Sussex, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 978-0-470-05786-5.

Lee, 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.

Lee, 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).

Lee, S., Yoon, D., Ghosh, A., (2008), *"Intelligent Parking Lot Application Using Wireless Sensor Networks"*. Irvine, CA Collaborative Technologies and Systems, CTS 2008, International Symposium.

Ma, Y., Chen, J., Huang, Y., Lee, M., (2010), *"An Efficient Management System for Wireless Sensor Networks"*, *Sensors* 2010, *10*(12), 11400-11413.

Marin-Perianu, M., Bosch, S., Marin-Perianu, R., Scholten, H., Havinga, P., (2010), *"Autonomous Vehicle Coordination with WirelessSensor and Actuator Networks"*, ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems, Volume 5 Issue 4.

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

Miao, Y., (2005), *"Applications Of Sensor Networks"*, Nürnberg Wireless Self-Organization Networks, Seminar.

Nagel, D. J., (2005), *"Wireless Sensor Systems and Networks: Technologies, Applications, Implications and Impacts"*, CSIS Press, Center for Strategic & International Studies, ISBN 0892064625.

Nallusamy, R., Duraiswamy, K., (2011), *"Solar Powered Wireless Sensor Networks for Environmental Applications with Energy Efficient Routing Concepts: A Review"*, Information Technology Journal, Volume: 10, Issue: 1, Page No 1-10.

Ngoc, T. V., Jain, P. R., (2008), *"Medical Applications of Wireless Networks"*. 12 172011 tarihinde Washington University in St. Louis: http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-08/ftp/medical/index.html adresinden alındı

O'Reilly, F., Buckley, J., (2005), *"Use of Wireless Sensor Networks for Fluorescent Lighting Control with Daylight Substitution"*, Stockholm, Sweden: Proc. Workshop on Real-World Wireless Sensor Networks.

Okdem, S., Karaboga, D., (2009), *"Routing in Wireless Sensor Networks Using an Ant Colony Optimization (ACO) Router Chip"*, Sensors 2009, 9, 909-921.

Önel, T., (2009), *"Network-Centric Warfare Communications With Wireless Sensor Networks And Data Fusion"*, İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Doktora Tezi.

Özçekiç, E., (2005), *"Akıllı Ev Sistemleri"*, İstanbul, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi.

Özdemir, S., (2010), *"Heterojen Kablosuz Algılayıcı Ağ Temelli Sınır İzleme Sistemlerinde Gizli Veri Kümeleme"*, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Mart, 2010, Cilt 25, Sayı 1, Sayfa 131-139.

Pagano, P., Chitnis, M., Lipari, G., Nastasi, C., Liang, Y., (2010), *"Simulating Real-Time Aspects of Wireless Sensor Networks"*, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Volume 2010.

Patel, S., Lorincz, K., Hughes, R., Nancy Huggins, J. G., Akay, M., Dy, J., Bonato, P., (2009), *"Monitoring Motor Fluctuations in Patients With Parkinson's Disease Using Wearable Sensors"*, Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions, Volume: 13 , Issue: 6, Page(s): 864 - 873.

Patel S, Chen B.R., Buckley T., Rednic R., McClure D., Tarsy D., Shih L., Dy J., Welsh M., Bonato P., (2010), *"Home Monitoring of Patients with Parkinson's Disease via Wearable Technology and a Web-based Application"*, Buenos Aires, Argentina: 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS.

Polastre, J., Szewczyk, R., Culler, D., (2005), *"Telos Enabling Ultra-Low Power Research"*, Information Processing in Sensor Networks/SPOTS, Berkeley.

Puccinelli, D., Haenggi, M., (2005), *"Wireless Sensor Networks: Applications and Challenges of Ubiquitous Sensing"*, IEEE Circuits and Systems Magazine, Volume: 5 , Issue: 3, Page(s): 19 - 31

Quoc, 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.

Rackley, S., (2007), *"Wireless Networking Technology"*, Oxford UK, Newnes, ISBN 9780750667883.

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

Raludi, R., (2011), *"Building Wireless Sensor Networks"*, USA, O'Reilly, ISBN 0596807732.

Roy, S., Anurag, D., Somprakash, B., (2008), "*AGRO-SENSE: Precision Agriculture Using Sensor-Based Wireless Mesh Networks"*, Geneva, Innovations in NGN, Future Network and Services.

Shum, L. V., Rajalakshmi, P., Afonja, A., McPhillips, G., Binions, R., Cheng, L., Hailes, S., (2011), *"On the Development of a Sensor Module for Real-time Pollution Monitoring"*, Jeju Island, Information Science and Applications (ICISA), 2011 International Conference.

Sohraby, K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.

Song, E., Lee, K., (2007), *"An Implementation of Smart Transducer Web Services for IEEE 1451-based Sensor Systems"*, San Diego, California: SAS 2007, IEEE Sensors and Applications Symposium.

Srivastava, M., Muntz, R., Potkonjak, M., (2001), *"Smart Kindergarten: Sensor-based Wireless Networks for Smart Developmental Problem-solving Environments"*, Rome, Italy, Proceedings of the ACM SIGMOBILE, 7th Annual International Conference, Mobile Computing and Networking.

Stankovic, 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).

Stefanov, 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.

Tavares, 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.

Tayşi, Z. C. (2006), *"Telsiz Algılayıcı Düğüm Tasarımı ve Gerçeklenmesi"*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Tiwari, A., Ballal, P., Lewis, F. L., (2007), *"Energy-Efficient Wireless Sensor Network Design And İmplementation For Condition-Based Maintenance"*, ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN), Volume 3, Issue 1.

Townsend, C., Arms, S., (2004), "Wireless Sensor Networks: Principles and Applications", Sensor Technology Handbook. Elsevier, ISBN: 9780750677295.

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

Werner-Allen, G., Johnson, J., Ruiz, M., Lees, J., Welsh, M., (2005), *"Monitoring Volcanic Eruptions with a Wireless Sensor Network"*, Wireless Sensor Networks, Proceeedings of the Second European Workshop.

Winkler, M., Tuchs, K.-D., Hughes, K., Barclay, G., (2008), *"Theoretical And Practical Aspects Of Military Wireless Sensor Networks"*, MILCOM'09 Proceedings of the 28th IEEE conference on Military communications, Pages 911-917 .

Xu, N., (2002), *"A survey of Sensor Network Applications"*, IEEE Communications Magazine, University of Southern California, 2003..

Xuemei, L., Liangzhong, J., (2008), *"WSN based Innovative Education Practice"*, Guangzhou, 2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management, Volume 1, Page(s): 704 - 707.

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

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

Yüce, M. R., (2010), *"Implementation Of Wireless Body Area Networks For Healthcare Systems"*, Sensors and Actuators A: Physical, Volume 162, Issue 1, July 2010, Pages 116–129

Zhao, F., Guibas, L. J., (2004), *"Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach"*, Boston, Elsevier-Morgan Kaufmann, ISBN 1558609148.

Zheng, J., Jamalipour, A., (2009), *"Wireless Sensor Networks A Networking Perspective"*, New Jersey, Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISBN 0470167637 .

ZigBee Wireless Sensor Applications for Health, Wellness and Fitness. (2009, March). 12 18, 2011 tarihinde ZigBee Alliance: https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/09-4962.pdf adresinden alındı

Wireless Industrial I/O Applications for Agriculture and Irrigation. (2012). (Banner Engineering) 01 15, 2012 tarihinde Banner: http://www.bannerengineering.com/en-US/wireless/surecross_web_apps-ag adresinden alındı

ÖZGEÇMİŞ

Tuncay SOYLU, 10 Ocak 1981 yılında Samsun ili Terme ilçesi Söğütlü Beldesi'nde doğdu. İlkokulu Samsun ili Terme ilçesi Söğütlü İlkokulu'nda, Ortaokulu Terme Ortaokulu'nda ve Liseyi ise Çarşamba Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2000 yılında Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümünü kazandı. Üniversiteden 2004 yılında mezun oldu. 2005 yılında kısa dönem askerlik yaptıktan sonra sektörde çeşitli firmalarda iş deneyim kazandı. 2006 yılında Gülpano Elektrik San. Tic. Ltd. Şti'ne girdi ve yaklaşık 4 yıl Yönetici pozisyonunda çalıştı. 2009 yılı Eylül ayında Trakya Üniversitesi, İpsala Meslek Yüksekokulu, Elektronik Teknolojisi Programı'nda Öğretim Görevlisi oldu ve halen devam etmektedir. Aynı yıl Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansa başladı.

Almanca ve İngilizce bilmektedir. Evli ve bir kız çocuğu (Deniz Naz) babasıdır.