

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



LİSANS BİTİRME TEZİ
ENDÜSTRİYEL WIRELESS SENSÖR AĞLAR VE
UYGULAMALARI

BİTİRME TEZİ

Hazırlayan

Merve ÖZTÜRK 2011010226018

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Aytül BOZKURT

KARABÜK-2016

ÖNSÖZ

Geniş bilgi birikimi, yol göstericiliği ve tecrübesiyle çalışmamız süresince bizden desteğini ve yardımını esirgemeyen Sayın Yrd.Doc.Dr. Aytül BOZKURT'a sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimii sunarım.

Ayrıca Karabük Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde bize birer kimlik kazandıran, hayata dair zorlukları görmemizi sağlayan başta Sayın Bölüm Başkanımız Yrd.Doc.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU olmak üzere bütün hocalarıma teşekkür ederim.

Merve ÖZTÜRK

ŞEKİL VE RESİMLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1: Bir Sensör Düğümü.....	18
Şekil 1.2 Sensör Mimarisi Düğümü.....	19
Şekil 1.3 Sensör Ağı Mimarisi.....	24
Şekil 1.4 Veri Toplayan Bir Sensör Ağı.....	25
Şekil 1.5 Sıradüzensel sensör ağı	27
Şekil 2.1. Rockwell Bilim Merkezi WINS Düğümü	28
Şekil 2.2. Berkeley'den MOTES Düğümleri.....	29
Şekil 2.3 UCLA'dan Medusa Düğümü	30
Şekil 2.4. Berkeley'den PicoBeacon Düğümü	31
Şekil 2.5. MIT μ AMPS-1 Düğümü.....	31
Şekil 2.6. ZigBee Mimarisi	33
Şekil 2.7. Yıldız Ağ.....	35
Şekil 2.8. Mesh Ağ.....	35
Şekil 2.9. Yıldız - Mesh Hibrid Ağ	36
Şekil 3.1. Algılayıcı Uygulamalarına Genel Bir Bakış	37
Şekil 3.2. Taktik Askeri Algılayıcı Ağ Yapısı	39
Şekil 3.3. Kümeleme ve Birleştirme İle Algılayıcı Ağ Mimarisi	39
Şekil 3.4. Temel Koruma Desteği Kablosuz Algılayıcılar	40
Şekil 3.5. Kablosuz Algılayıcı Ağlarla C4ISR Senaryosu	42
Şekil 3.6. Askeri Örnekler (Rockwell Scientific).....	46
Şekil 3.7. Boomerang Sniper Algılama Sistemi	48
Şekil 3.8 Dağıtılmış Keskin Nişancı Algılama Sistemi	48
Şekil 3.9. VigilNet Çalışma Evreleri	49
Şekil 3.10. Geometrik modeli (a) ve açık erişim için sonlu eleman modeli (b)	50
Şekil 3.11. SI2, Kıyı Sularda Denizaltı Tespiti İçin Geniş-N Konsepti	52
Şekil 3.12. Yüksek algılama sistemi mimarisi	53
Şekil 3.13. Uzaktan Büyük Ölçekli Bir Ortamda Taktik Algılayıcı Ağ Operasyon Sistemi	55
Şekil 3.14. Sistem Modeli	58
Şekil 3.15. Gelecekte Bir Sağlık Sistemi Senaryosu	59
Şekil 3.16. Myofeedback BAN: Giysi, Elektrotlar, ReTra ve MBU	62
Şekil 3.17. TMSI "Mobi" Aygıtı	62
Şekil 3.18. Hasta Görüntüleme Sistemi	63
Şekil 3.19. Hastanın Kalça Rehabilitasyonu İçin HipGuard Pantolon	65
Şekil 3.20. MobiHealth Sistemi, Hastane Ortamı Dışında Bir Hasta İzleme	69
Şekil 3.21. Kablosuz Nabız Oksimetre Algılayıcısı	70
Şekil 3.22. Bir Hastane Ortamında CodeBlue Mimarisi	70
Şekil 3.23. eWatch Bilgisayarı	72

Şekil 3.24. Kablosuz, (a) 3 Yollu EKG Algılayıcısı (b) EKG Kemerı, (c) Spo2 Algılayıcısı, (d) PDA Baz İstasyonu	72
Şekil 3.25. Vital Sinyal İzleme Sistemi	73
Şekil 3.26. Akıllı LifeShirt	74
Şekil 3.27. Görme Engelli Kişiler için Yapay Retina	74
Şekil 3.28. Örnek Bir Akıllı Ev Sistemi	75
Şekil 3.29. Kablosuz EKG Sistemi	76
Şekil 3.30. Görme Engelliler İçin Akıllı Otobüs Durağı	77
Şekil 3.31. Kablosuz Algılayıcı Ağlar İle Çevre İzleme Sistemi Örnekleri	80
Şekil 3.32. AWARE Platform Mimarisine Genel Bakış	82
Şekil 3.33 Hindistan Deep Earth Probe Projesi	84
Şekil 3.34. Bir Kablosuz Algılayıcı	86
Şekil 3.35. Volkanik Görüntüleme Algılayıcı Dizileri	88
Şekil 3.36. Habitat Görüntüleme Sistem Modeli.....	92
Şekil 3.37. Great Duck Island Habitat İzleme Ağı İki Katmanlı Mimarisi	93
Şekil 3.38. a) Great Duck Island Habitat Alanı b) Gözlenen Kuş	93
Şekil 3.39. Bir Zebra Bağlı ZebraNet Yaka Algılayıcısı	95
Şekil 3.40. tigerCENSE Kaplan Algılama Sistemi Görüntüleri	96
Şekil 3.41. Hogthrob Projesinde Kullanılan Düğümün Mikrodenetleyici Kartı	96
Şekil 3.42. Hogthrob Projesinde Kullanılan Düğümün Telsiz İletişim Kartı	97
Şekil 3.43. Uzun Menzilli TUTWSN Prototipi	98
Şekil 3.44. Bir Bağdaki Dağıtılmış Kablosuz Algılayıcı Ağ	99
Şekil 3.45. AGROSENSE Projesinden Bir Görüntü	100
Şekil 3.46. Sera Uygulaması	102
Şekil 3.47. Mobil Sera İzleme Aracı	103
Şekil 3.48. Lider-Takipçi Senaryosu	107
Şekil 3.49. Kablosuz Algılayıcı Ağ Endüstriyel Uygulaması	108
Şekil 3.50. FapApp Mimarisi	109
Şekil 3.51. Kesintisiz Özerk Su İzleme Sistemi (NAWMS) Mimarisi	114
Şekil 3.52. BACs Elemanları	116
Şekil 3.53. Ev Kontrol Uygulaması	117
Şekil 3.54. Ben Franklin Köprüsü	118
Şekil 3.55. Köprü Gerilme Verileri	118
Şekil 3.56. Golden Gate Köprüsü a. Düğümler Her İki Tarafa Da Yerleştirilmiş. b. Yerleştirmenin İki Boyutlu Görüntüsü	120
Şekil 3.57. Çin İletişim Bakanlığı Tarafından Planlanan Akıllı Otoyol Sistemi Test Tesisi	121
Şekil 3.58. AMR Manyetik Algılayıcı İle Hareket Eden Bir Araç Tespiti	122
Şekil 3.59. Traffic.com Tarafından Geliştirilen Sistem	123
Şekil 3.60. Trafik İzleme Uygulaması	123
Şekil 3.61. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Kimyasal Takip	128
Şekil 3.62. Bir İnsansız Hava Aracından Bırakılan Algılayıcı Düğümü	128

Şekil 3.63. Kablosuz Gün Işığı Sistemi	131
Şekil 3.64. Gecikme Zamanı Oluşumları.....	135

TABLolarIN LİSTESİ

Tablo 2.1. IEEE 802.15.4 Radyo Frekansları Ve Veri Aktarım Hızları	31
Tablo 2.2. Zigbee Ve Bluetooth Karşılaştırması.....	33
Tablo 2.3. Bluetooth Fiziksel Özellikleri	34

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖNSÖZ.....	3
ŞEKİL VE RESİMLERİN LİSTESİ.....	4
TABLOLARIN LİSTESİ	7
BÖLÜM 1.....	16
GİRİŞ	16
1.1.SENSÖR DÜĞÜMÜ	17
1.1.1. Bileşenleri.....	17
1.1.1.1.Mikrodenetleyici.....	18
1.1.1.2.Alıcı-Verici	18
1.1.1.3.Dışsal Bellek	19
1.1.1.4. Güç Kaynağı	19
1.1.1.5.Sensörler.....	19
1.2. SENSÖR AĞLARININ MİMARİSİ, İŞLEYİŞ VE İLETİŞİM.....	20
1.2.1. Gereksinimler	21
1.2.2. Kablosuz Sensör Ağlarının Mobil Ad-hoc Ağlara göre Avantajları	22
1.2.3. Ad Hoc Sensör Ağları Nasıl Çalışır?	22
1.2.4. Sensör Ağlarında Veri Birleştirme ve Yayma	24
1.2.5. Sıradüzensel Sensör Ağlar	25
BÖLÜM 2	27
2.1 . KABLOSUZ ALGILAYICI DÜĞÜMLERİNİN GELİŞİMİ	27
2.1.1. WINS – University of California, Los Angeles	27
2.1.2. Motes Ailesi – University of California, Berkeley	27
2.1.3. Medusa – University of California, Los Angeles	29
2.1.4. PicoRadio - University of California, Berkeley	29
2.1.4. µAMPS - MIT	30
2.2.1. IEEE 802.15.4/Zigbee Kablosuz Algılayıcı Ağ İletişim Protokolü	30
2.2.2. IEEE 802.15.1&2 / Bluetooth.....	32
2.2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN MİMARİSİ.....	34
2.3.1. Yıldız ağ	34
2.3.2. Mesh Ağ	34
2.3.3. Yıldız – Mesh Hibrid Ağ.....	35
BÖLÜM 3.....	36
KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR UYGULAMA ALANLARI.....	36

3.1. ASKERİ UYGULAMALAR.....	38
3.1.1. Askeri algılayıcılarda ağ mimarisi.....	38
3.1.2. Örnek Bir Uygulama.....	39
3.1.3. Önemli Projeler ve Oluşumlar	41
3.1.3.1. C4ISRT	41
3.1.3.2. DARPA.....	43
3.1.3.3. REMBASS	44
3.1.3.4. Gunfire	44
3.1.4. Askeri Uygulama Projeleri Kullanım Amaçları.....	45
3.1.4.1. Duruma dayalı izleme.....	45
3.1.4.2. Askeri gözetim	46
3.1.4.3. Savaş Alanı İzlenmesi	46
3.1.4.4. Nesne Korunması	46
3.1.4.5. Akıllı Yol Gösterici.....	46
3.1.4.6. Uzaktan Algılama.....	46
3.1.5. Askeri Uygulama Projeleri.....	47
3.1.5.1. Smart dust	47
3.1.5.2. Sniper Algılama Sistemi.....	47
3.1.5.3. Omni Kuşu	48
3.1.5.4. VigilNet	49
3.1.5.5. Askeri Operasyonlar İçin Otomatik Araç.....	50
3.1.5.6. Ayakkabı tarayıcı	50
3.1.5.7. SSA	51
3.1.5.8. TOVA	51
3.1.5.9. Deniz Mayın Tespit Uygulamaları	51
3.1.5.10. ASW.....	52
3.1.5.11. EARS	52
3.1.5.12. Tek Kullanımlık Algılayıcı Ağ	52
3.1.5.13. Füze Hazne Sürekli İzlenmesi için Yeni Optik Algılayıcı Sistemi.....	53
3.1.5.14. SIGIS	53
3.1.5.15. Akustik Tehdit Eden Ses Tanıma Sistemi	54
3.1.5.16. Dost Güçlerin Korunması için Kablosuz Algılayıcı Ağlar	54
3.1.5.17. Askere Takılan Algılayıcı Sistemi.....	54
3.1.5.18. Uzaktan Büyük Ölçekli Alanlarda Kablosuz Algılayıcı Ağlar	54
3.1.5.19. Sınır İzleme	55

3.1.5.20. PinPtr	56
3.2. SAĞLIK UYGULAMALARI	57
3.2.1. Sağlık İzleme Sistemlerinin Faydaları.....	57
3.2.2. Sağlık Uygulamalarında Kullanılabilecek Bazı Algılayıcılar	60
3.2.3. Kablosuz Vücut Alan Ağları	60
3.2.4. Sağlık Uygulamaları	60
3.2.4.1. Günlük Yaşam İzleme Faaliyetleri	60
3.2.4.1.1. Kanser Tespiti	61
3.2.4.1.2. CareNet	61
3.2.4.1.3. Caregiver's Assistant	61
3.2.4.1.4. WISP	61
3.2.4.1.5. LiveNet	61
3.2.4.1.6. Epilepsi Nöbetleri Erken Uyarı Sistemi	61
3.2.4.1.7. Parkinson Hastalığı Uygulamaları	62
3.2.4.1.8. Alzheimer, Depresyon ve Yaşlı İnsanların İzleme	63
3.2.4.1.9. Glukoz Düzeyi İzleme	63
3.2.4.1.10. mPCA.....	63
3.2.4.1.11. GRS.....	64
3.2.4.1.12. AAS.....	64
3.2.4.1.13. Akut Hasta İzleme	64
3.2.4.1.14. Sürekli Bakım	64
3.2.4.2. Düşme ve Hareket Tespiti Uygulamaları	64
3.2.4.2.1. ITALH.....	64
3.2.4.2.2. Smart Home Care Network.....	65
3.2.4.2.3. HipGuard Sistem.....	65
3.2.4.3. Konum Takip Uygulamaları	65
3.2.4.3.1. Ultra badge system	66
3.2.4.3.2. ZUPS	66
3.2.4.3.3. ALMAS.....	66
3.2.4.4. İlaç Alımı Takip Uygulamaları.....	66
3.2.4.4.1. iCAbiNet.....	66
3.2.4.5. Sağlık Durumu Takip Uygulamaları.....	67
3.2.4.5.1. AlarmNet	67
3.2.4.5.2. AlarmGate	67
3.2.4.5.3. LifeGuard	67

3.2.4.5.4. Kronik Hastalıklar	67
3.2.4.5.5. Kalp ve Damar Hastalıkları.....	67
3.2.4.5.6. Heart@Home.....	68
3.2.4.5.7. Fireline	68
3.2.4.5.8. Astım.....	68
3.2.4.5.9. The Baby Glove.....	68
3.2.4.5.10. SIDS	68
3.2.4.5.11. MobiHealth.....	68
3.2.4.5.12. CodeBlue.....	69
3.2.4.5.13. PATHS	70
3.2.4.5.14. AWARENESS	70
3.2.4.5.15. MAETTS.....	71
3.2.4.5.16. CATV.....	71
3.2.4.5.17. PWM	71
3.2.5. Sağlık uygulama projeleri	71
3.2.5.1. eWatch.....	71
3.2.5.2. UbiMon	72
3.2.5.3. Vital Sinyal İzleme Sistemi	72
3.2.5.4. LifeShirt.....	73
3.2.5.5. Yapay Retina	74
3.2.5.6. Akıllı ev uygulamaları	75
3.2.5.7. Body Area Network Projesi	75
3.2.5.8. CIMIT.....	75
3.2.5.9. A WBAN	76
3.2.5.10. Görme Engelliler İçin Akıllı Duraklar	76
3.2.5.11. Human++ Projesi	77
3.2.5.12. Noninvasive Wireless Body Area Network.....	77
3.2.5.13. Body area network – a “Healthy Aims” projesi.....	77
3.2.5.14. Proactive Health	77
3.2.5.15. Telemedicare	78
3.2.5.16. WsHC (Wireless Health and Care).....	78
3.2.5.17. Gece Vardiya Asistanı.....	78
3.2.5.18. Tıbbi Kazaların Önlenmesi.....	78
3.2.5.19. Yedek Vardiya Asistanı.....	78
3.2.5.20. Satire	78

3.2.5.21. LISTSENse	79
3.2.6. Geleceğin Tıbbi Uygulamaları	79
3.3. ÇEVRE İZLEME UYGULAMALARI	80
3.3.1. AWARE	81
3.3.2. Buzul İzleme	82
3.3.2.1. GlacsWeb	82
3.3.3. Okyanus İzleme	82
3.3.3.1. ARGO	82
3.3.4. Hava Durumu İzleme	82
3.3.5. Hava Kirliliği İzleme Uygulamaları	83
3.3.5.1. MESSAGE	83
3.3.5.2. Streetbox	83
3.3.5.3. WAPMS	84
3.3.6. Afet izleme uygulamaları	84
3.3.6.1. Arama kurtarma uygulamaları	84
3.3.6.1.1. CenWits	84
3.3.6.1.2. MAX	84
3.3.6.2. Yangın Algılama Uygulamaları	85
3.3.6.2.1. Orman yangın algılama sistemleri	85
3.3.6.2.1.1. FireBugs	86
3.3.6.2.1.2. FHSS	86
3.3.6.2.2. Maden Yangınları	86
3.3.6.3. Volkan İzleme Uygulamaları	86
3.3.6.3.1. SNAV	87
3.3.6.3.2. Free-Wave	87
3.3.6.3.3. Bilimsel Volkanik İzleme	87
3.3.6.3.4. MVE-WSN	88
3.3.6.4. Sel ve Su Baskını Algılama	88
3.3.6.4.1. ALERT	88
3.3.6.5. Heyelan Algılama	88
3.3.7. Yapısal Bütünlük İzleme	89
3.3.8. Bina ve Çevresi İzleme Sistemleri	89
3.3.9. Diğer	89
3.3.9.1. BikeNet	89
3.3.9.2. PODS	89

3.3.9.3. NIMS	90
3.3.9.4. MacroScope	90
3.3.9.5. Vineyard.....	90
3.3.9.6. PicoRadio	90
3.3.9.7. Heathland	90
3.3.9.8. Shellfish.....	90
3.3.9.9. PEG	90
3.3.9.10. Tracking.....	90
3.3.9.11. Multi-target	90
3.3.9.12. Wisden	91
3.3.9.13. SensorScope	91
3.4. HABİTAT İZLEME UYGULAMALARI	92
3.4.1. Great Duck Island (GDI)	92
3.4.2. CORIE.....	94
3.4.3. ZebraNet	94
3.4.4. tigerCENSE	95
3.4.5. The Hogthrob Project	96
3.4.6. İstiridye	97
3.4.7. DeerNet.....	97
3.4.8. TUTWSN	98
3.5. TARIM UYGULAMALARI	99
3.5.1. AGRO-SENSE	100
3.5.2. Smart Fields.....	101
3.5.3. SoilNet	101
3.5.4. Hassas Tarım Uygulamaları.....	101
3.5.4.1. Sera İzleme	102
3.5.4.2. Şarap Bağ Evi	103
3.5.4.3. Lofar Agro	103
3.5.4.4. İntel Kablosuz Bağ	103
3.6. ENDÜSTRİ UYGULAMALARI.....	105
3.6.1. Otomotiv Uygulamaları.....	106
3.6.1.1. Mobil robotlar	106
3.6.2. Endüstriyel Otomasyon	107
3.6.3. Endüstriyel Proses Kontrol	108
3.6.4. Koruyucu Bakım.....	108

3.6.4.1. Yarıiletken Üretim Tesisi ve Petrol Tesisi İzleme.....	108
3.6.4.2. Makine Uygulamaları	109
3.6.5. SINEMA E	110
3.6.6. Su / Atık Su Kontrolü	110
3.6.6.1. Depolamada Zemin Seviyesi İzleme ve Pompa Sayacı	110
3.6.6.2. Su Kulesi Seviye Kontrolü	110
3.6.7. Cyclops	110
3.6.8. AMR	111
3.6.9. Boru hattı izleme	111
3.6.9.1. PipeNet	111
3.6.9.2. Yer Üstü Boru Hatları	111
3.6.9.3. Su Altı Boru Hatları	112
3.6.10. Demiryolu / Metro İzleme.....	112
3.7. YAPI UYGULAMALARI	114
3.7.1. Su İzleme	114
3.7.2. Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemleri	115
3.7.2.1.BACs	115
3.7.2.2.Ev Otomasyonu	116
3.7.3. İnşaat Yapı Kontrolü	117
3.7.4. Yapısal Sağlık İzleme.....	119
3.7.5. Akıllı Ortam	120
3.7.6. Ofis Binaları Çevre Kontrolü	120
3.8. TRAFİK VE YOL UYGULAMALARI	121
3.8.1. Trafik Sinyal Teknolojisi	122
3.8.2. Akıllı Ulaşım	123
3.8.3. Iris-Net	124
3.8.4. Siemens Sipark PMA.....	124
3.8.5. Sürücü Uyarı Ağı	124
3.8.6. D-Systems Project.....	124
3.9. LOJİSTİK VE TAŞIMA UYGULAMALARI	125
3.9.1. Hedef İzleme	125
3.9.2. Depo İzleme	125
3.9.3. Mağaza Yönetimi	125
3.9.4. Akıllı Depolama	126
3.10.WEB UYGULAMALARI.....	127

3.10.1. The Apache PubScribe.....	127
3.10.2. SensorNet	127
3.10.3. SensorWeb.....	128
3.10.4. SenseWeb	129
3.11. EĞİTİM UYGULAMALARI	130
3.11.1. Akıllı Anaokulu.....	130
3.11.2. Pearl River Projesi	130
3.12. ENERJİ UYGULAMALARI	131
3.12.1. DALI	131
3.12.2. AC Elektrik Direklerinin İzlenmesi.....	131
3.12.3. Akıllı Enerji	131
3.13. DENİZCİLİK UYGULAMALARI	132
3.13.1. DAD	132
3.13.2. NEPTUNE.....	132
3.13.3. GOMaP.....	132
3.14. SU ALTI UYGULAMALARI	133
3.14.1. Su Altı İzleme.....	134
3.15. DİĞER UYGULAMALAR	135
3.15.1. Gerçek Zamanlı Uygulamalar.....	135
3.15.1.1. RTNS	135
3.15.2. Yeraltı Madenciliği.....	136
3.15.3. Etkileşimli Müzeler	136
BÖLÜM 4.....	137
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	137
KAYNAKLAR	139
ÖZGEÇMİŞ.....	147

EKLER.....

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kablosuz sensör ağlar son zamanlarda oldukça gündemde olan ve birçok alanda uygulanabilen yeni bir teknolojidir. Kablosuz sensör ağlar kullanılarak ortamla etkileşimli olarak bilgi toplanabilmekte, bu bilgi kollektif bir şekilde değerlendirilebilmekte ve gerektiğinde bilgiye dayalı olarak ortam üzerinde değişiklikler yapılabilmektedir. Bu bildiride kablosuz sensör ağları tanımlanarak, bazı temel özellikleri üzerinde durulmuş, uygulama alanlarına örnekler verilmiştir.

Donanım ve kablosuz sistemlerdeki gelişmeler düşük maliyetli, düşük güç tüketimli, çok işlevli minyatür algılama aygıtlarının üretilmesine olanak sağlamıştır. Bu aygıtlardan yüzlercesi, binlercesi yardımıyla ad-hoc ağlar oluşturulabilmektedir. Örneğin bu aygıtlar geniş bir coğrafyaya dağıtılarak kablosuz, ad-hoc bir ağ oluşturulmaktadır. Bu dağıtılan ve ağ oluşturan sensörler işbirliği yaparak bir algılama ağ sistemini (Bkz. Şekil 1) oluşturmaktadır. Bir sensör ağı bilgiye her an, her yerden kolayca erişilmesini sağlar. Bu işlevi veriyi toplayarak, işleyerek, çözümleyerek ve yayarak yerine getirir. Böylece ağ, etkin bir şekilde zeki bir ortam oluşmasında rol oynamış olur.

Kablosuz sensör ağlar; geniş bir yelpazede, değişik uygulama alanları için devrimsel algılama özelliği yetenekleri sunmaktadır. Bunun nedeni sensör ağlarının

- Güvenilirlik
- Doğruluk
- Esneklik
- Maliyet verimliliği
- Kurulum kolaylığı özelliklerine sahip olmasıdır.

Tilak vd. [7] zeki sensörlerin ihtiyatlı gözetim sunabileceğini ve makina çökmesi, depremler, seller ve hatta terörist saldırılara yönelik bilgi toplayabileceği, tespit edebileceğini belirtmiştir.

- Sensör ağları
- Bilgi toplama
- Bilgi işleme
- Sivil ve askeri uygulamalar için çeşitli ortamların izlenmesi ve gözlenmesini olanaklı kılar.

Sensörler kolaylıkla kurulmaktadır, çünkü bir altyapıya veya insan müdahalesine gerek yoktur. Algılayarak, hesaplayarak ve ortamda eyleme geçerek görevlerini yaparlar. Kendilerini örgütleyebilir (özörgütlenme) ve farklı uygulamaları desteklemek üzere Uyarlanabilirler. Her sensör düğümü, kablosuz iletişim yeteneğine ve sinyal işleme ile veri yaymaya yetecek zekaya sahiptir. Sınırlı enerji, işlem gücü ve iletişim kaynaklarına sahip olması geniş bir alanda oldukça yüksek sayıda sensör kullanımını gerektirmektedir. Bu büyük sayı kullanımı sensör ağının hareket eden nesnenin gerçek hızı, yönü, boyutu ve diğer özelliklerini, tek bir sensöre göre daha yüksek bir doğrulukta bildirmesini sağlar. Sensör ağlarında çok sayıda sensör düğümü olması tek bir düğümün maliyetinin, toplam ağ maliyeti açısından önemini artırıyor. Akyildiz vd. [4] çalışmalarında, sensör ağının uygulanabilir olması için bir sensör düğümün maliyetinin 1\$'dan az olması gerektiğini belirtmektedir.

Sensör ağlarındaki iletişim, yüksek sayıda çarpışmalara ve ağda tıkanıklıklara sebep

olabilir; bu gecikme süresini arttırabilir ve enerji verimliliğini düşürebilir. Üstelik sensörler tarafından bildirilen yüksek sayıdaki örnekler istenen veri bilgisinin oldukça aşılmasına neden olabilir. Bütün eksikliklik ve zorluklarına rağmen kablosuz sensör ağlar; yukarıda özetlenen özellikleri ve geniş kullanım alanları nedeniyle geleceğin önemli bir parçası olacak gibi gözükmemektedir. Bu bildirinin devamında öncelikle fiziksel sensör düğümü hakkında bilgi verilecek, kablosuz sensör ağlarının mimarisi, işleyici ve iletişimi anlatılacak ve son olarak bazı uygulama alanları aktarılacaktır

1.1.SENSÖR DÜĞÜMÜ

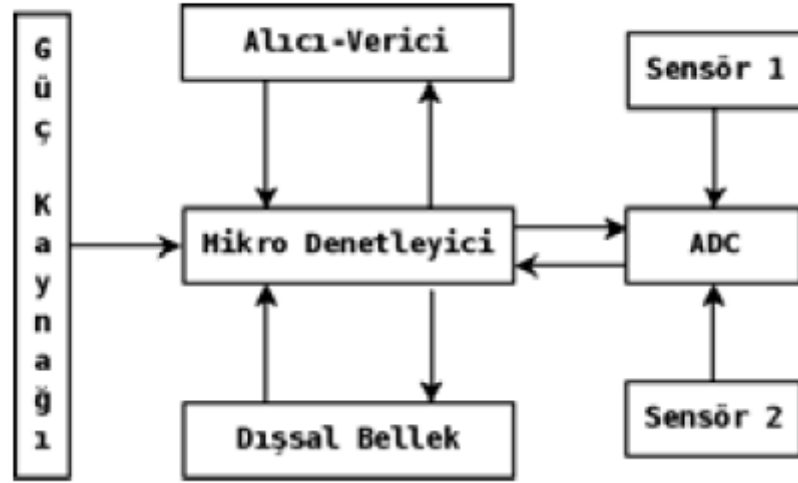


Şekil 1.1: Bir Sensör Düğümü

Sensör düğümü (Bkz. Şekil 1.1), kablosuz sensör ağlarında kullanılan ve hesaplama, algısal bilgi toplama ve ağdaki diğer bağlantılı düğümlerle haberleşme yeteneklerine sahip düğümlerdir. Tipik bir sensör düğümü mimarisi Şekil 3’de görülebilir. Sensör düğümlerinin geliştirilmesinin başlangıcı 1998 yılındaki Smartdust projesine dayanır. Bu projenin amaçlarından biri kübik milimetre içerisinde otonom algılama ve iletişim yaratmaktır. Bu proje erken bitmesine rağmen, bir kaç araştırma projesinin doğmasına neden olmuştur. Bu projeler Berkeley NEST1 ve CENS2 projeleridir. Bu projelerde yer alan araştırmacılar sensör düğümü için mote terimini kullanmaktadır.

1.1.1. Bileşenleri

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



Şekil 1.2 Sensör Mimarisi Düğümü

1.1.1.1. Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyici görevleri yapar, veriyi işler ve sensör düğüm içerisindeki diğer bileşenlerin işlevselliğini denetler. Denetleyici olarak kullanılabilecek diğer alternatifler arasında şunlar sayılabilir: genel amaçlı masaüstü mikro işlemci, sayısal sinyal işlemciler (SSİ), alanı programlanabilir geçit dizileri (FPGA) ve uygulamaya özgü tümleşik devreler. Mikro denetleyiciler sensör düğümü için en uygun seçimdir. Her seçeneğin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Diğer aygıtlara bağlanmadaki esneklikleri, programlanabilir olması, bu aygıtlar uyuma moduna girebildiği ve sadece denetleyicinin bir kısmının etkin olması nedeniyle düşük enerji tüketimi nedeniyle Mikro denetleyiciler gömülü sistemler için en uygun seçimdir. Genel amaçlı mikro işlemciler mikro denetleyicilerden daha fazla enerji harcamaktadır. Sayısal sinyal işlemciler (SSİ) geniş bant kablosuz iletişim için uygundur. Kablosuz sensör ağlarda, kablosuz iletişim yalın olmalıdır. Modülasyonu işlemek daha kolay ve asli olan veri algılanması sinyal işleme görevleri daha az karmaşık olmalıdır. Bu yüzden SSİ'lerin avantajlarının kablosuz sensör ağları açısından fazla bir önemi kalmamaktadır. FPGA'lar gereksinimlere göre tekrar programlanabilir ve yapılandırılabilirler. Ancak bu zaman ve enerji tüketimine yol açar, bu nedenle FPGA'lar tavsiye edilmemektedir. Uygulamaya özgü tümleşik devreler belirli bir uygulama için tasarlanmış, uzmanlaşmış işlemcilerdir. ASIC'ler işlevselliği donanım olarak sunarken, mikro denetleyiciler yazılımsal olarak sağlarlar.

1.1.1.2. Alıcı-Verici

Sensör düğümleri ISM bandını kullanır. Bu band sayesinde geniş dalga kuşağında ve global elverişlilikte özgür radyo yayını sağlanmış olur. Kablosuz iletim ortamlarında tercihler radyo frekansı, optik iletişim (lazer) ve kızılötesidir. Lazer daha az enerji gerektirir, ancak iletişim için görüş alanı gerektirir ve atmosferik koşullara duyarlıdır. Kızılötesi lazer gibidir, anten gerektirmez ancak yayım kapasitesi olarak sınırlıdır. Radyo frekansı (RF) tabanlı iletişim çoğu WSN uygulaması için uygun olan iletişim şeklidir. WSN'ler 433 MHz ve 2.4 GHz arasındaki iletişim frekanslarını kullanırlar. Alıcı ve vericinin işlevselliği alıcı-verici adı verilen tek bir aygıt içerisinde birleştirilmiştir. Alıcı-vericiler tekil belirteçten yoksundur.

İşlemsel durumlar İletme (Transmit), Alma (Receive), Boş (Idle) ve Uyku (Sleep)'dur. Bugünkü nesil radyolar bu işlemi otomatik olarak gerçekleştiren gömülü durum makinelerine sahiptir. Alıcı-vericideki radyolar yukarıda belirtilen dört farklı modta çalışmaktadır. Boş modda çalışan radyoların güç tüketimi neredeyse Alma modundaki enerji tüketimine eşittir. Bu yüzden alma veya iletme işlemi yapmayan radyoları boş moda almak yerine kapatmak en iyi çözümdür. Ayrıca paket iletimi için Uyku modundan İletme moduna geçerken önemli miktarda enerji tüketimi olmaktadır.

1.1.1.3.Dışsal Bellek

Enerji bakış açısından yaklaşıldığında, en uygun bellek çeşitleri mikro denetleyici çipi üzerindeki bellek ve FLASH belleklerdir. Çip dışı RAM'ler seyrek veya hiç kullanılmamaktadır. FLASH bellekler maliyeti ve depolama kapasitesi nedeniyle kullanılmaktadır. Bellek gereksinimleri yüksek oranda uygulama bağımlıdır. Depolamanın türüne göre iki farklı bellek kategorisinden bahsedilebilir:

- a) Uygulamayla ilgili veya kişisel bilgileri saklamak için kullanılan Kullanıcı belleği,
- b)Aygıtın programlanması için kullanılan Program belleği, bu bellek ayrıca eğer varsa aygıtın tanımlayıcı verisini içerebilir.

1.1.1.4. Güç Kaynağı

Sensör düğümündeki enerji tüketimi algılama, iletişim ve veri işleme nedeniyle olmaktadır. Sensör düğümünde veri iletişimi için daha fazla enerji gerekmektedir. Algılama ve veri işleme için enerji tüketimi daha azdır. 1 Kb veriyi 100 metrelik bir uzaklığa iletmek için gereken enerji, yaklaşık olarak saniyede 100 milyon komut işleyen bir işlemcide 3 milyon komut işlemek için gereken enerjiye eşittir. Enerji pil veya kapasitörler içerisinde saklanmaktadır. Piller sensör düğümlerinin enerji ihtiyaçlarının temel kaynağıdır. Şarj edilebilir ve şarj edilemez olmak üzere iki tip pil kullanılmaktadır. Ayrıca piller içerisinde kullanılan elektromekanik malzemeye göre de sınıflandırılabilir (NiCd - Nikel Kadmiyum, NiZn - Nikel Çinko, Nimh - Nikel Metal hidrid, Lityum-İyon). Günümüzdeki sensörler yenilenebilir

enerji kaynaklarını da (güneş enerjisi, ısı enerjisi, titreşim enerjisi vb.) kullanabilecek şekilde geliştirilmektedir. Kullanılan en önemli iki güç koruma politikası Devingen Güç Yönetimi (Dynamic Power Management DPM) ve Devingen Voltaj Ölçeklendirme (Dynamic Voltage Scaling - DVS)'dir. DPM kullanılmayan veya etkin olmayan parçaları kapatma görevini gerçekleştirir, DVS yaklaşımı determinist olmayan iş yüküne bağlı olarak güç seviyeleri arasında geçişler yaparak çalışır. Voltajı frekans ile birlikte değiştirerek güç tüketiminde kuadratik azalmalar sağlamak mümkündür.

1.1.1.5.Sensörler

Sensörler sıcaklık, basınç gibi fiziksel durumlardaki değişimlere ölçülebilir tepkiler üretebilen donanım aygıtlarıdır. Sensörler gözlemlenecek alanın fiziksel verisini ölçer veya algırlar. Sensörler tarafından algılanan sürekli analog sinyaller "Analog-to-Digital" çeviriciler yardımıyla sayısallaştırılarak denetleyicilere daha fazla işlem için gönderilir. Sensör düğümleri küçük boyutlarda, düşük enerji tüketimli, yüksek hacimsel yoğunluklarda çalışabilen, otonom ve gözetimsiz çalışan, ortama uyum sağlayabilen özelliklere sahip

olmalıdır. Kablosuz sensör düğümleri sadece sınırlı güç kaynağına sahip (0.5 Ah ve 1.2 V gibi) mikro elektronik sensör aygıtlarını kullanabilir. Sensörler üç kategori şeklinde sınıflandırılmaktadır. Pasif, her yöne açık (yönsüz) sensörler: Pasif sensörler ortamı aktif araştırma ile değiştirmeden verileri toplayan sensörlerdir. Kendi enerjilerine sahiptir, enerji analog sinyali yükseltmek için gereklidir. Bu ölçümlerde “yön” şeklinde bir kavram yoktur. Pasif, dar ışınlı sensörler: Bu sensörler pasiftir ancak iyi tanımlanmış ölçüm yönü kavramına sahiptir. Tipik bir örnek olarak kamera verilebilir.

Aktif sensörler: Bu gruptaki sensörler ortamı aktif olarak araştırırlar, örnek olarak sonar veya radar sensörleri veya küçük patlamalarla şok dalgaları üreterek çalışan bazı sismik sensör

tipleri verilebilir. Kablosuz Sensör ağlarındaki kapsayıcı teorik çalışmalar Pasif, yönsüz sensörleri kastetmektedir. Her sensör düğümü belirli bir kapsama alanına sahiptir. Bu kapsama alanındaki gözlemlerini güvenilir ve doğru bir şekilde raporlayabilir. Kapsama alanını arttırmaya ve sensörlerin dizilimini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır [9]. Sensörlerdeki güç tüketim kaynakları olarak;

- a) Sinyal örnekleme ve fiziksel sinyalleri elektrik sinyallerine çevirme,
- b) Sinyal iyileştirme ve analog’tan sayısal çevirme sayılabilir.

Sensör düğümlerinin birbirleriyle haberleşebilmesi için kullanılabilecek farklı iletişim yöntemleri

vardır. Bu yöntemler optik iletişim (laser), kızıl berisi (IR) ve radyo frekansdır (RF). Laser iletişim görüş alanı gereksinimi, atmosfer koşullarından etkilenme ve tek yönlü olması nedeniyle tercih edilen bir yöntem değildir. Kızıl berisi iletişim ise yine tek yönlü olması ve kısa erimi dolayısıyla tercih edilmez. Elektromanyetik dalgalar şeklinde yapılan iletişim yöntemidir. En önemli problemi anten gereksinimidir. İletimin ve alımın eniyilenmesi için minimum bir anten uzunluğuna ihtiyaç vardır. Bu uzunluk en az $\lambda/4$ (λ taşıma frekansının dalgaboyudur) olmalıdır. RF iletişimin avantajları kullanım kolaylığı, bütünlük, ticari olarak yaygın kullanımıdır. Dikkat edilmesi gereken bir başka unsur, güç tüketimini azaltmak için modülasyon, filtreleme, demodülasyon, vb. işlemlerin yapılması gerekliliğidir.

1.2. SENSÖR AĞLARININ MİMARİSİ, İŞLEYİŞ VE İLETİŞİM

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

- Sensör ağlarının topolojisi çok sık değişir.
- Sensörler noktadan noktaya iletişime dayanan ağlarda yayım iletişim paradigmasını kullanır.
- Sensörler çok kısıtlı güç, hesaplama yeteneği ve hafızaya sahiptir
- Sensörler bozulmaya yatkındır.
- Sensörler çok fazla yükten dolayı genel kimlik (ID) sahibi olmayabilir
- Sensörler çok fazla sayılarda kurulur, bu nedenle kalabalıktan kaynaklanan tıkanma ve çarpışmalar olabilir. Önlemek için birbirine yakın sensörler eşzamanlı iletişim yapmamalıdır.

- Ad-hoc yerleştirilmiş sistemin, sonuç dağıtım ve düğümlerin bağlantılılığını (connectivity) tanımlaması ve sağlaması gerekir.
- Devingen ortam durumları, sistemin zamanla bağlantılılık ve sistem uyarımını uyarlamasını gerekli kılar.

1.2.1. Gereksinimler

Sensör ağı gereksinimleri aşağıdakileri içerir:

Fazla sayıda sensör: Ucuz, küçük boyutlu sensörler kullanılarak sensör ağları binlerce sensör düğümü içerebilir. Ölçeklenebilirlik ve bu yüksek sayıdaki sensörü yönetmek önemli bir sorundur.

Kümeleme (clustering) bu probleme çözümlerden biridir. Kümelemede, komşu düğümler bir küme oluşturmak üzere birleştiriliyor ve bir küme başı, bu kümeyi yönetmek için seçiliyor.

Düşük enerji kullanımı: Çoğu uygulamada, sensör düğümleri çok uzak bir yere kurulmaktadır.

Bu yüzden, düğümlerin bakımının oldukça zor olduğu durumlar ortaya çıkmaktadır. Düğümün ömrü, üzerindeki pilin ömrüyle belirleniyor, böylece minimal düzeyde enerji tüketilerek pilin en verimli şekilde kullanılması gerekiyor. Çok sayıda sensör pilini doldurmak pahalı ve zaman alan bir görev olabilir.

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

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

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

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

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

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

1.2.2. Kablosuz Sensör Ağlarının Mobil Ad-hoc Ağlara göre Avantajları

Geleneksel kablosuz ad-hoc ağlar için bir çok algoritma ve protokol önerilmiş olsa da, bu algoritma ve protokollar sensör ağlarının eşsiz özellik ve uygulama gereksinimlerine uymamaktadır.

Sensör ağları hatalara eğilimli ve genel kimliğe sahip olmayabilir ancak yine de geleneksel kablosuz ad-hoc ağlara göre bazı avantajlara sahiptir:

- Binlerce sensörün dağıtılmasıyla çok geniş alanların kapsanmasına olanak sağlarlar
- Ağ oluşturmuş olan sensörler, bir sensörün hatası durumunda da doğru bir şekilde çalışmaya devam ederler. Böylece, yüksek seviyeli artıklık (“redundancy”) geniş ölçüde *hata toleransı* sağlamış olurlar
- Kablosuz sensör ağlar ayrıca sink düğümlerinin başka ağlara (İnternet, Geniş Alan Ağları, vb.) bağlantı sağlamasıyla uzaktan erişim olanağını artırırlar.
- Ayırık fenomenini (“discrete phenomenon”) yerleştirerek güç tüketimini azaltabilirler
- İnsan müdahalesini ve yönetimini azaltabilirler
- Gözetimsiz, erişimi zor bölgelere ortamlarda çalışabilirler
- Değişen ağ durumlarına devingen olarak tepki gösterebilirler

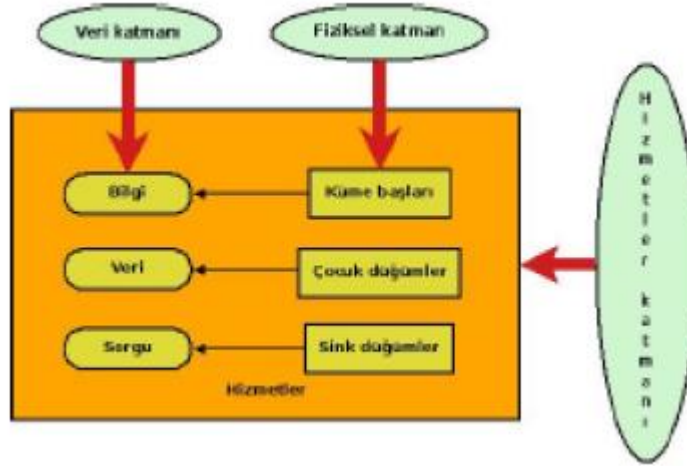
1.2.3. Ad Hoc Sensör Ağları Nasıl Çalışır?

Ad hoc sensör ağı, merkezi bir yönetim veya destek hizmetlerinin yardımı olmadan geçici bir ağ oluşturan sensör düğümleri kümesidir. Başka bir söyleşiyle ana istasyonlar gibi sabit bir altyapının olmadığı ağlardır. Genel olarak, sensör düğümleri kablosuz radyo frekans (RF) alıcı-vericilerini ağ arabirimi olarak kullanarak, birbirleriyle iletişimi multi hop kablosuz bağlantılar şeklinde gerçekleştirirler. Ağdaki her sensör düğümü ayrıca yönlendirici (“router”) şeklinde davranarak

veri paketlerinin komşu düğümler arasında iletilmesini sağlar. Ad hoc ağlar topolojideki sık değişimlerle ilgilenmek zorundadır. Bu sensörlerin hataya eğilimli olmasından ve çöken düğümlerin yerini tutmak veya ilgilenen alanı genişletmek için yeni sensör düğümlerinin ağına katılmasından dolayı gereklidir. Bu özelliklerden dolayı ad hoc sensör ağının tasarımındaki temel zorluk özörgütlenebilen sensör ağlarının ve haberleşen iki düğüm arasındaki yolu verimli bir şekilde belirleyen devingen yönlendirme (“routing”) iletişim kurallarının (protokoller) geliştirilmesidir. Ufak sensörler düşük enerji tüketimiyle daha kapsamlı bir algılama işini sağlamak için aralarındaki koordinasyonu gerçekleştirmeleri, kümeler (“cluster”) halinde çalışmalarıyla mümkündür. Her bir küme sensörlerin yönetimi için kendisine bir küme başı (“cluster head”) atar.

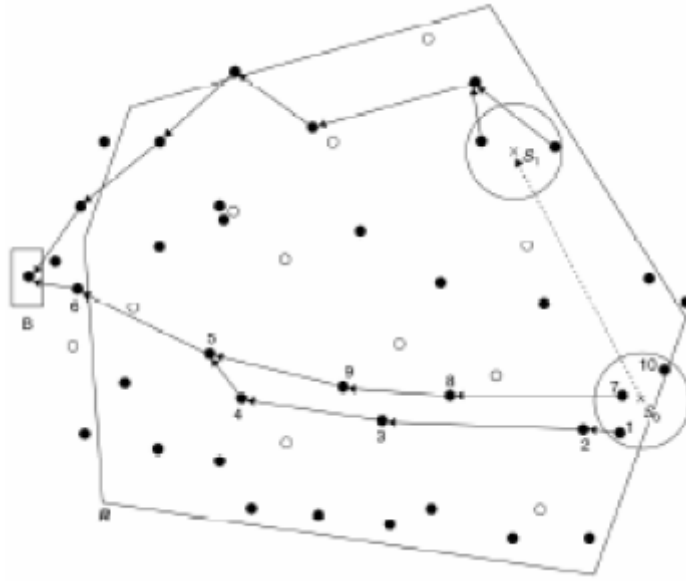
Küme başlarının avantajları;

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



Şekil 1.3 Sensör Ağı Mimarisi

Şekil 1.3'te bir sensör ağına genel mimarisi görülmektedir. Şekilden inceleneceği gibi, üç katman vardır: hizmet katmanı, veri katmanı ve fiziksel katman. Hizmetler yönlendirme iletişim kuralları, veri toplama ve veri yayma hizmetlerini (bunlarla sınırlı değildir) içerir. Fiziksel katman fiziksel düğümlerden oluşur. Bu düğümler sinkler, çocuk düğümler, küme başları ve ebeveyn düğümlerdir. Ebeveyn düğümler iki veya daha fazla küme başına bağlanan düğümlerdir. Tüm mesajlar veri katmanında neredeyse modellenmiştir. Sink düğümleri ya tüm sensör ağına veya kullanılan sorgunun tipine bağlı olarak sadece belli bir bölgeye sorgu yayınlarlar (“broadcast”). Sensör düğümleri bir algılamada bulunduğunda (nesne algılama, sıcaklık titreşim konum değişimleri, vb.) bu algılama sonucu elde ettikleri veriyi komşu sensör düğümlerine yayınlarlar. Her bir sensör (çocuk) en az bir küme başına bağlandığı için, küme başları bu veriyi alırlar. Küme başlarının görevi görevi bu veriyi işlemek ve birleştirmek, sonra komşu düğümlere yayınlama yoluyla sink düğüme aktarmaktır. Küme başları çocuk düğümlerden bir çok veri paketi aldığı için verileri süzmeli, işlemeli ve bilgi haline getirmelidir. Sensör uygulamalarında sensör düğümlerindeki bellek, pil ve işlem gücü gibi donanımsal sınırlamalar, hedeflenen alana oldukça fazla sayıda sensör düğümünün konuşlandırılmasıyla karşılaşılır. Bu sensör düğümleri bir büyük kablosuz ad hoc ağ şeklinde işleri işbirliği içerisinde gerçekleştirirler. Düğümler arasındaki mesafelerin kısa olması, her düğümün iletim çapını düşürerek güç korunmasına da yardımcı olur.



Şekil 1.4 Veri Toplayan Bir Sensör Ağı

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

1.2.4. Sensör Ağlarında Veri Birleştirme ve Yayma

Sensör ağlarının adres merkezli olması yerine veri merkezli olması gerekir. Sensör ağlarının temel fikri çok ucuz ve basit sensör düğümlerinin tasarlanmasıdır. Bu şekilde sensör uygulamaları binlerce atılabilir düğümler herhangi bir yük oluşturmada kullanılabilir. Her bir düğüme tekil bir adres vermek, özellikle sensör ağ uygulamasında binlerce düğüm kullanıldığında oldukça masraflı bir iştir. Tek bir sensör düğümünün sınırlı bellek ve işlem gücünden ziyade bizi ilgilendiren sensör gruplarıdır. nolu düğümden nesnenin algılanmasını yapabilir.

Veri merkezli uygulamalar, sensörler tarafından üretilen verilere odaklanmıştır. Bu yüzden sensör #46'ya bir sorgu göndermek yerine, sorgu üzerine GPS (Küresel konumlandırma sistemi) yerleştirilmiş sensör yardımıyla konumu bilinen #6 nolu bölgeye gönderilmektedir. GPS kullanımının arkasındaki ana fikir, veri yayılımı açısından önemli olan sensörlerin konumunu kolayca belirlemektir. Böylece GPS gömülmüş sensörler yardımıyla konumları bilinen belli bir alana gönderilebilmektedir. (Maalesef gömülü GPS sensör düğümleri görüş açıları engellediğinde yanıltıcı olabilmektedir, ayrıca GPS tam konumu değil belli bir konum aralığını verir. Bu yüzden birbirine yakın düğümler aynı GPS değerini üretecektir.)

Birleştirme ("Aggregation"): Bazı sensör düğümleri komşularından aldığı verileri birleştirmekle yükümlüdür. Birleştirici düğümler sink düğümlerine bilgi halinde

gönderebilmek için veriyi süzebilir, işleyebilir ve saklayabilir. Birleştirme işlemi aşağıdaki nedenlerden dolayı faydalıdır:

- Bilgi döngüsünü arttırmak
- Doğruluk düzeyini arttırmak
- Çöken sensör düğümlerini karşılamak için veri artıklığı (“redundancy”)

Yayma (“Dissemination”): Sensörler tarafından üretilen veri, hedefine ulaşmak için bir çok ara düğüm üzerinden geçmelidir. Ara düğümler çöktüğü zaman gelen mesajların iletilmesinde

sorunlar oluşmaktadır. Diğer sorunlar aşağıda listelenmiştir:

- Yönlendirme iletişim kuralları en kısa yolu bulmalıdır.
- Artıklık: Bir sensör aynı veri paketini birden fazla alabilir. Sensör ağlarında veri yayma için iki senaryo vardır: sorgu güdümlü ve sürekli güncelleme. Her senaryo belirli tipteki sensör uygulamalarına uygulanabilmektedir. Birinci yöntem bire-bir ilişki olarak kullanılmaktadır, sink bir sorgu yayınlayarak sensör düğümlerinden bu sorgusuna yönelik raporlanan yanıtları alır. Örneğin sink bir nesnenin (düşman tankı veya bir hayvan) ilk defa görünüp görünmediğine dair sorguda bulunabilir. İkinci senaryo bire-çok ilişki örneğidir. Sink düğümü bir sorgu gönderir ve sorgusuna yönelik sürekli güncellemeler alır. Örneğin sink hareketli bir nesnenin doğrultusunu sorgulayabilir. Sensör düğümleri bu sorgu sonucunda hareket eden nesnenin yeni konumunu sürekli olarak raporlarlar. Sürekli güncellemeye dayanan veri yayma senaryosu yüksek oranda enerji tüketimine neden olmaktadır, ancak sorgu güdümlü yöntemine göre daha güvenilir ve doğrudur. Bunun nedeni daha fazla sensörün sorgu raporlamada yer almasıdır. Örnek olarak sensör düğümlerinin bir park alanı ağında tek tek adreslenebildiğini düşünelim. Bu şekilde tüm boş park alanlarının belirlenmesi kolaylaşacaktır. Başka bir örnek ise bir uçakta her yolcunun koltuğunun üstüne herhangi bir yolcunun beklenmeyen hareketini belirleyen sensörler yerleştirmektir. Herhangi bir tehlike durumunda sensör ağı uçağın kontrolünü almak üzere işbirliğine gidebilir (Örneğin ışıkları kapatmak, pilotun kokpit kapısını kapatmak gibi). Bu sensörlerin kullanılmasındaki en önemli avantaj herhangi bir hareket durumunda bağlantılılığı korumasıdır. Bu sensörler oldukça küçük olabildiği için yanlışlıkla yerlerinin değiştirilmesi oldukça olasıdır. Bu yüzden sensör ağları, bazı sensörler yerlerinden oynasa bile bağlantılılığı sağlamak zorundadır. Örneğin bu sensörler bir ormanda bulunabilir ve her türlü hareket ettirilmeye karşı savunmasız olabilir (Örneğin insan, hayvan, böcek, yağmur, rüzgar vb.).

1.2.5. Sıradüzensel Sensör Ağlar

Sıradüzensel sensör ağları (Bkz. Şekil 1.5), askeri sıradüzenini model alan ve bu modele göre çalışmasının biçimlendiren bir yapıdır. Bir taktiksel askeri ağ yapısı incelenerek bu sıradüzensel sensör ağlarının benzer yapısı anlaşılabilir.

BÖLÜM 2

2.1 . KABLOSUZ ALGILAYICI DÜĞÜMLERİNİN GELİŞİMİ

2.1.1. 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

Şekil 2.1. Rockwell Bilim Merkezi WINS Düğümü

2.1.2. 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 μ W 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

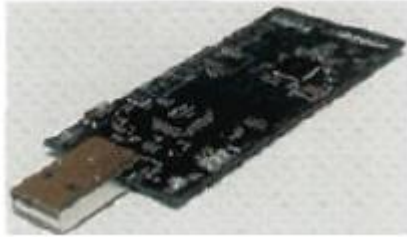
RFM TR1000 ile neredeyse WeC ile aynı güç tüketim değerleriyle 40Kbps kablosuz veri iletişimine olanak tanımaktaydı. Mote mimarisi, birden fazla değişik türevde algılayıcı, veri erişim kartı veya ağ ara yüz kartı monte edilmesine izin veriyordu [Yu ve Prasanna, 2006].



a) WeC



b) Mica Ailesi



c) Telos



d) Spec

Prototip

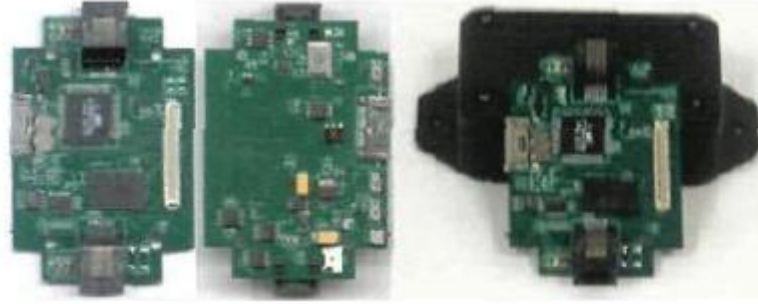
Şekil 2.2. Berkeley'den MOTES Düğümleri

Mica'yı takip eden süreçte 2002 yılında Mica2 ve Mica2Dot düğümleri, 33mW aktif ve 75 μ W pasif güç tüketimine sahip, ATmega128L mikrodeneleyicisi 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, 15 μ W 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].

2.1.3. 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].

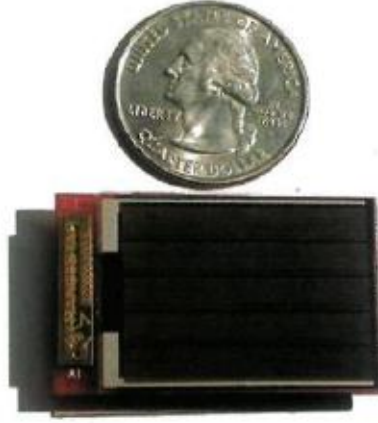


Şekil 2.3 UCLA'dan Medusa Düğümü

İki adet mikrodenetleyici içermesi Medusa MK-2'nin ayırt edici özelliğidir. ATmega128 mikrodenetleyicisi düşük işlem kapasitesi gerektiren, radyo bandı işleme ve algılayıcı örnekleme 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].

2.1.4. 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].



Şekil 2.4. Berkeley'den PicoBeacon Düğümü

2.1.4. μ AMPS - 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-üç tek başına koruma düğüm, orta-üç algılayıcı ağlar için tamamen işlevsel bir düğüm ya da daha güçlü-üç 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 μ AMPS-1 Düğümü Şekil 2.5’de gösterilmiştir [Yu ve Prasanna, 2006].



Şekil 2.5. MIT μ AMPS-1 Düğümü

2.2.1. IEEE 802.15.4/Zigbee Kablosuz Algılayıcı Ağ İletişim 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

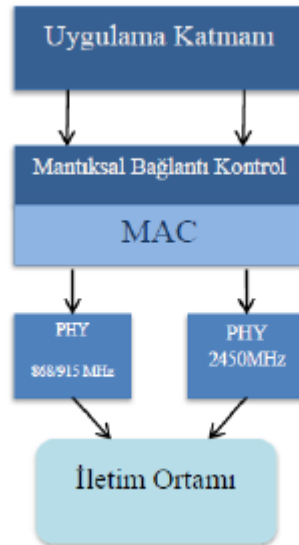
Tablo 2.1. IEEE 802.15.4 Radyo Frekansları Ve Veri Aktarım Hızları

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

2.2.1.1.IEEE 802.15.4/ZigBee Mimarisi

ZigBee; IEEE'nin Wi-Fi, Bluetooth gibi diğer kablosuz standartların mimarisine benzer bir mimariye sahiptir [Rackley, 2007]. Resim 2.6'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].



Resim 2.6. ZigBee Mimarisi

Tablo 2.2.'de kişisel alan ağlarında yaygın olarak kullanılan Bluetooth modeli ile ZigBee'nin karşılaştırılması yapılmıştır (Karasulu, vd, 2009).

Tablo 2.2. 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 isimindeki çerçeveleri iletir.
- Ağda bulunan düğümleri düzenler
- Ağda düğüm bilgilerini depolar
- Eşleşmiş düğümler arasındaki mesajları yönetir.
- Tipik alıcı konumunda işlem yapar

2.2.2. 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 teknolojinin 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 tanınması

Tablo 2.3. 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)

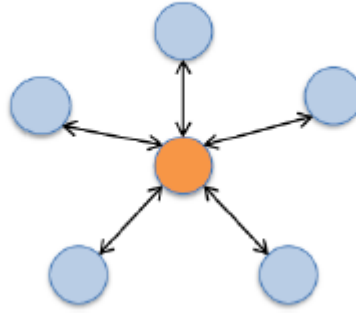
2.2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARIN MİMARİSİ

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].

2.3.1. 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].

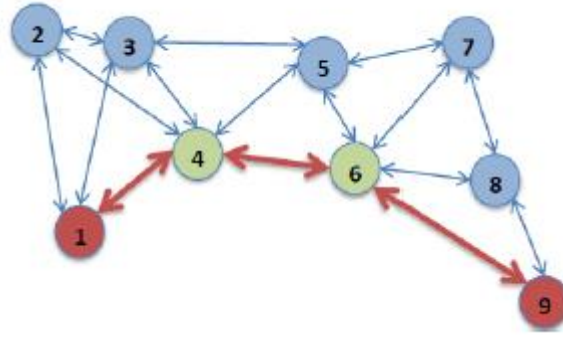
Bu bağlantı türünün kablosuz algılayıcı ağları için avantajı; düğümlerin güç tüketimlerini basit bir şekilde kontrol altında tutabilmesidir. Ayrıca merkez istasyon ile düğüm arasındaki veri aktarım gecikmesi de oldukça düşüktür. Olumsuz yanı ise bütün düğümlerin merkez istasyonunun kapsama alanı içerisinde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



Şekil 2.7. Yıldız Ağ

2.3.2. 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].

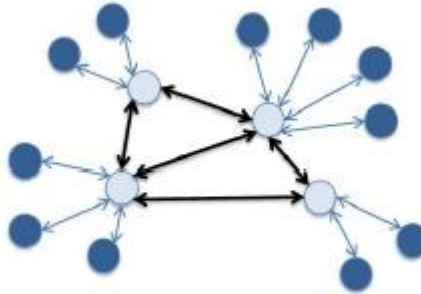


Şekil 2.8. Mesh Ağı

Şekil 2.8’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]

2.3.3. 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 2.9. Yıldız - Mesh Hibrid Ağı

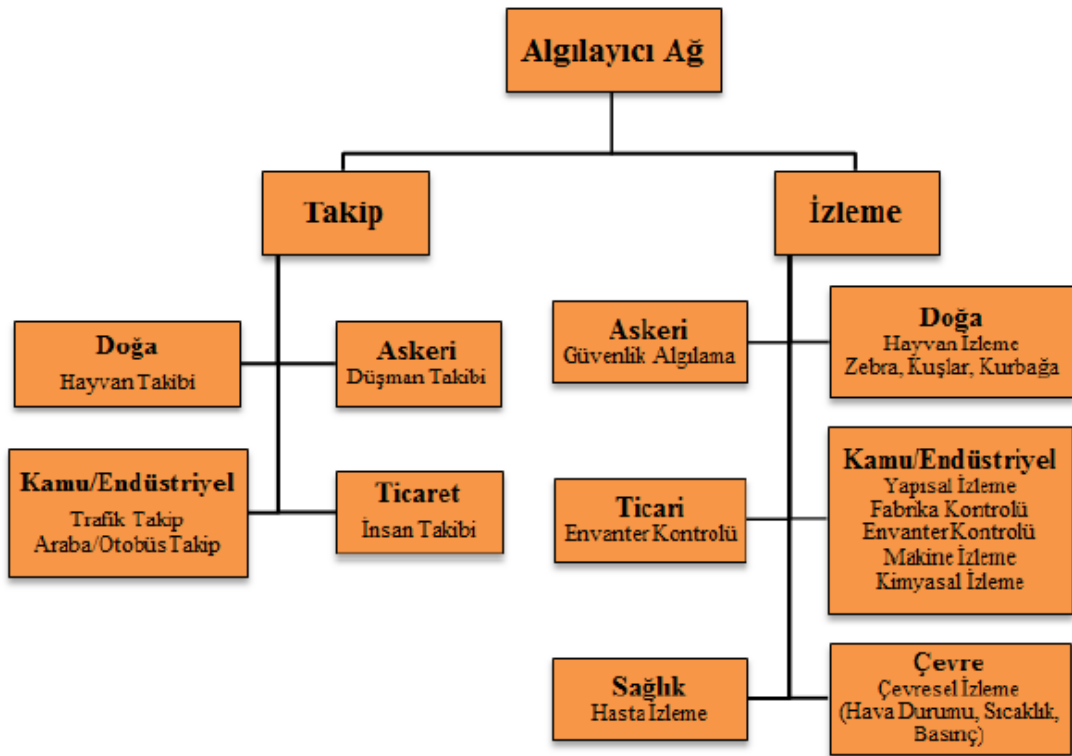
Bu ağ topolojisinde düşük güçlü düğümlerin kendi veri aktarımı dışında diğer düğümlerin kendi üzerinden bağlantı kurmasına izin verilmez. Doğrudan yüksek güçlü diğer bir düğüm üzerinden erişmek istedikleri düğüm ile bağlantı kurarlar. Bu yöntem ile geniş bir alanda kurulan kablosuz algılayıcı ağında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

BÖLÜM 3

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 3.1’de gösterilmiştir [Yick, vd, 2008];



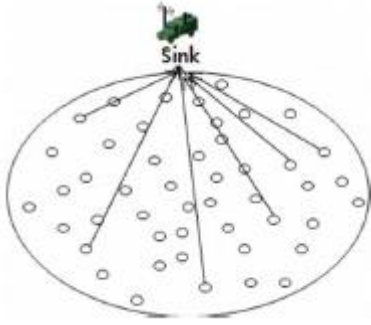
Şekil 3.1. Algılayıcı Uygulamalarına Genel Bir Bakış

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.

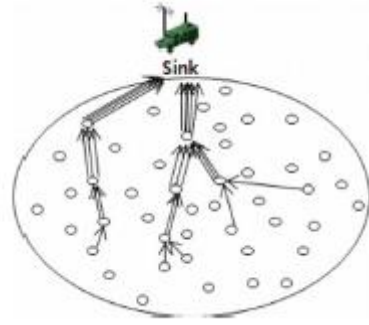
Bu sıralamaya göre;

1. Askeri Uygulamalar
2. Sağlık Uygulamaları

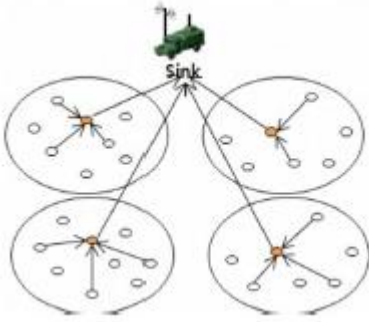
3. Çevre İzleme Uygulamaları
4. Habitat İzleme Uygulamaları
5. Tarım Uygulamaları
6. Endüstri Uygulamaları
7. Yapı Uygulamaları
8. Trafik Ve Yol Uygulamaları
9. Lojistik Ve Taşıma Uygulamaları
10. Web Uygulamaları
11. Eğitim Uygulamaları
12. Enerji Uygulamaları
13. Denizcilik Uygulamaları
14. Su Altı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



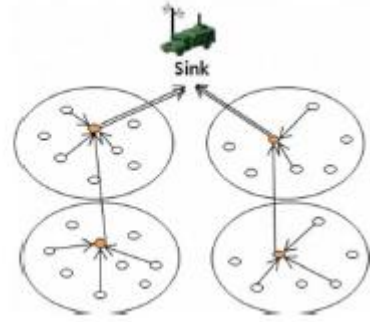
(a) Tekli düz tabanlı



(b) Çoklu düz tabanlı



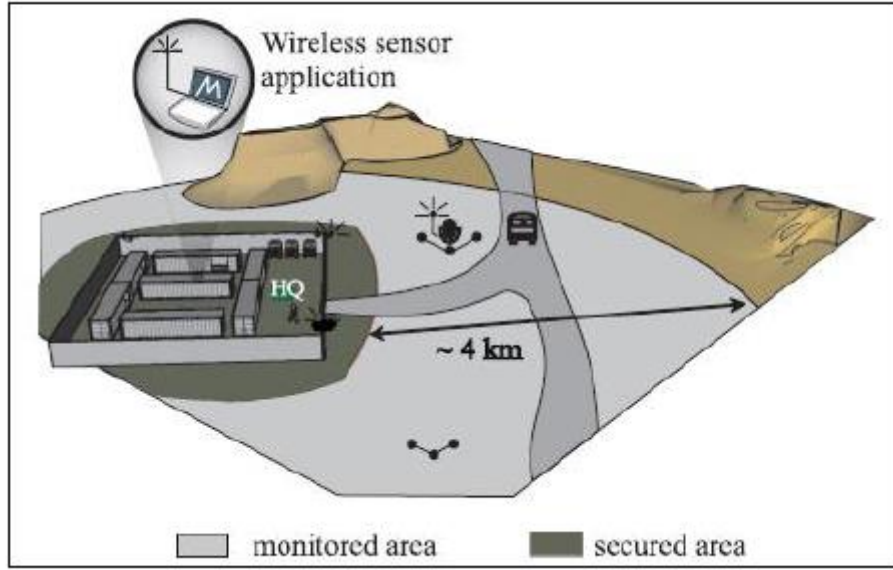
(c) Tekli kümeleme tabanlı



(d) Çoklu kümeleme tabanlı

Şekil 3.3. Kümeleme ve Birleştirme İle Algılayıcı Ağ Mimarisi

3.1.2. Örnek Bir Uygulama



Şekil 3.4. Temel Koruma Desteği Kablosuz Algılayıcılar

Şekil 3.4’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 kullanılabilir [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.

3.1.3. 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].

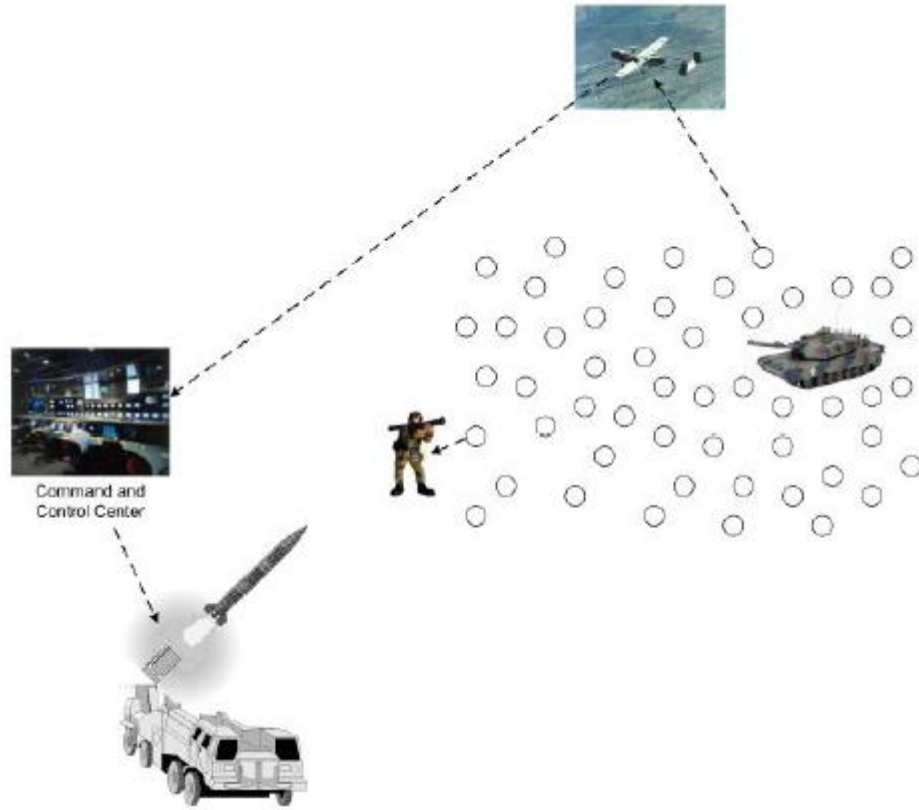
1980'li ve 1990'lı yıllarda geliştirilen ve dağıtılan askeri uygulamalar : Buradaki ürünler ilk nesil ticari ürünler olarak ortaya çıkmaktadır. DARPA, DSN araştırma ve gelişmiş testler tarafından oluşturulan sonuçlara dayanarak askeri planlamacıları ağ merkezli savaşın önemli bir bileşeni olarak algılayıcı 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].

3.1.3.1. 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 3.5. 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 vatani 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].

3.1.3.2. 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].

3.1.3.3. 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].

3.1.3.4. 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 algılayıcı 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].

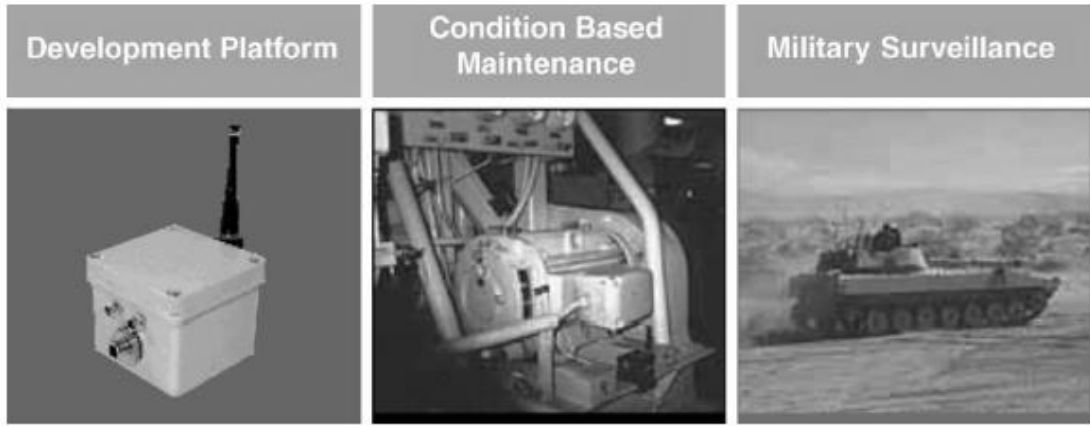
3.1.4. Askeri Uygulama Projeleri Kullanım Amaçları

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;

3.1.4.1. 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].



Şekil 3.6. Askeri Örnekler (Rockwell Scientific).

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

3.1.4.3. Savaş Alanı İzlenmesi

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

3.1.4.4. 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].

3.1.4.5. 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].

3.1.4.6. Uzaktan Algılama

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

3.1.5. Askeri Uygulama Projeleri

3.1.5.1. 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].

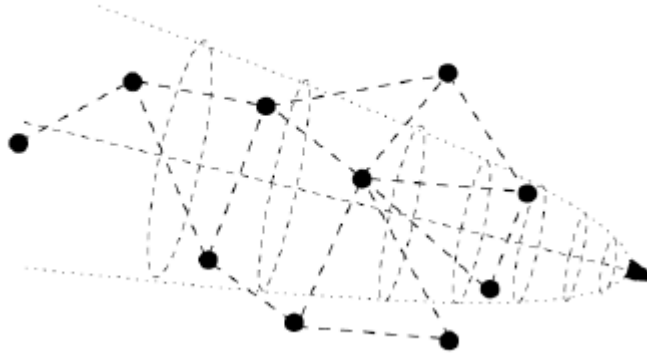
Ortaya çıkan algılayıcı düğümü, iki çipli 100 milimetreküp prototipte: bir optik alıcı, şarj pompası, basit bir dijital kumanda ile bir CMOS ASIC ve bir köşe MEMS köşe veri dizisidir. Bu proje The Creation Of Dust Networks Inc. Tarafından ticarileştirilmiştir. Buna göre savaş, antlaşma izleme, ulaşım izleme ve karadan karaya füze sistemi izleme gibi uygulamalarda bu platform kullanılmaya başlanmıştır. Diğer ticari uygulamalarda da kullanılabilmektedir. 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 envanter kontrolü, her ögenin palet, kamyon, depo ve internet iletişimini kurabilir kablosuz algılayıcı düğümü ile donatılmış bir parçası olarak kullanılabilir. Etnin sıcaklık, nem üretimi, ürün kalitesi izleme için kullanımı ve süt ürünlerinin takibini yapabilir [Akyildiz ve Vuran, 2010].

3.1.5.2. 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, Şekil 3.7'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 göreceli konumunu tahmin etmek için işlenir. Sistem, araca monte edilmiş algılayıcılar ile atış yapanın hareket bilgisini bile tespit edebilmektedir [Akyildiz ve Vuran, 2010].



Şekil 3.7. Boomerang Sniper Algılama Sistemi



Şekil 3.8 Dağıtılmış Keskin Nişancı Algılama Sistemi

Bu tarz çok yönlü ses algılama sistemleri için Şekil 3.8’de 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].

3.1.5.3. 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

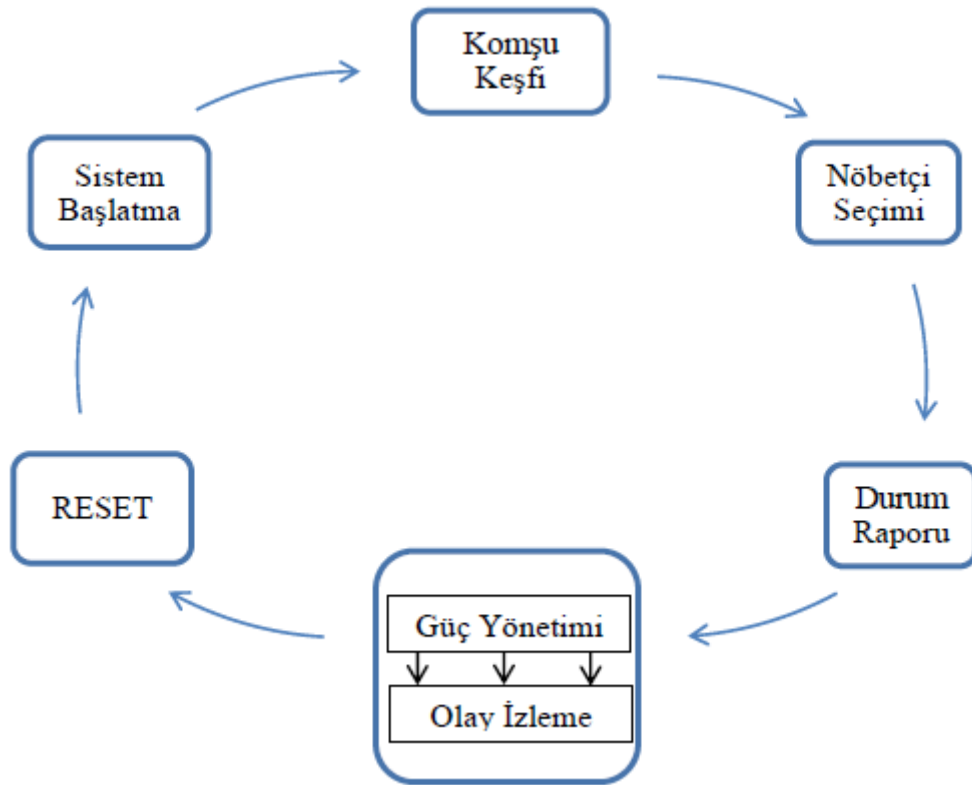
algılayıcı son derece hassas bir yakın kızılötesi (NIR) algılayıcı ve küçük boyutlu (<8 inç küp) özel bir yerleşik görüntü işleyen elektronik ünite, düşük maliyetli (yaklaşık \$ 1,500), hafif (<5 lb) ve büyütme/küçültme yeteneği ve benzersiz optik yapısı olan cihazdır [Hussain, vd, 2009].

3.1.5.4. 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 3.9'da gösterildiği gibi VigilNet sistemi döngülerden oluşmaktadır [He, vd, 2006].



Şekil 3.9. VigilNet Çalışma Evreleri

3.1.5.5. Askeri Operasyonlar İçin 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;

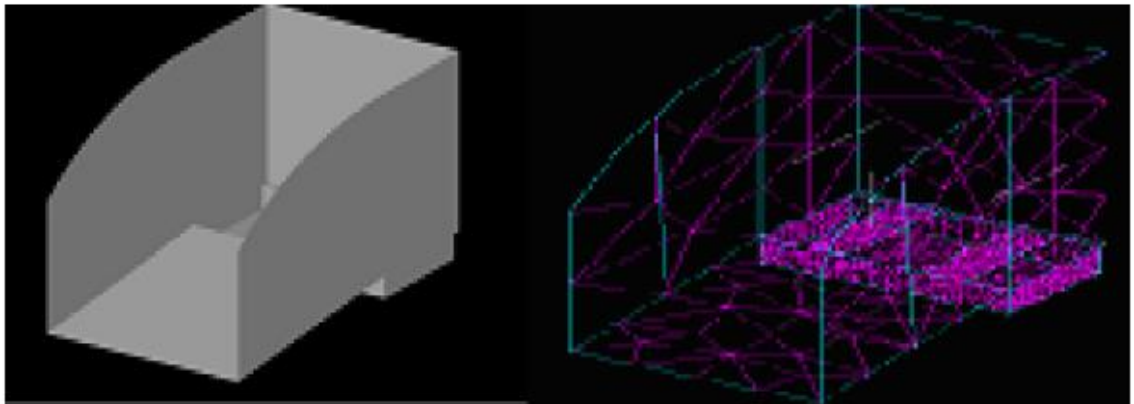
Temel şehir içi sürüş: Basit banliyö yollarda sürüş, insan, yol kavşak, trafik sinyalleri, dur işaretleri tespit etmek;

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].

3.1.5.6. Ayakkabı tarayıcı

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



Şekil 3.10. 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].

3.1.5.7. 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, katılsız 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].

3.1.5.8. 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].

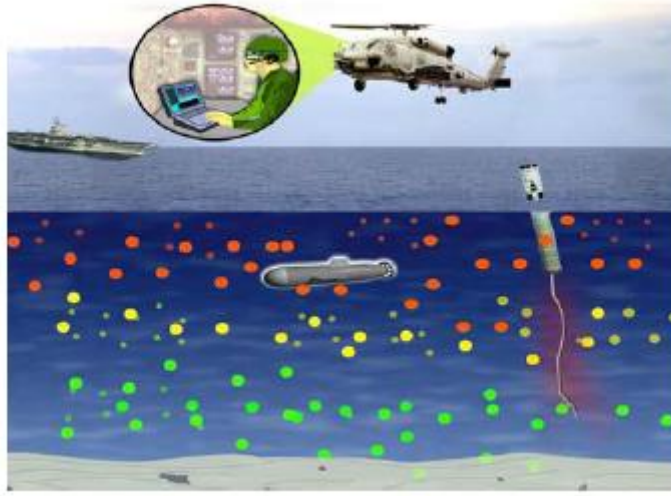
3.1.5.9. Deniz Mayın Tespit Uygulamaları

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].

3.1.5.10. 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 3.11’de gösterilmiştir. Bu konsept, bataryalar üzerinde çalışan modern dizel denizaltıları tespit etmek için, aktif ve pasif sonar küçük algılayıcıları kullanır [Hussain, vd, 2009].



Şekil 3.11. SI2, Kıyı Sularda Denizaltı Tespiti İçin Geniş-N Konsepti

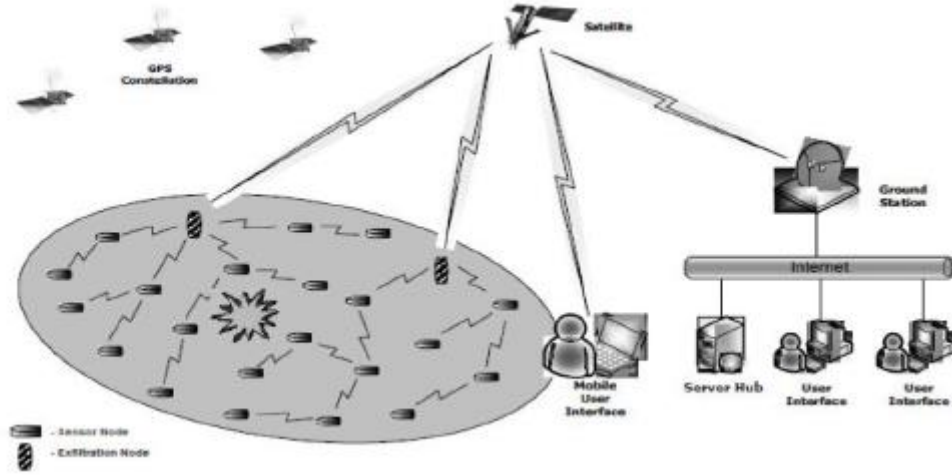
3.1.5.11. EARS

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].

3.1.5.12. 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 ağı bağlı bir algılayıcı sistemi kullanarak bir patlayıcının olay yerinin belirlenmesi zor bir sorundur. McQ, ucuz akustik algılayıcılarla bir mesh ağı kullanarak bir sistem geliştirmiştir. Sistem çok farklı ortamlarda patlamaların üç boyutlu Zaman-Fark-Variş (TDOA) verimli bir şekilde yerini bulabilmektedir. Patlamanın yer bilgisi uydu iletişimi üzerinden dışarı sızma yöntemi ile son kullanıcıya [Hussain, vd, 2009].



Şekil 3.12. Yüksek algılama sistemi mimarisi

Sistemin mimarisi Şekil 3.12’de 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 yapılandırılan algılayıcı düğümleri, bir veya daha fazla dışarı sızma düğümleri arasında iletişim sağlayan bir ad hoc, multi-hop sağlam kablosuz algılayıcı ağı içinde aktif ve dağıtılmıştır [Hussain, vd, 2009].

3.1.5.13. Füze Hazne Sürekli İzlenmesi 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].

3.1.5.14. 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].

3.1.5.15. Akustik Tehdit Eden Ses Tanıma Sistemi

Ses tanıma, sınıflandırma ve yerleştirme 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 yerleştirme 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].

3.1.5.16. 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 duyurga düğüm modeli ve mimarileri araştırılmış ve geliştirilmiştir. Bu gelişmiş modeller de Irak Savaşı'nda kullanılmıştır [Lee, vd, 2009].

3.1.5.17. 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].

3.1.5.18. 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].

programla çeşitli algılayıcılar kullanılarak algılamanın teknolojik altyapısı geliştirilecek uzaktan iletim sağlanacaktır [Sohraby, vd, 2007].

3.1.5.20. 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].

3.2. SAĞLIK UYGULAMALARI

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 kurulmaktadır. İnsan vücudu için en uygun seçenek kablosuz ağ sistemidir. Bu sistem veri toplama ve dağıtma için kullanılabilir. Bu sistemler insan hayatını tehdit eden bir durum meydana geldiğinde tıp personeli uyarılmaktadır [Khan, vd, 2009].

3.2.1. Sağlık İzleme Sistemlerinin Faydaları

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

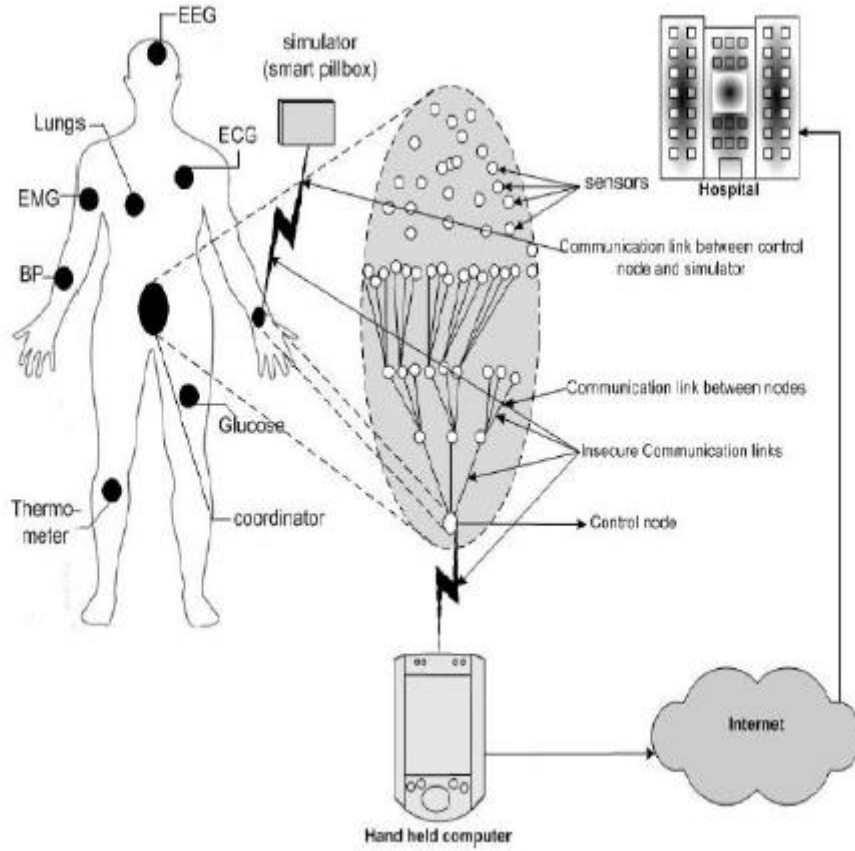
Mevcut sağlık algılama sistemlerinin çeşitli yararları vardır. Sağlık algılama sistemlerinin ana faydası uzaktan izleme yeteneğidir. Uzaktan izleme sistemlerinde riskli hastalar için acil koşulların tanımlanması kolay olacak ve farklı derecelerde bilişsel ve fiziksel engelli insanların daha bağımsız ve rahat bir hayat için etkili olacaktır. Yine ebeveynleri yokken küçük çocuklar ve bebekler daha güvenli bir şekilde bakılacaktır. Özel bakıcılara güvenirlilik 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 3.14’de sağlık sisteminde kullanılan kablosuz algılayıcı ağlarının bir sistem modeli görülmektedir [Khan, vd, 2009].



Şekil 3.14. 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.

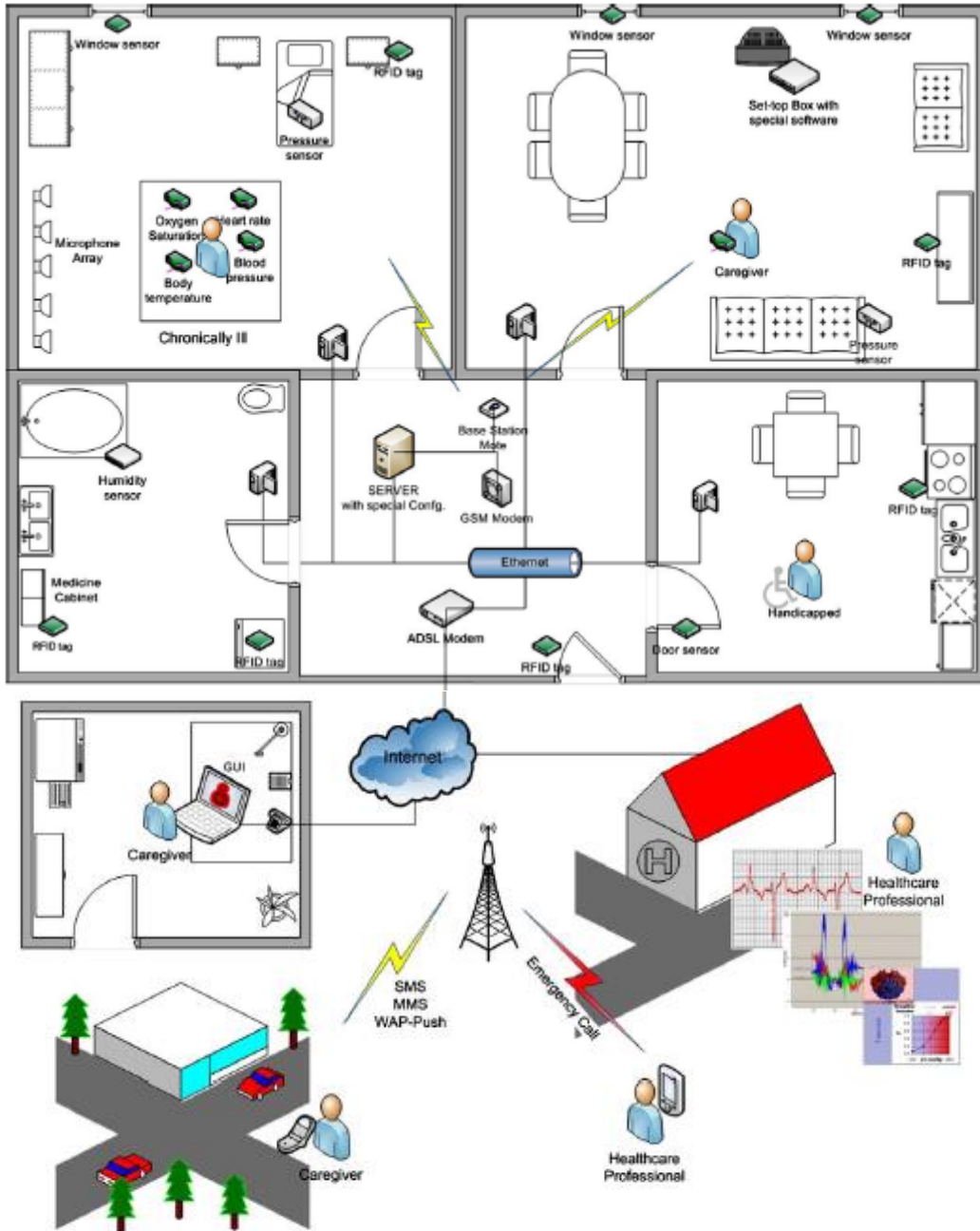
Bu gruptaki kişiler birbirleri ile farklı altyapılar kullanarak sürekli etkileşim halindedir [Alemdar ve Ersoy, 2010].

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 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Gelecekte Bir Sağlık Sistemi Senaryosu

3.2.2. 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

3.2.3. 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].

3.2.4. 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].

3.2.4.1. Günlük Yaşam İzleme Faaliyetleri

Lu ve Fu konum farkındalığı ile faaliyet tanıma yaklaşımını sunmaktadırlar. Çalışmalarında ortam uyumlu aygıtlara entegre edilmiş (AICOs) kablosuz algılayıcı çeşitleri kullandılar. Bu sanal katman ile kaplı bir ev sistemi idi. Sanal katmanın amacı nesneye müdahale olmadan doğal olarak etkileşimi yakalamaktır. Bu sistemde ortamda çok fazla algılayıcı mevcuttur ve bunlarla yürüyüş, müzik dinleme, televizyon seyretme, oturma gibi aktivitelerin raporlanması sağlanmaktadır [Alemdar ve Ersoy, 2010].

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

3.2.4.1.1. 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].

3.2.4.1.2. 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].

3.2.4.1.3. 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 yaklaşıncaya etiket ile iletişime geçer [Alemdar ve Ersoy, 2010].

3.2.4.1.4. 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].

3.2.4.1.5. 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).

Şekil 3.16'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].



Şekil 3.16. 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 işaretleri alınmakta sonra sorun var ise birine uyarı gönderme işlemi yapılmaktadır [Khan, vd, 2009].

Şekil 3.17’de TMSI (The Temporary Mobile Subscriber Identity) tarafından geliştirilen Mobi Aygıtı görülmektedir.

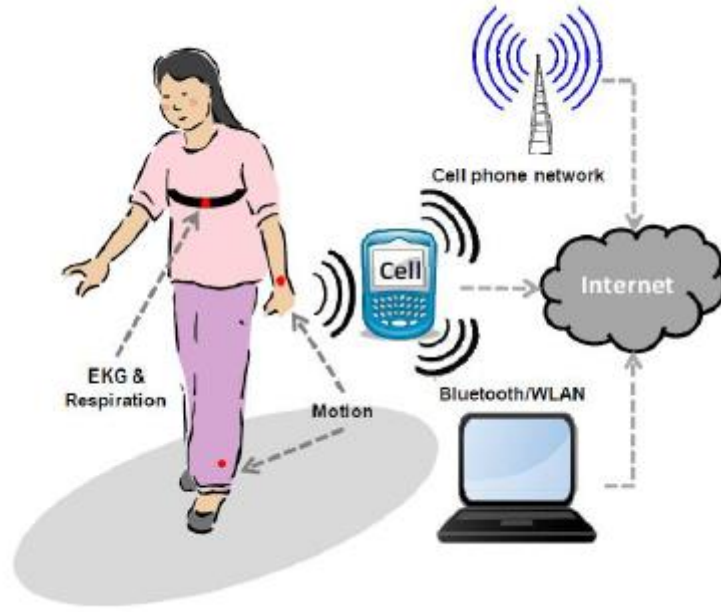


Şekil 3.17. TMSI "Mobi" Aygıtı

3.2.4.1.7. 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].

Şekil 3.18’de Hasta Görüntüleme Sistemi görülmektedir.



Şekil 3.18. Hasta Görüntüleme Sistemi

3.2.4.1.8. Alzheimer, Depresyon ve Yaşlı İnsanların İzleme

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].

3.2.4.1.9. Glukoz Düzeyi İzleme

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].

3.2.4.1.10. mPCA

Mobil Hasta Bakıcısı (Mobile Patient Caregiver Assistant - mPCA) Alzheimer 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 iletebilir [Alemdar, 2004].

3.2.4.1.11. 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].

3.2.4.1.12. 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].

3.2.4.1.13. Akut Hasta İzleme

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].

3.2.4.1.14. 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].

3.2.4.2. 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;

3.2.4.2.1. 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 düğüm 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].

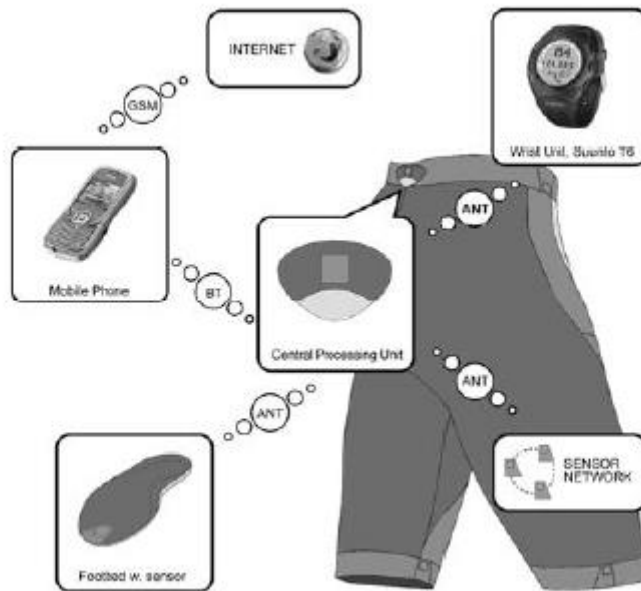
Leijdekkers, çalışmasında hızlı bir ivmelenmenin ardından vücudun pozisyonunun düşme durumunu tespit eden bir sistem önermiştir [Alemdar ve Ersoy, 2010].

3.2.4.2.2. 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].

3.2.4.2.3. 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. Şekil 3.19'da hastanın rehabilitasyonu için HipGuard pantolon gösterilmektedir [Khan, vd, 2009, Alemdar ve Ersoy, 2010].



Şekil 3.19. Hastanın Kalça Rehabilitasyonu İçin HipGuard Pantolon

3.2.4.3. Konum Takip Uygulamaları

Bu sistemler bina içleri ve açık alanların her ikisinde de kullanılabilir. Bina içi uygulamada konum takip sistemine durum farkındalık sistemi entegre edilerek sistem

zenginleştirilebilir. Bina dışı uygulamalar sara nöbeti gibi acil durumlar ortaya çıktığında kişinin konumunun tespiti için kullanılabilir [Alemdar ve Ersoy, 2010].

Chang ve arkadaşları 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;

3.2.4.3.1. 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].

3.2.4.3.2. ZUPS

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

3.2.4.3.3. 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 personelinin uyarılmaktadır [Alemdar ve Ersoy, 2010].

3.2.4.4. 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;

3.2.4.4.1. 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 arkadaşları 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].

3.2.4.5. Sağlık Durumu Takip Uygulamaları

Bu alanda yapılmış olan çeşitli çalışmalar aşağıda açıklanmıştır;

3.2.4.5.1. 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].

3.2.4.5.2. AlarmGate

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

3.2.4.5.3. 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].

3.2.4.5.4. 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].

3.2.4.5.5. Kalp ve Damar Hastalıkları

Kalp-damar hastalıklarına yol açan ölümler çok sayıda hasta üzerinde göze batmayan bir şekilde vücuda monte edilebilir akıllı algılayıcı ile önlenabilir. İlgili sağlık personeli hastanın sağlık durumunu izlerken kalp atış hızı ve kalp düzensizlikleri ile ilgili önemli bilgiyi alarak önceden tedavi hazırlığı yapılabilir [Khan, vd, 2009].

3.2.4.5.6. 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 grafiklerle gösterir [Yick, vd, 2008].

3.2.4.5.7. 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].

3.2.4.5.8. Astım

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

3.2.4.5.9. 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]

3.2.4.5.10. SIDS

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

3.2.4.5.11. MobiHealth

Twente Üniversitesi ve Ericson tarafından yürütölen 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

yardımlı, 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].

şekil 3.20’de MobiHealth projesinin tipik yapısı gösterilmiştir [Khan, vd, 2009, Alemdar ve Ersoy, 2010].

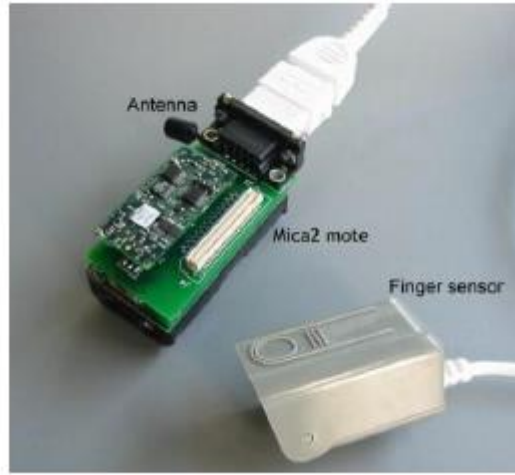


şekil 3.20. MobiHealth Sistemi, Hastane Ortamı Dışında Bir Hasta İzleme

3.2.4.5.12. CodeBlue

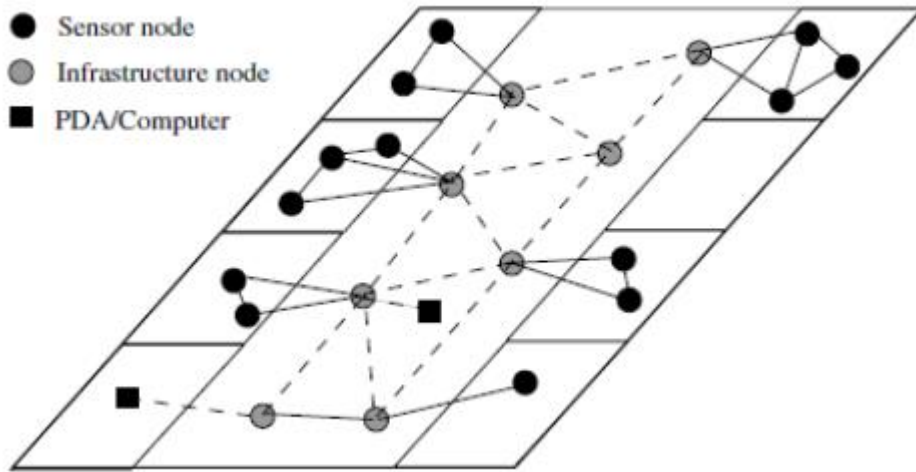
Harvard  niversitesi’nde geliştirilen CodeBlue algılayıcı ağlarına dayalı bir tıbbi araştırma projesidir . Bu proje hastane öncesi bakım ve acil bakım, afet müdahale ve inme inen hastalarının rehabilitasyonunda kullanılmaktadır. Bu projenin araştırmasında resusitasyon bakımı için potansiyeller gerçek 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.

şekil 3.21’de bir CodBlue uygulaması olan Kablosuz Nabız  l en Oksimetre Algılayıcısı görülmektedir [Stankovic, vd, 2005, Khan, vd, 2009].



Şekil 3.21. Kablosuz Nabız Oksimetre Algılayıcısı

Şekil 3.22’de CodBlue mimarisi görülmektedir.



Şekil 3.22. Bir Hastane Ortamında CodeBlue Mimarisi

3.2.4.5.13. 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 iletebilir [Alemdar, 2004]

3.2.4.5.14. 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].

3.2.4.5.15. 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].

3.2.4.5.16. CATV

CATV, Lin ve arkadaşları kalp atışı, kan basıncı ve vücut ısı 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].

3.2.4.5.17. 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]

3.2.5. Sağlık uygulama projeleri

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

3.2.5.1. eWatch

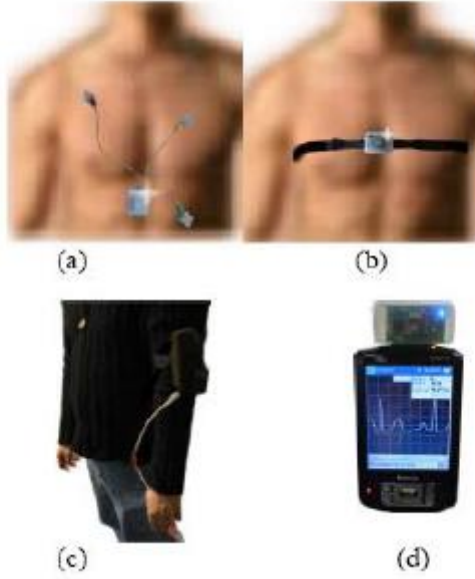
Bu sistemde bir giyilebilir algılama, bildirim ve bir kol saati içine yerleştirilmiş ve bilgisayar platformu bağlamda üretilen sistem araştırmak için geliştirilmiştir. Sistem farkında bildirim, yaşlı izleme ve sonbahar algılama gibi uygulamalar için kullanılabilir. Sistem acil bir durum olduğunu teyit etmek için sorgulanmaktadır. Kullanıcı yanıt vermezse o zaman sistem ağ yetenekleri ile yardım çağırmak için kullanılmaktadır. Örneğin hastanın bazı ilaçları alması için haber verebilir. Sistem Şekil 3.23’de gösterilmektedir [Khan, vd, 2009].



Şekil 3.23. eWatch Bilgisayarı

3.2.5.2. 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 Şekil 3.24'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].



Şekil 3.24. Kablosuz, (a) 3 Yollu EKG Algılayıcısı (b) EKG Kemer, (c) Spo2 Algılayıcısı, (d) PDA Baz İstasyonu

3.2.5.3. Vital Sinyal İzleme 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].

Şekil 3.25'de hasta izleme sistemi gösterilmektedir [Khan, vd, 2009].

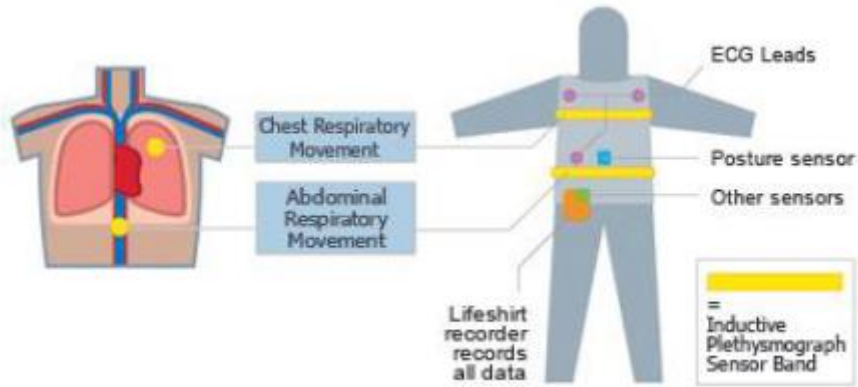


Şekil 3.25. Vital Sinyal İzleme Sistemi

3.2.5.4. 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].

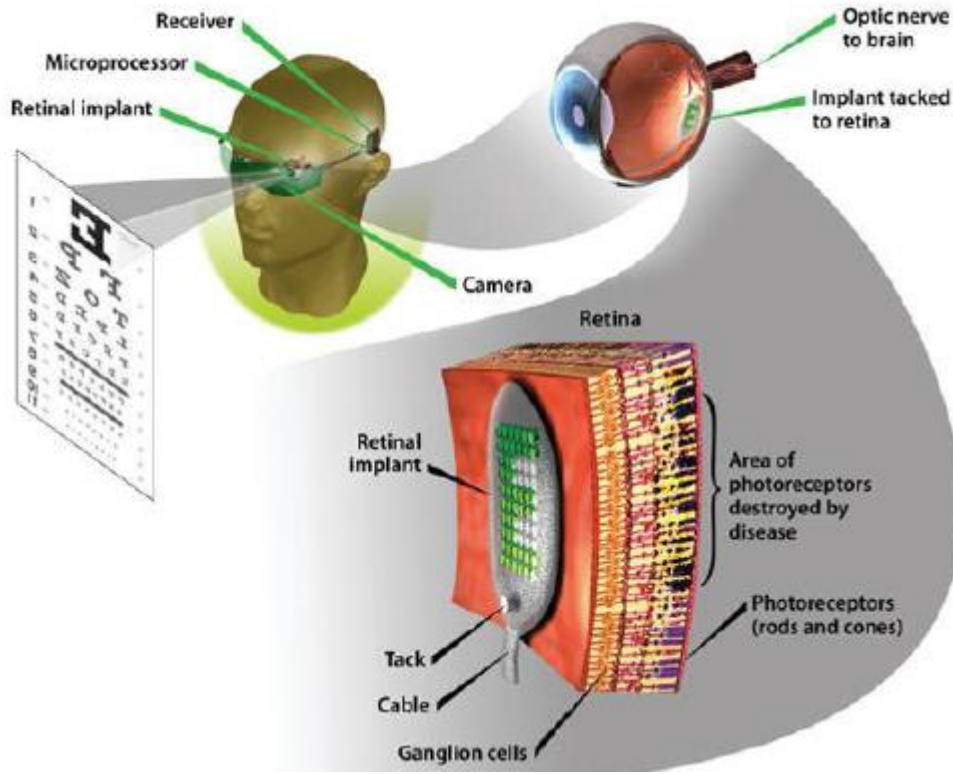
Sistem Şekil 3.26'da gösterilmiştir [Khan, vd, 2009].



Şekil 3.26. Akıllı LifeShirt

3.2.5.5. Yapay Retina

Kablosuz algılayıcı vücut ağıları görme engellilere de yardımcı olabilmektedir. Şekil 3.27’de 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].



Şekil 3.27. 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].

Şekil 3.27’de 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 yerleştirilmiş 16 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

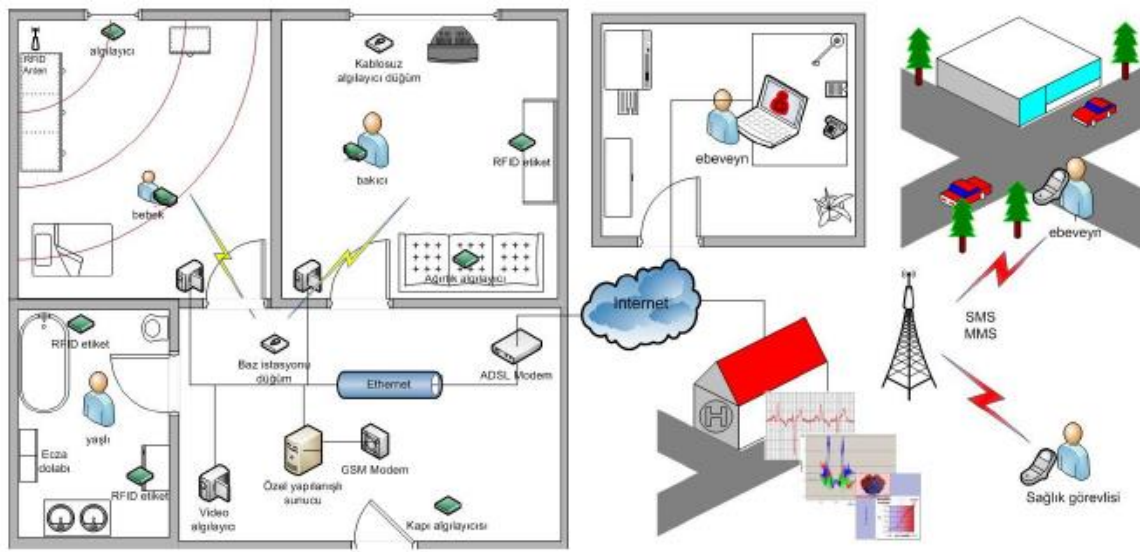
alacaktır. Bu projede nihai hedef; yüz tanıma ve büyük harflerle okumak için yetenek sağlayacak kalıcı bir cihaz üretmek olacaktır [Akyildiz ve Vuran, 2010].

3.2.5.6. 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 Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



Şekil 3.28. Örnek Bir Akıllı Ev Sistemi

3.2.5.7. 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].

3.2.5.8. 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].



Şekil 3.29. Kablosuz EKG Sistemi

3.2.5.9. A WBAN

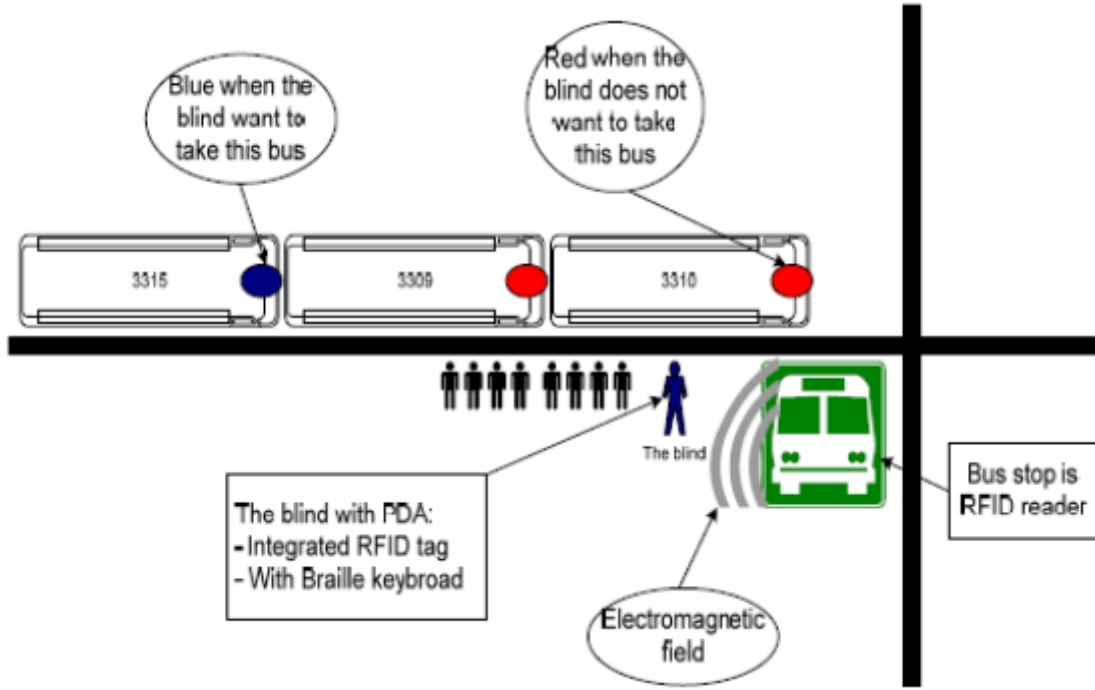
Bilgisayar destekli fiziksel rehabilitasyon için akıllı hareket algılayıcıları projesidir. Alabama Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülen bir projedir. Bu projede, çok kullanılan bir dizi fizyolojik, kinetik ve çevresel algılayıcılar içeren Zigbee ve IEEE 802.15.4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

3.2.5.10. Görme Engelliler İçin 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]



Şekil 3.30. Görme Engelliler İçin Akıllı Otobüs Durağı

3.2.5.11. 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].

3.2.5.12. 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].

3.2.5.13. Body area network – a “Healthy Aims” projesi

Healthy Aims kapsamında, Zarlink Semiconductor Inc. Yürüttüğü bir projedir. Healthy Aims bir EU FW VI projesidir. 9 Avrupa ülkesi tarafından yürütülen, 6 tanesi yatırımcı 26 ortakla oluşan büyük bir projedir. Bu ortaklar yaşlılara ve özürllülere 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].

3.2.5.14. 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].

3.2.5.15. Telemedicine

SINTEF tarafından yrtlen 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 zerine 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].

3.2.5.16. 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].

3.2.5.17. 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].

3.2.5.18. Tıbbi Kazaların nlenmesi

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].

3.2.5.19. 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 iletilebilecektir [Verdone, vd, 2008]

3.2.5.20. Satire

Illinois ve Virjinya niversitelerinin 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 oluşturmaadır [Gavrilovska, vd, 2011].

3.2.5.21. 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 kondenser 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].

3.2.6. 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].

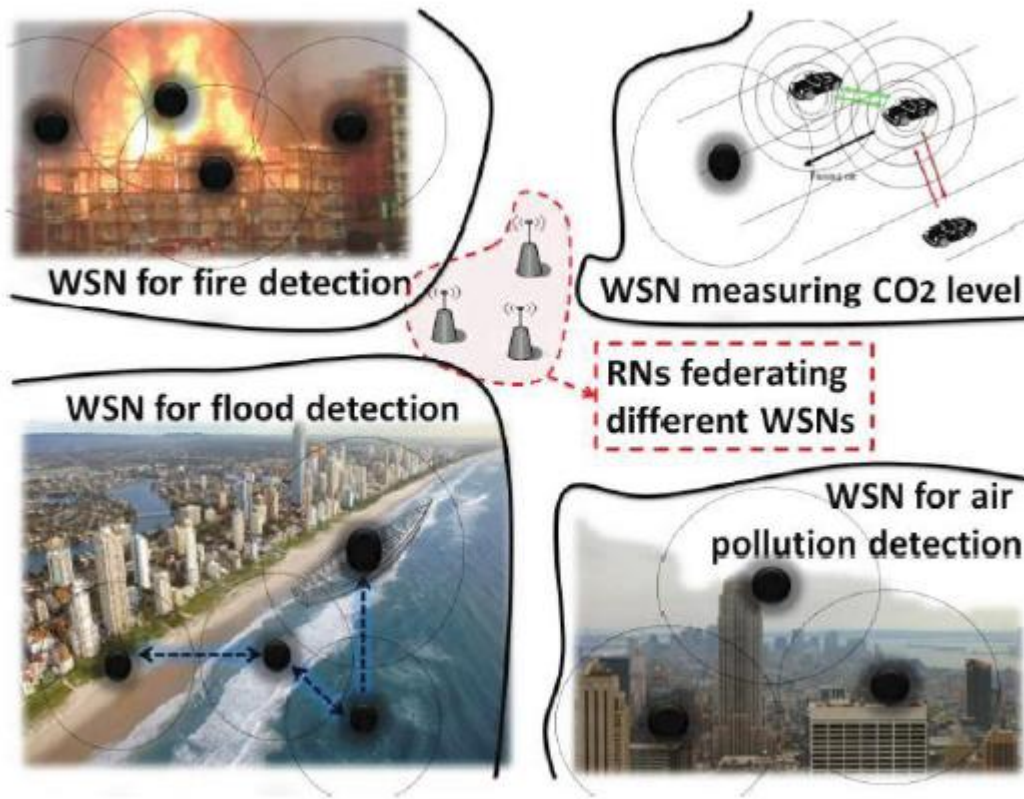
Sistemde ağ yapısının yanı sıra doğru ve güvenilir bilgi için göze batmayacak şekilde küçük algılayıcı cihazlar geliştirmek daha önemlidir. Tüm aktörler arasında (bakıcı, algılayıcılar, hasta, doktor, aile vb.) koordine olan bir sistem uygulanmalıdır [Alemdar ve Ersoy, 2010].

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

3.3. ÇEVRE İZLEME UYGULAMALARI

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. Şekil 3.31’de Kablosuz Algılayıcı Ağlar İle Çevre İzleme Sistemi Örnekleri gösterilmiştir [Al-Turjman, vd, 2011].



Şekil 3.31. 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].

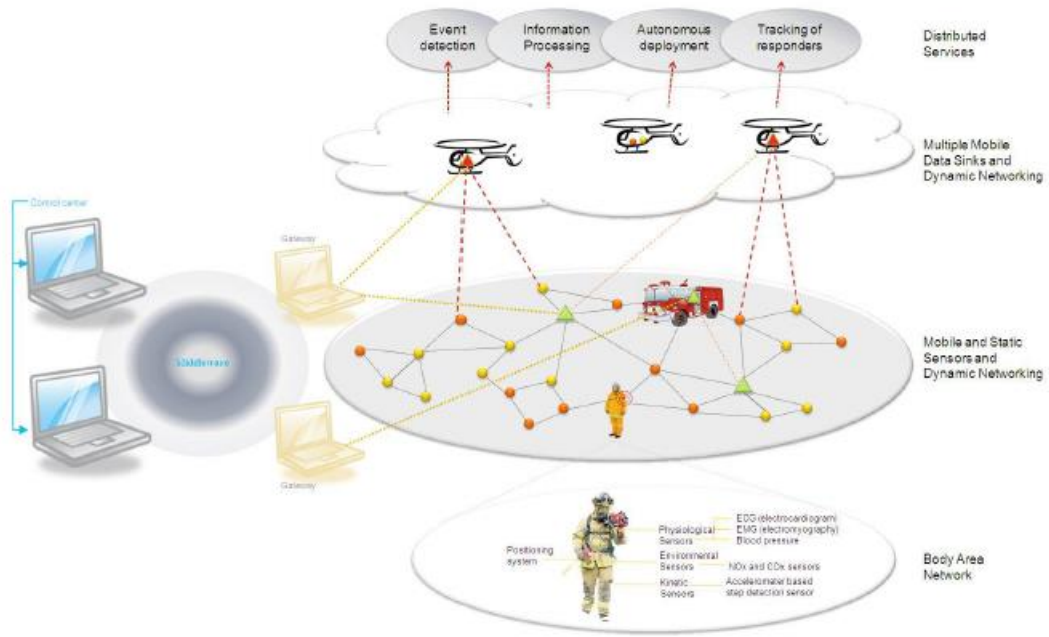
Çevresel izleme uygulamaları, bilimsel topluluklar ve bir bütün olarak toplum için hayati öneme sahiptir. Bu uygulamalar açık veya kapalı ortamlarda izleme olabilir. Binlerce kilometrelik denetimli alanlarda denetim süresi birkaç yıl sürebilir. Genellikle uygulamalar ağ güvenliği ve gözetim endişeleri 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].

3.3.1. 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. Şekil 3.32'de AWARE Platform Mimarisine Genel Bakış görülmektedir [Hoesel, vd, 2009].



Şekil 3.32. AWARE Platform Mimarisine Genel Bakış

3.3.2. Buzul İzleme

3.3.2.1. 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].

3.3.3. Okyanus İzleme

3.3.3.1. 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].

3.3.4. Hava Durumu İzleme

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].

3.3.5. Hava Kirliliği İzleme 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. Hücreli modem aracılığıyla merkeze raporlama yapılmaktadır [Nagel, 2005].

3.3.5.1. 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, NO₂ ve CO [Shum, vd, 2011].

3.3.5.2. Streetbox

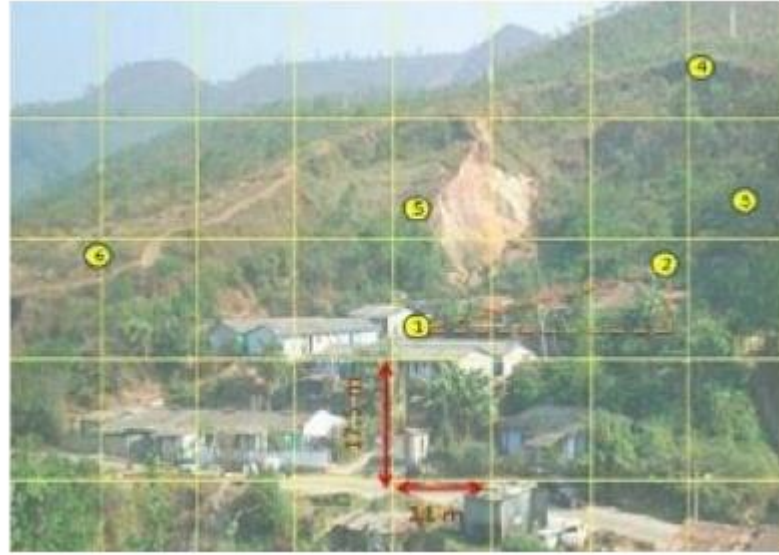
Başka bir ortam havasının izleme projesi UCL Yapı Çevre Fakültesi tarafından geliştirilen açık ve kapalı ortamlarda CO (Carbon Monoxide - Karbon Monoksit) konsantrasyonu izlemek için veri kaydediciler kullanılmaktadır. CO algılayıcılar, sinyal işleme devreleri ve dijital işleme birimlerini oluşturan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

3.3.5.3. 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).

3.3.6. 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].



Şekil 3.33 Hindistan Deep Earth Probe Projesi

3.3.6.1. Arama kurtarma uygulamaları

3.3.6.1.1. CenWits

Berkeley Mika2 algılayıcısı kullanan algılayıcı tabanlı izleme sistemi bir arama-kurtarma sistemidir. Radyo frekansı tabanlı algılayıcılar veri işleme ve depolama yapabilmektedirler. Sistem ağı 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].

3.3.6.1.2. 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].

3.3.6.2. Yangın Algılama Uygulamaları

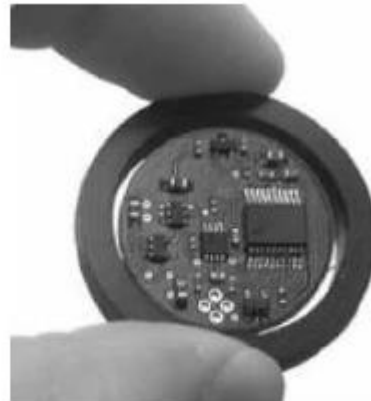
Yangın çeşitli yerlerde olabilir ve farklı mekanizmalara neden olabilir. İnsani, ekonomik ve çevresel felaket gibi etkileri ölçek, konum türüne bağlı olarak değişir. Tüm önlemlere rağmen ABD Ulusal Kurumlararası Yangın Merkezi sadece 2009 yılında 403.509 dönümlük alanı etkileyen 15.918 yangın meydana 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 güvenilirliğini 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].

3.3.6.2.1. 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 yangınına erken aşamalarda tespit etmek için kullanılabilir. Düğüm sayısı bir orman alanına önceden konuşlandırılmış olmalıdır. Her bir düğüm sıcaklık, nem, basınç ve pozisyon olarak farklı türde algılayıcıya sahip olmalıdır. Tüm algılanan veriler orman geneline dağıtılan ağ geçitleri vasıtasıyla merkeze gönderilmelidir. Ağ geçitleri merkezi telefon sistemine (Universal Mobile Telecommunications System - UMTS) bağlı olabilir ve kontrol merkezi buna göre de yangına müdahale için gerekli önlemleri alabilir. Örneğin bir tür ani sıcaklık artışı durumunda kontrol merkezi derhal alarmı geçecektir. Ve yangın söndürme helikopterleri devreye girecektir [Verdone, vd, 2008]. Bu da yangının henüz başlama aşamasında iken söndürülmesini sağlayacaktır.

Şekil 3.34'de orman yangını algılama için geliştirilmiş kablosuz bir algılayıcı görülmektedir.



Şekil 3.34. Bir Kablosuz Algılayıcı

3.3.6.2.1.1. 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].

3.3.6.2.1.2. 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 kullanılsız hale getirebilir. Bu nedenle, kablosuz algılayıcı ağları maden yangınlarının da önceden belirlenmesi için en uygun çözümdür [Döner, vd, 2010].

3.3.6.3. Volkan İzleme 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 iletebilmektedir. 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].

3.3.6.3.1. SNAV

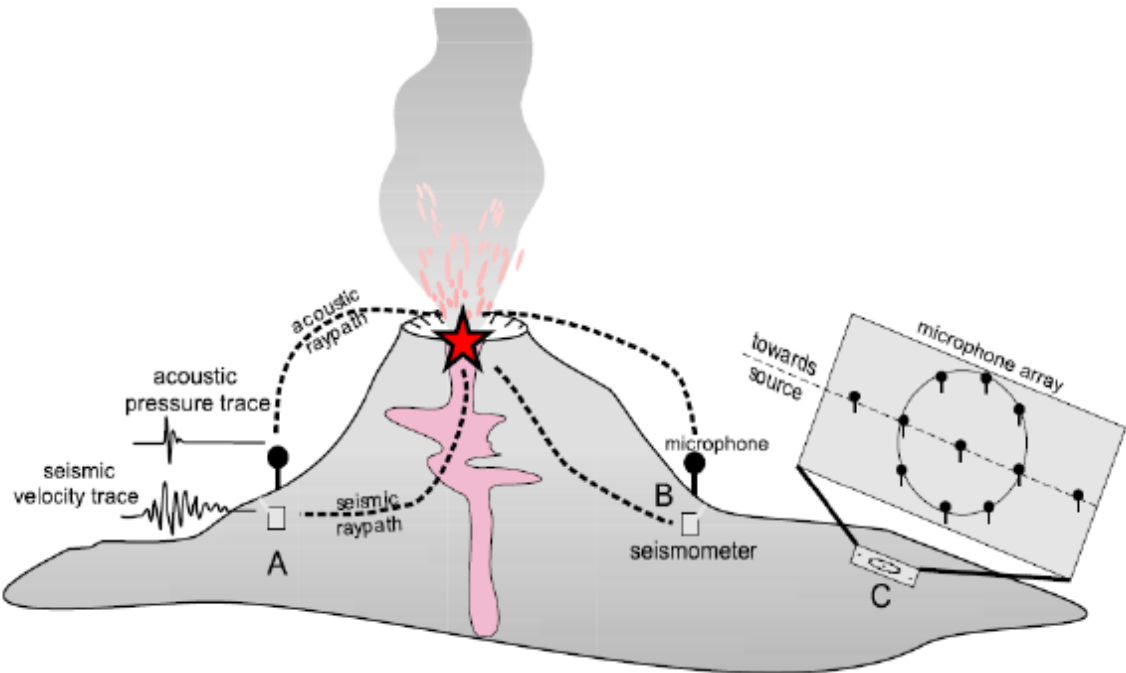
Fang ve Kedar aktif volkanların izlenmesi için bir sistem tasarımı önermişlerdir. Aktif Volkanlar için Algılayıcı Ağlar (Sensor Networks for Active Volcanoes - SNAV) adlı projenin amacı patlamalar meydana gelmeden belirlemek ve magma hacmini ölçerek tehlikeleri değerlendirmektir. Sistem tehlikeli bölgeden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

3.3.6.3.2. 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].

3.3.6.3.3. Bilimsel Volkanik İzleme

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 3.35. Volkanik Görüntüleme Algılayıcı Dizileri

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

3.3.6.3.4. 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].

3.3.6.4. Sel ve Su Baskını Algılama

Bir evde bir musluk açık unutulmuş ise gidilebilir ve bu durumda eve döndüğünde binayı su bastığı görülebilmektedir. Küçük bir kablosuz algılayıcı vasıtası ile size veya komşunuza bilgi vererek su baskınının oluşması engellenebilir. Sistem ekonomik kaybı ve çevreye kaybı en aza indirmektedir [Khedo, vd, 2010].

3.3.6.4.1. 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].

3.3.6.5. 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.

3.3.7. Yapısal Bütünlük İzleme

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].

3.3.8. Bina ve Çevresi İzleme 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].

3.3.9. Diğer

3.3.9.1. 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].

3.3.9.2. 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 esası 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].

3.3.9.3. NIMS

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

3.3.9.4. 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].

3.3.9.5. Vineyard

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

3.3.9.6. PicoRadio

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

3.3.9.7. Heathland

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

3.3.9.8. Shellfish

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

3.3.9.9. PEG

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

3.3.9.10. Tracking

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

3.3.9.11. Multi-target

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

3.3.9.12. Wisden

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

3.3.9.13. SensorScope

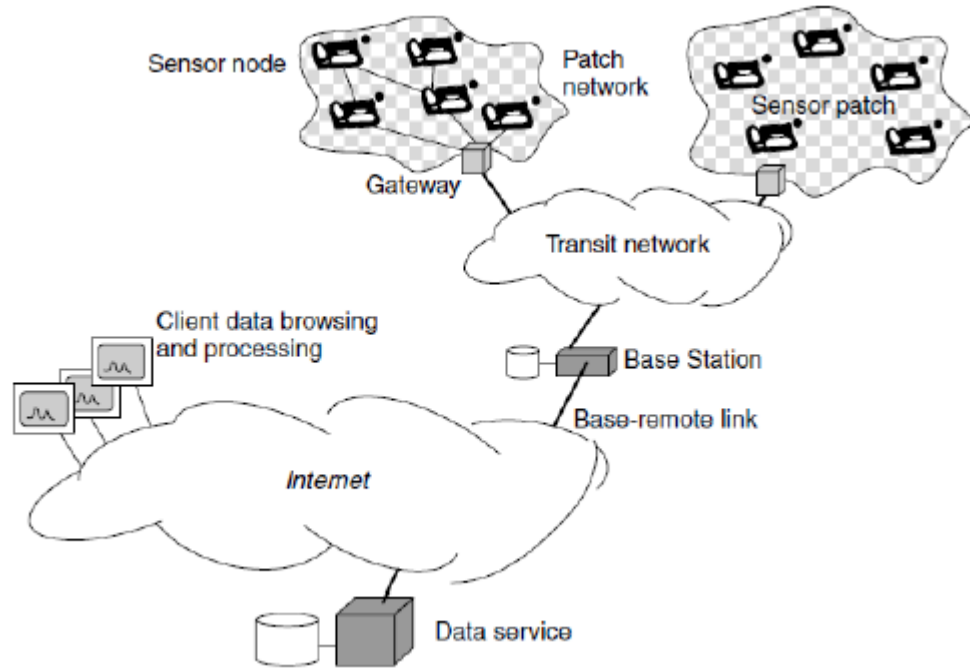
2005 yılında Schmid ve arkadaşları tarafından kapalı bir ortamda ışık, ses ve sıcaklık ölçmek için geliştirilen sistemdir [Kuorilehto, vd, 2007].

3.4. HABİTAT İZLEME UYGULAMALARI

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].

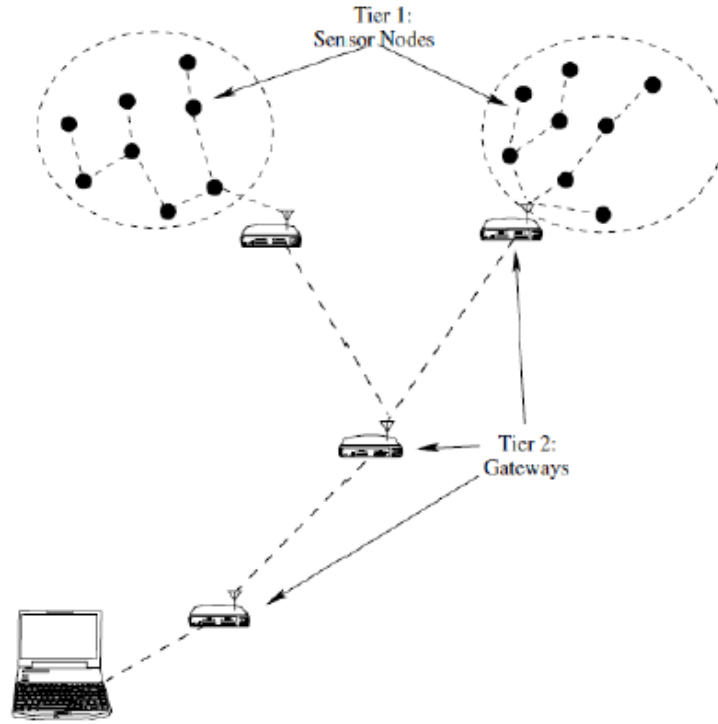
Temel Habitat izleme sistem modeli Şekil 3.36'daki gibidir [Hac, 2003].



Şekil 3.36. Habitat Görüntüleme Sistem Modeli

3.4.1. 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 konuşturmuşlardır. 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].



Şekil 3.37. Great Duck Island Habitat İzleme Ağı İki Katmanlı Mimarisi

Mika algılayıcılarla deniz kuşlarının (fırtına kuşlarının) habitat seçiminde mikro iklimik 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 [Akyıldız ve Vuran, 2010].

Great Duck Island Habitat alanı resimleri Şekil 3.38’de gösterilmektedir [Zhao ve Guibas, 2004].



Şekil 3.38. 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 kablolu algılayıcı ağlar için uzaktan erişim sağlayan uydu ile internete bağlıdır [Akyildiz ve Vuran, 2010].

3.4.2. 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].

3.4.3. 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 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].



Şekil 3.39. 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].

3.4.4. 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. 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].

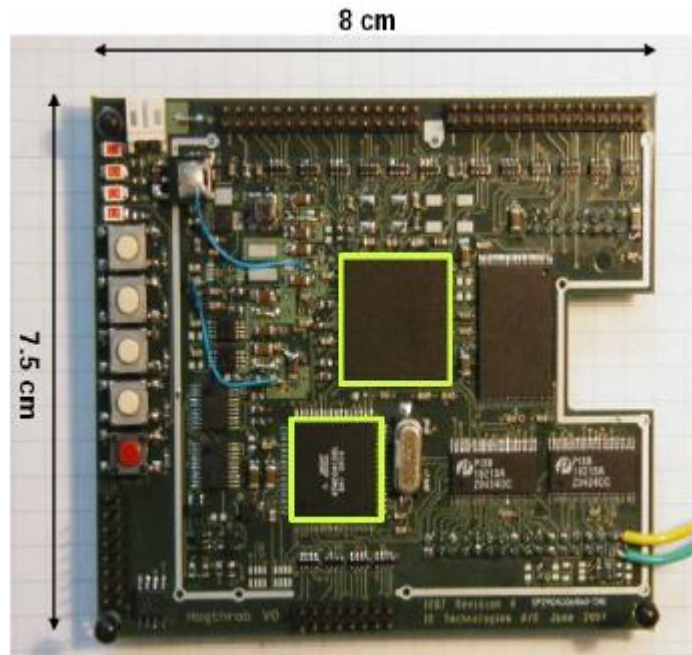


Şekil 3.40. tigerCENSE Kaplan Algılama Sistemi Görüntüleri

3.4.5. The Hogthrob Project

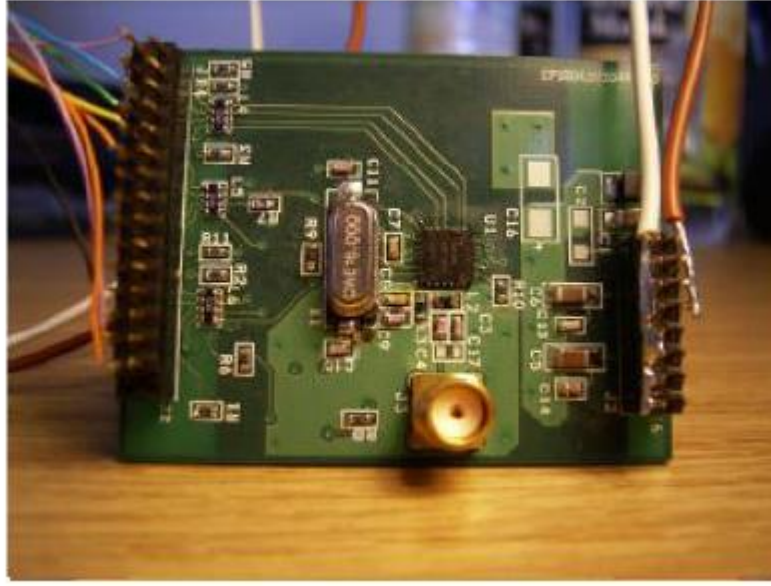
Danimarka’da domuz yetiştirilmesinde verimi arttırmak için oluşturulan bu telsiz algılayıcı ağ DIKU (Bilgisayar Bilimleri Departmanı - Department of Computer Science), DTU (Danimarka Teknik Üniversitesi - Denmark Tekniske Universitet), KVL (Kraliyet Veteriner ve Tarım Üniversitesi - The Royal Veterinary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

2004 yılında başlatılan projedeki amaç domuzların çiftleşme dönemlerinin tespit edilerek üretimin artırılmasının sağlanmasıdır. Domuzların farklı dönemlerde farklı kafeslerde ve farklı koşullarda tutulması gerekmektedir. Örneğin gebe domuzlar yaklaşık 300m²’lik bir kafeste 114 gün süreyle tutulması gerekmektedir. Doğum yapmak üzere olan domuzlar ise 3-4 hafta arasında 4m²’lik kafeslerde tek başlarına olmalıdırlar. Çiftleşme dönemlerinde ise domuzlar 2-3 hafta arasında onarlı gruplar halinde 50m²’lik kafeslerde bekletilmelidirler [Tayşi, 2006].



Şekil 3.41. 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].



Şekil 3.42. 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].

3.4.6. İstiridye

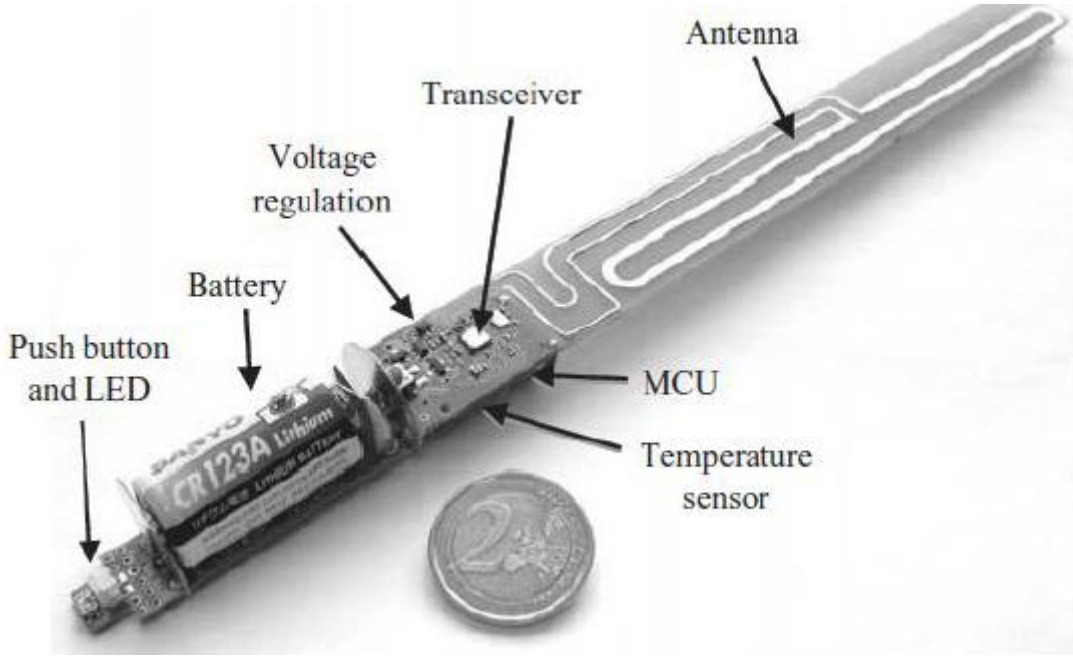
Cape Breton Üniversitesi ve Kanada Ulusal Araştırma Konseyi göllerde devam eden bir biyofiziksel izleme çalışmaları yapmaktadır. Hedefleri isticidyeler için gerekli olan sıcaklık ve tuzluluk parametrelerini toplamak ve yaşam döngülerini oluşturmaktır. COTS algılayıcı düğümleri isticidye izleme için tercih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

3.4.7. 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 istatistiksel modeller oluşturulmaktadır [Khedo, vd, 2010].

3.4.8. 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, 2006].



Şekil 3.43. Uzun Menzilli TUTWSN Prototipi

3.5. TARIM UYGULAMALARI

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 problemleri sayesinde uydudan uzaktan optik tarayıcılar gibi elektronik algılayıcılar vasıtasıyla olmaktadır. Elektronik veri tabanlarının bu tür veri toplama sistemi Coğrafi Bilgi Sistemi'ni doğurmaktadır. Veriler üzerinde ise istatistiksel analizler yapılmaktadır. Daha sonra ise grafik haritalar elde edilmektedir [Merret ve Tan, 2010].



Şekil 3.44. 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].

3.5.1. 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].



Şekil 3.45. 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

3.5.2. Smart Fields

Nano ölçeekte 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].

3.5.3. SoilNet

Toprağın nemi oldukça önemlidir. Bu öneme rağmen operasyonel olarak ölçülebilir değildir. Bu proje yüksek uzay zamansal ölçeekte 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].

3.5.4. 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 yabancı otların haritalanmasını sağlar.
- Topoğrafya ve Sınırlar: Saha bölümleri, planlama gibi işlemler için haritalama işlemi yapar.
- Tuzluluk Haritalama: Zaman içinde tuzluluk değişimlerini izlemektedir.

Algılayıcılar toprak çok kuru ise; alan boyunca dağıtılan algılayıcılar birbirleriyle iletişim sonucunda gönderilen verileri analiz ederek çevre koşullarına göre yağmurlama sistemini aktif hale getirebilir [Khedo, vd, 2010].

Biyolojik karmaşıklığı haritalamak için de algılayıcı düğümleri kullanılabilir. Algılayıcılar baskın bitki türlerinin mekânsal karmaşıklığını gözlemlemek için kullanılabilir. Algılayıcılar üreme mevsimi başlangıcından önce konuşlandırılmakta olup bitkiler uykuda veya zemin boşken saha çalışmaları sık sık tekrarlanarak güvenilirlik artırılmaktadır. Bu da geleneksel yöntemlere göre daha az masraflıdır [Khedo, vd, 2010].

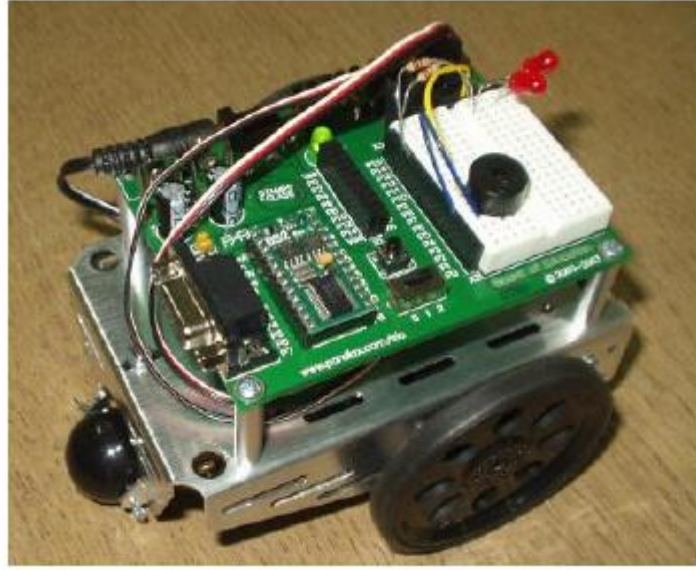
3.5.4.1. Sera İzleme

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].



Şekil 3.46. Sera Uygulaması

Şekil 3.47’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].



Şekil 3.47. Mobil Sera İzleme Aracı

3.5.4.2. 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].

3.5.4.3. Lofar Agro

Baggio, Hollanda'da Lofar Agro kablosuz algılayıcı dağıtımını 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].

3.5.4.4. Intel 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].

3.6. ENDÜSTRİ UYGULAMALARI

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 güvenilirlik 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. Rohrbach 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.

3.6.1. Otomotiv Uygulamaları

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

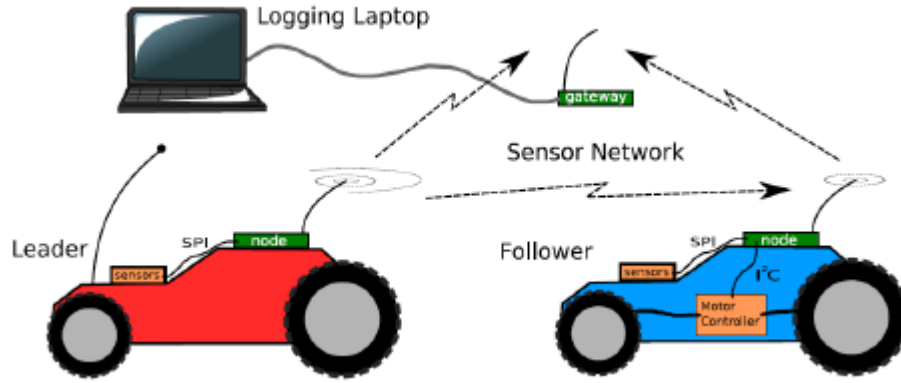
Bu konudaki ayrıntılı çalışmaları (Bulusu ve Jha, 2005)'numaralı kaynakta bulabilirsiniz. Editör kitapta ayrıntılı olarak ülkeler bazda otomotiv endüstrisini ve aynı zamanda trafik kontrol sistemlerini yine ülkeler bazında incelemiştir [Bulusu ve Jha, 2005].

3.6.1.1. 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 3.48. 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].

3.6.2. Endüstriyel Otomasyon

Endüstriyel otomasyon uygulamaları kontrol, koruma, verimlilik ve güvenlik sağlamaktadır. Mevcut üretim ve proses kontrol sistemlerini güvenli bir şekilde idame ettirmektedir. 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. Şekil 3.49'da örnek bir otomasyon uygulaması görülmektedir. Bu uygulamada 10+ algılayıcı özellikle boşlukları ölçmek için kullanılmaktadır. Alınan verilere göre kauçuk contalar yerleştirilmektedir. Kablosuz algılayıcı bu sistem ölçümleri daha pratik yapmaktadır [Townsend ve Arms, 2004].



Şekil 3.49. Kablosuz Algılayıcı Ağ Endüstriyel Uygulaması

3.6.3. 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].

3.6.4. 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].

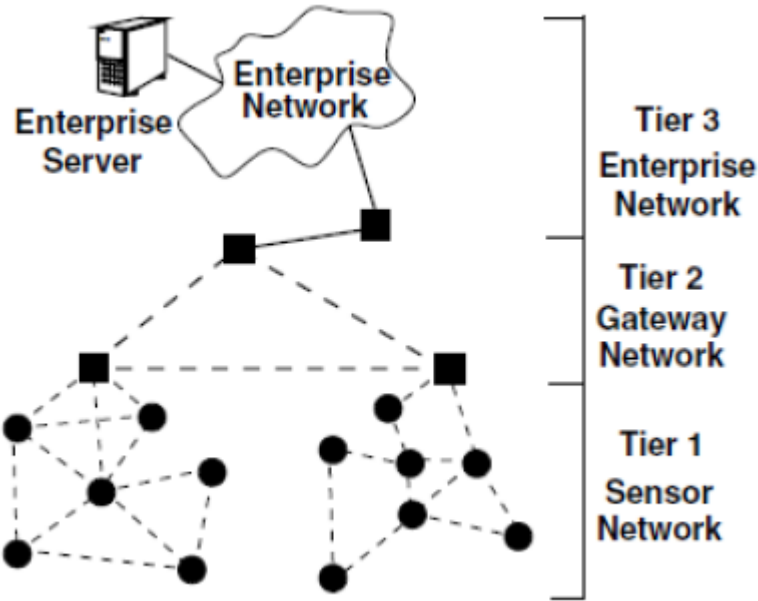
3.6.4.1. Yarıiletken Üretim Tesisi ve Petrol Tesisi İzleme

Kablosuz algılayıcı ağlar bir petrol tesisinde maliyeti azaltmakta ve verimliliği artırmaktadır. Ağ dört algılayıcı düğümü ve aktüatör düğümünden 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. Intel’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 3.50’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 3.50. FabApp 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].

3.6.4.2. 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 ulaşılabilir 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].

3.6.5. 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 kitledir [Chen, vd, 2009].

3.6.6. Su / Atık Su Kontrolü

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

3.6.6.1. Depolamada Zemin Seviyesi İzleme 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 kurulumlar için algılayıcı ağlarla güncel okuma gerçekleştirilebilir [Banner Engineering, 2012].

3.6.6.2. 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].

3.6.7. 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].

3.6.8. 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]

3.6.9. 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 güvenilirliğini 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].

3.6.9.1. 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 dağıtılabılır [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.

3.6.9.2. 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 kabloşuz algılayıcı ağ kullanmışlardır [Jawhar, vd, 2011].

3.6.9.3. 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 uzunluktaki 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].

3.6.10. Demiryolu / Metro İzleme

Doğrusal algılayıcı ağların uygulama alanlarından biri de demiryolu ve metro izleme, gözetim ve kontroldür. Demiryolu altyapılarının güvenliği pek çok ülke için endişe verici

bir durumdur. 1999 yılında Lee ve arkadaşları demiryolu köprülerinin üstyapı yorgunluk kritik bileşenlerini fiber optik algılayıcılarla araştırmıştır. Algılayıcı tarama işlemi özellikle tehlikeli çatlakların tespiti ve by-pass durumu araştırılmıştır. Fiber Fabry-Perot Gerilme Ölçer (FFPI), paslanmaz çelik şeritlere yapıştırılmaktadır. Ayrıca fiber optik algılayıcılarla elektrik resistif gerilmeyi ölçmek amacıyla köprü üzerine monte edilmiştir. Fiber optik algılayıcılarla çatlaklar da tespit edilmektedir. Dağıtım ve bakım maliyetlerini en aza indirmek için yüksek düzeyde iletişim hiyerarşisi kullanılmaktadır [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].

3.7. YAPI UYGULAMALARI

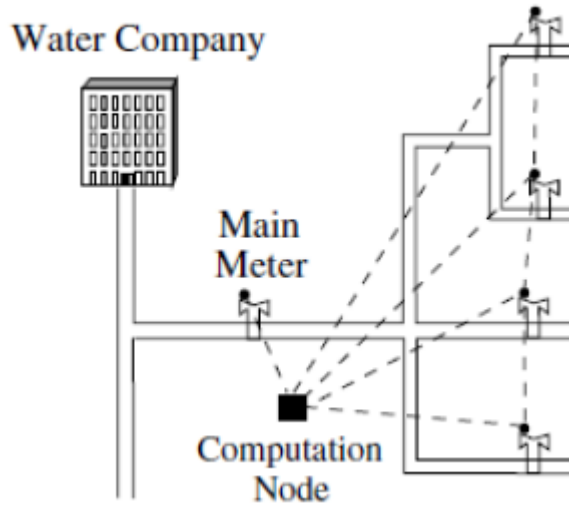
Teknoloji ilerledikçe akıllı algılayıcı düğümleri ve aktüatörler süpürge, mikro dalga fırın, buzdolabı ve DVD oynatıcılar gibi elektrikli aletler ve su izleme sistemleri gömülü olabilir. Yerleşik cihazların içinde bu algılayıcı düğümleri birbirleriyle ve dış ağ ile İnternet veya uydu üzerinden etkileşimde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

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].

3.7.1. Su İzleme

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 2.51’de Kesintisiz Özerk Su İzleme Sistemi kalibrasyon işlemini tek tek yerine ana su girişinden otomatik olarak yapmaktadır [Akyildiz ve Vuran, 2010].



Şekil 3.51. Kesintisiz Özerk Su İzleme Sistemi (NAWMS) Mimarisi

NAWMS mimarisi Şekil 3.51’de 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 düğüme 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].

3.7.2. 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].

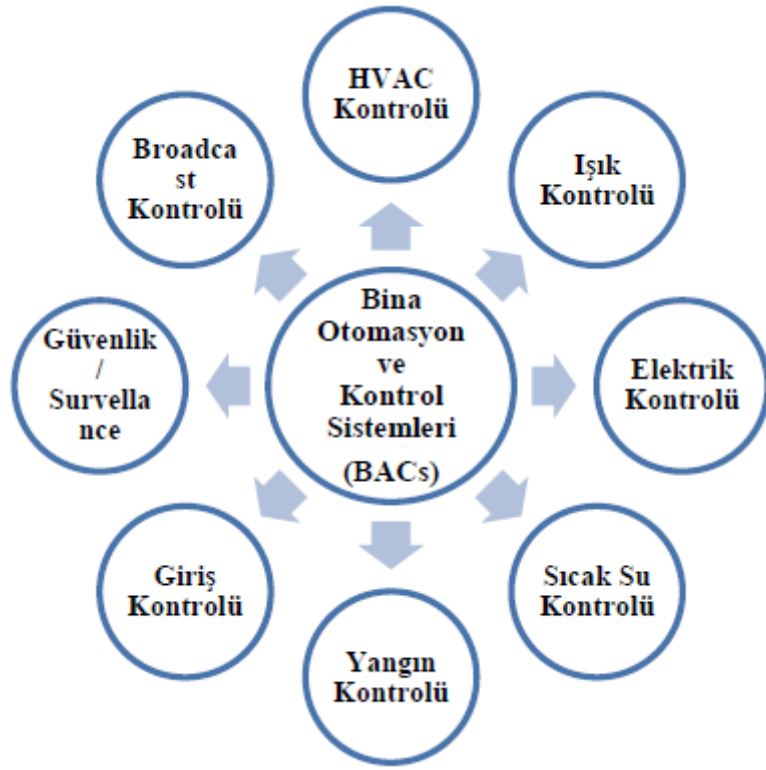
Son dönem çalışmalarında iki odak noktası vardır; hava akımı ölçüm teknolojisi ve iç mekân sıcaklığını kontrol etmek. Özellikle ticari binalarda bu çok önemlidir. Sıcaklığın tek bir yerden kontrol edilmesi özellikle ticari binalarda Yerden Hava Dağıtımı (Underfloor Air Distribution - UFAD) sistemlerini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

3.7.2.1.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 3.52. 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 ağıdır. Bitişik düğümler ile temas kesilirse ağı 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

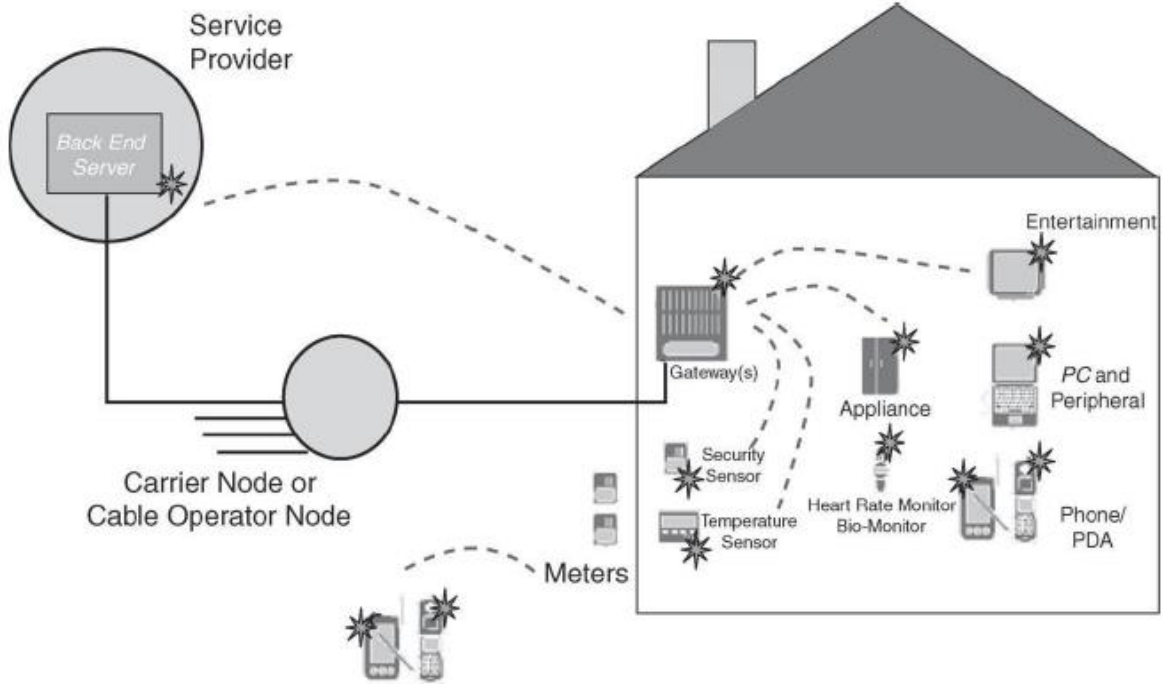
Kablosuz algılayıcı ağlarının binalarda uygulanmasının önündeki en büyük engeller bina yapısı ve karmaşası, güvenilirlik, pil ömrü, başlangıç maliyetleri ve kullanım kolaylığı olarak sıralanabilir [Jang ve Healy, 2009].

3.7.2.2.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 3.53’de Ev Kontrol Uygulaması örneği gösterilmektedir Sohraby, vd, 2007].



Şekil 3.53. Ev Kontrol Uygulaması

3.7.3. 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].

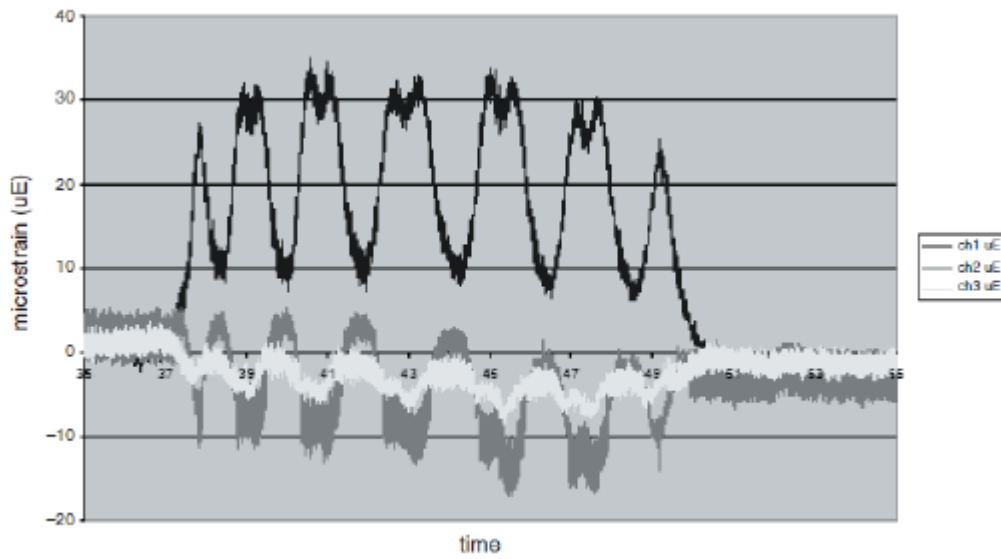


Şekil 3.54. Ben Franklin Köprüsü

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'lık 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 3.55'de gösterilmiştir [Townsend ve Arms, 2004]



Şekil 3.55. Köprü Gerilme Verileri

3.7.4. Yapısal Sağlık İzleme

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 konuşturmuştur [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].

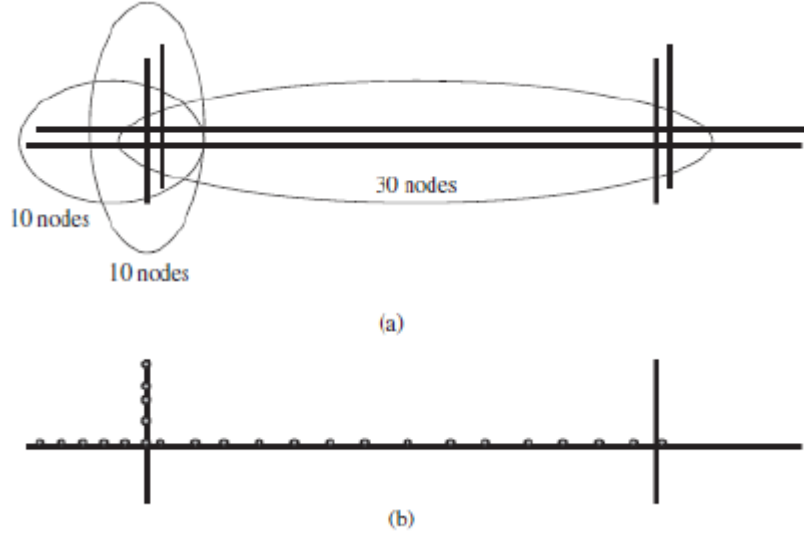
Önceleri köprüler geleneksel olarak denetlenmektedirler. Sonraları ise otomatik, verimli ve ekonomik yapısal sağlık izleme teknikleri geliştirilmiştir. Chintalapudi ve arkadaşlarına göre iki farklı deneyim tekniği geliştirilmiştir; takım tabanlı denetim ve yerel ve küresel denetimler [Dargie ve Poellabauer,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

Kaliforniya Berkeley Üniversitesi’nde geliştirilen ve San Francisco’daki Golden Gate Köprüsü’ne yerleştirilen algılayıcı ağları Şekil 3.56’da görülmektedir. 64 kablosuz algılayıcı ağı yapısal sağlık izleme için bu köprü üzerine yerleştirilmiştir [Dargie ve Poellabauer, 2010].



Şekil 3.56. Golden Gate Köprüsü a. Düğümler Her İki Tarafa Da Yerleştirilmiş. b. Yerleştirmenin İki Boyutlu Görüntüsü

3.7.5. 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].

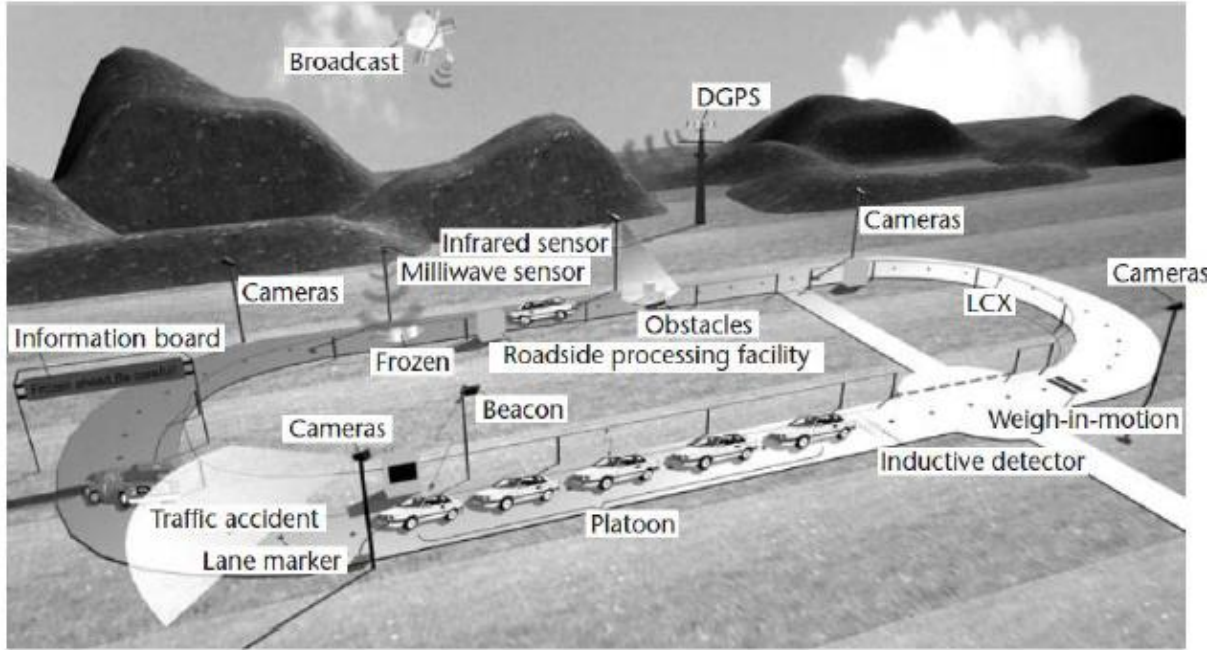
3.7.6. Ofis Binaları Çevre Kontrolü

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].

3.8. TRAFİK VE YOL UYGULAMALARI

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 sürücülerini bazı alternatif yollara veya acil çıkışlara yönlendirmede önemli etkindir [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 3.57'de gösterilmiştir [Dargie ve Poellabauer, 2010].



Şekil 3.57. 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 3.58. AMR Manyetik Algılayıcı İle Hareket Eden Bir Araç Tespiti

3.8.1. 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].

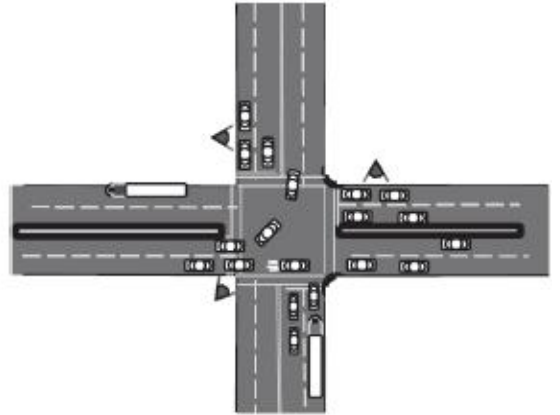


Şekil 3.59. Traffic.com Tarafından Geliştirilen Sistem

3.8.2. 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 paylaşımı 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].



Şekil 3.60. Trafik İzleme Uygulaması

3.8.3. 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].

3.8.4. 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].

3.8.5. 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, uyuklu 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 aktarılabilir. Bu bilgiler belirli sürüş, hava durumu, acil durum veya trafik koşulları için uyarı 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].

3.8.6. D-Systems Project

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

3.9. LOJİSTİK VE TAŞIMA UYGULAMALARI

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 ögesini 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 kurulumu kadar takip edilebilir

Çeşitli uygulama senaryoları aşağıda verilmiştir [Verdone, vd, 2008];

3.9.1. Hedef İzleme

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].

3.9.2. Depo İzleme

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].

3.9.3. 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]

3.9.4. 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]

3.10.WEB UYGULAMALARI

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 kullanılmaktadır. İki farklı özellik ön plana çıkmıştır [Lee ve Song, 2009];

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

3.10.1. The Apache PubScribe

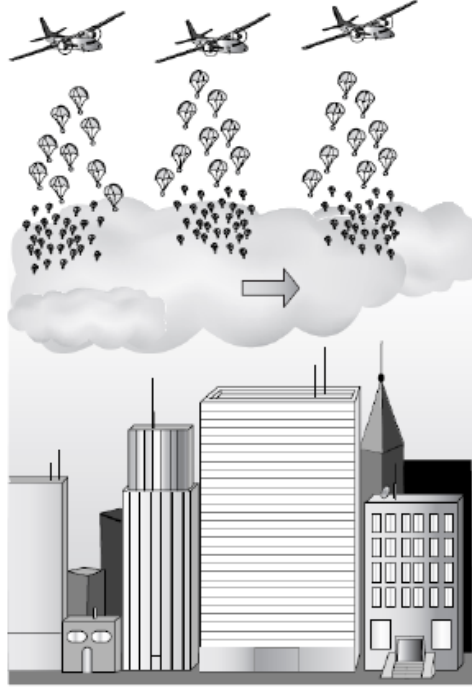
Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA), Ulusal Hava Hizmetleri (National Weather Service - NWS), hava durumu verileri, hortum, kasırga, yangın, sel, deprem, kaza, terör gibi olayların tahmininde büyük rol oynamaktadır. Web Hizmetler Bildirimi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

3.10.2. 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 3.61’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. Şekil 3.62’de görüldüğü gibi her algılayıcı düğümü bir mikroişlemci, bir RF modem ve bir manyetometre ile donatılmıştır [Zhao ve Guibas, 2004].



Şekil 3.61.Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Kimyasal Takip



Resim 3.62. Bir İnsansız Hava Aracından Bırakılan Algılayıcı Düğümü

3.10.3. 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 Consortium - 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].

3.10.4. 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].

3.11. EĞİTİM UYGULAMALARI

3.11.1. 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 enstrümente 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 kullanılabilir [Srivastava, vd, 2001].

3.11.2. 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].

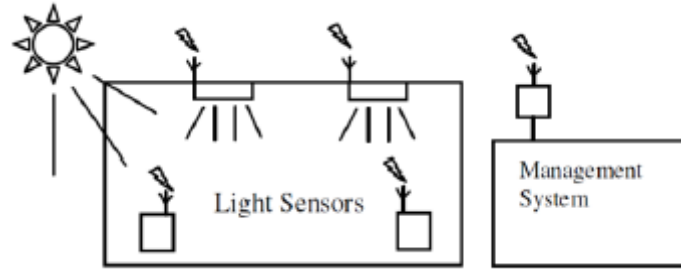
Projenin hedefleri [Xuemei ve Liangzhong, 2008];

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.

3.12. ENERJİ UYGULAMALARI

3.12.1. 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 m² DALI için ekonomik güç vardır [O’Reilly ve Buckley, 2005].



Şekil 3.63. 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].

3.12.2. AC Elektrik Direklerinin İzlenmesi

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 trafolarla 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].

3.12.3. 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].

3.13. DENİZCİLİK UYGULAMALARI

3.13.1. 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].

3.13.2. NEPTUNE

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

3.13.3. 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].

3.14. SU ALTI UYGULAMALARI

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 ağlarının 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.

3.14.1. Su Altı İzleme

Mercan kayalıkları ve balıkçılığın uzun vadeli izlenmesi için kullanılacak su altı algılayıcı ağlar için platform geliştirilmiştir. Algılayıcı ağ sabit ve mobil sualtı algılayıcı düğümlerinden oluşmaktadır. Düğümler noktadan noktaya yüksek hızlı optik haberleşme linkleri aracılığıyla iletişim kurmaktadır. Düğümlerde sıcaklık, basınç algılama cihazları ve kameralar da dâhil pek çok algılama cihazları vardır [Yick, vd, 2008].

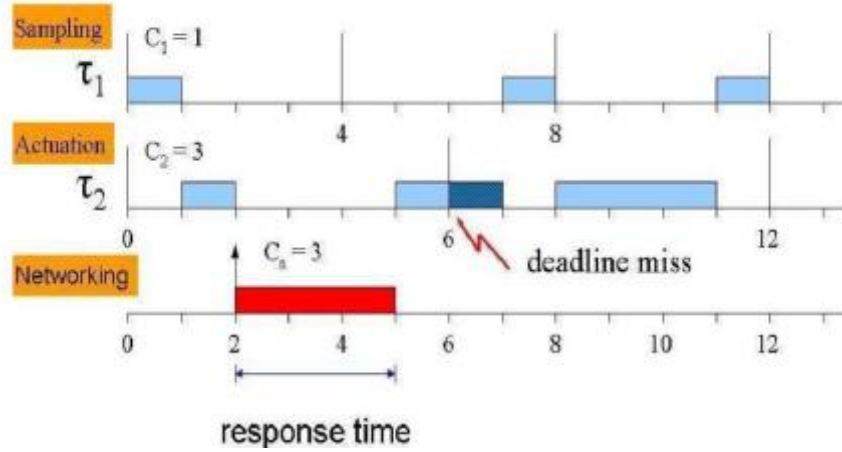
3.15. DİĞER UYGULAMALAR

3.15.1. Gerçek Zamanlı Uygulamalar

3.15.1.1. 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 3.64. 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].

3.15.2. 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].

3.15.3. 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 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

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 takdirde kodlarına veya tasarımına müdahale söz konusu olabilmekte ve istenildiği gibi de uyarlanabilmektedir.

Tasarlanan Algılayıcı Düğümü Algılayıcı düğümü ölçüm aralığı -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ 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 yapılabilir. Ve bir cep telefonu vasıtasıyla bu bilgiler hasta bakıcı veya doktora ulaştırılabilir.

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

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

KAYNAKLAR

1. **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,
2. **Agha**, K., Bertin, M. H., Dang, T., Guitton, A., Minet, P., Val, T., & Viollet, J. (2009), *"Which Wireless Technology for Industrial Wireless Sensor Networks"*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Volume 56, Issue 10, Page 4266 - 4278
3. **Akyildiz**, I. F., Vuran, M. C. (2010) *"Wireless Sensor Networks"*, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 9780470036013.
4. **Akyildiz**, I. F., W. Su, Y. S., & Cayirci, E., (2002), *"Wireless Sensor Networks A Survey"*. Elsevier Science B.V, ISSN 1570-8705.
5. **Alemdar**, H. Ö., (2004), *"RFID Enhanced Wireless Sensor Networks for Healthcare Monitoring"*, İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
6. **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.
7. **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.
8. **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,
9. **Bagree**, R., Jain, V. R., Kumar, A., & Ranjan, P., (2010), *"TigerCENSE: Wireless Image Sensor Network to Monitor Tiger Movement"*, Sri Lanka: 4th International Workshop, REALWSN 2010 Colombo, Sri Lanka.
10. **Bahreppour**, 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.
11. **Bayrakdar**, Y., & Kantarcı, A., (2010), *"Kablosuz Sualtı İletişiminde Yeni Araştırma Konuları"*. Muğla, Akademik Bilişim 2010.
12. **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.

13. **Bekmezci, İ.**, (2008), *"TDMA Based Wireless Sensor Network For Military Monitoring (MILMON)"*, İstanbul, Boğaziçi University, Doktora Tezi.
14. **Bhattacharyya, D.**, Kim, T., & Pal, S, (2010), *"A Comparative Study of Wireless Sensor Networks and Their Routing Protocols"*, Sensors 2010.
15. **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.
16. **Bulusu, N.**, & Jha, S., (2005), *"Wireless Sensor Networks: A Systems Perspective"*, Norwood: Artech House Inc, ISBN 1-58053-867-3.
17. **Chandra, P.**, Dobkin, D. M., Bensky, A., Olexa, R., Lide, D., & A.Dowla, F., (2008), *"Wireless Networking"*, USA, Elsevier Newnes, ISBN-10: 0750685824.
18. **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.
19. **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.
20. **Dargie, W.**, Poellabauer, C., (2010), *"Fundamentals Of Wireless Sensor Networks : Theory And Practice"*, United Kingdom, John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0470997656.
21. **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 .
22. **Döner, Ç.**, Şimşek, G., Yıldırım, K., Kantarcı, A., (2010), *"Kablosuz Algılayıcı Ağları ile Yangın Tespit Sistemi"*. İstanbul, Gömülü Sistemler ve Uygulamalar Sempozyumu - GÖMSİS, İTÜ.
23. **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 .
24. **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.
25. **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.

26. **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.
27. **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.
28. **Hac, A.**, (2003), *"Wireless Sensor Network Designs"*, West Sussex, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0470867361.
29. **Havinga, P.**, Kuper, J., (2007), *"Flexible Sensor Network Reprogramming for Logistics"*, Pisa, Mobile Adhoc and Sensor Systems, MASS 2007.
30. **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*.
31. **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.
32. **Hussain, M.**, Khan, P., Sup, K., (2009), *"WSN Research Activities for Military Application"*, 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.
33. **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
34. **Jang, W.**, Healy, W., (2009), *"Wireless Sensor Network Performance Metrics For Building Applications, Energy and Buildings, Volume 42, Issue 6, Pages 862–868*.
35. **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.
36. **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.
37. **Jawhar, I.**, Mohamed, N., Shuaib, K. (2007), *"A Framework for Pipeline Infrastructure Monitoring Using Wireless Sensor Networks"*, Pomona, CA Wireless Telecommunications Symposium, WTS 2007.
38. **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.

39. **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, İstanbul, Türkiye.
40. **Karl**, H., Willig, A., (2005), "*Protocols And Architectures For Wireless Sensor Networks*", West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0470095105.
41. **Kartal**, B., (2006), "*Medikal Kablosuz Sensör Ağı İçin Platform Oluşturulması ve Çoklu Gönderim Algoritması Geliştirilmesi*". İzmir, Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
42. **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.
43. **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.
44. **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.
45. **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.
46. **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.
47. **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).
48. **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.
49. **Ma**, Y., Chen, J., Huang, Y., Lee, M., (2010), "*An Efficient Management System for Wireless Sensor Networks*", *Sensors* 2010, 10(12), 11400-11413.
50. **Marin-Perianu**, M., Bosch, S., Marin-Perianu, R., Scholten, H., Havinga, P., (2010), "*Autonomous Vehicle Coordination with Wireless Sensor and Actuator Networks*", *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, Volume 5 Issue 4.

51. **Merret**, D. G., Tan, D. Y., (2010), *"Wireless Sensor Networks: Application-Centric Design"*, India: InTech, ISBN 978-953-307-321-7.
52. **Miao**, Y., (2005), *"Applications Of Sensor Networks"*, Nürnberg Wireless Self-Organization Networks,
53. Seminar.
54. **Nagel**, D. J., (2005), *"Wireless Sensor Systems and Networks: Technologies, Applications, Implications and Impacts"*, CSIS Press, Center for Strategic & International Studies, ISBN 0892064625.
55. **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.
56. **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
57. **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.
58. **Okdem**, S., Karaboga, D., (2009), *"Routing in Wireless Sensor Networks Using an Ant Colony Optimization (ACO) Router Chip"*, Sensors 2009, 9, 909-921.
59. **Önel**, T., (2009), *"Network-Centric Warfare Communications With Wireless Sensor Networks And Data Fusion"*, İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Doktora Tezi.
60. **Özçekiç**, E., (2005), *"Akıllı Ev Sistemleri"*, İstanbul, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi.
61. **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.
62. **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.
63. **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.
64. **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.

65. **Polastre**, J., Szewczyk, R., Culler, D., (2005), *"Telos Enabling Ultra-Low Power Research"*, Information Processing in Sensor Networks/SPOTS, Berkeley.
66. **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
67. **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.
68. **Rackley**, S., (2007), *"Wireless Networking Technology"*, Oxford UK, Newnes, ISBN 9780750667883.
69. **Raghavendra**, C. S., Sivalingam, K. M., Znati, T., (2004), *"Wireless Sensor Networks"*, Boston, Kluwer Academic Publishers, ISBN 978-1-4020-7883-5.
70. **Raludi**, R., (2011), *"Building Wireless Sensor Networks"*, USA, O'Reilly, ISBN 0596807732.
71. **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.
72. **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.
73. **Sohraby**, K., Minoli, D., Znati, T., (2007), *"Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications"*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc, ISBN 0471743003.
74. **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.
75. **Srivastava**, M., Muntz, R., Potkonjak, M., (2001), *"Smart Kindergarten: Sensor-based Wireless*
76. *Networks for Smart Developmental Problem-solving Environments"*, Rome, Italy, Proceedings of the ACM SIGMOBILE, 7th Annual International Conference, Mobile Computing and Networking.
77. **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).

78. **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.
79. **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.
80. **Tayşi**, Z. C. (2006), *"Telsiz Algılayıcı Düğüm Tasarımı ve Gerçeklenmesi"*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
81. **Tiwari**, A., Ballal, P., Lewis, F. L., (2007), *"Energy-Efficient Wireless Sensor Network Design And Implementation For Condition-Based Maintenance"*, ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN), Volume 3, Issue 1.
82. **Townsend**, C., Arms, S., (2004), *"Wireless Sensor Networks: Principles and Applications"*, Sensor
83. Technology Handbook. Elsevier, ISBN: 9780750677295.
84. **Verdone**, R., Dardari, D., Mazzini, G., Conti, A., (2008), *"Wireless Sensor And Actuator Networks: Technologies, Analysis And Design"*, Academic Press, ISBN 0123725399.
85. **Werner-Allen**, G., Johnson, J., Ruiz, M., Lees, J., Welsh, M., (2005), *"Monitoring Volcanic Eruptions with a Wireless Sensor Network"*, Wireless Sensor Networks, Proceedings of the Second European Workshop.
86. **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 .
87. **Xu**, N., (2002), *"A survey of Sensor Network Applications"*, IEEE Communications Magazine, University of Southern California, 2003.
88. **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.
89. **Yick**, J., Mukherjee, B., Ghosal, D., (2008), *"Wireless Sensor Network Survey"*, Computer Networks, Volume 52, Issue 12, 22 August 2008, Pages 2292–2330.
90. **Yu**, Y., Prasanna, V. K., (2006), *"Information Processing And Routing In Wireless Sensor Networks"*, USA, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, ISBN-10: 981270146X.
91. **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

92. **Zhao, F.,** Guibas, L. J., (2004), "*Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach*", Boston, Elsevier-Morgan Kaufmann, ISBN 1558609148.
93. **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, 2016 tarihinde ZigBee Alliance: <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/09-4962.pdf> adresinden alındı
94. **Karl, H. and Willig, A.;** "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks", Wiley,(May 2005)
95. **Ning Xu, A Survey of Sensor Network Applications,** University of Southern California.Available from <http://courses.cs.tamu.edu/rabi/cpsc617/resources/sensor%20nw-survey.pdf> , 2002.
96. **Srivastava, M., Muntz, R., and Potkonjak, M. 2001. Smart kindergarten:** sensor-based wireless networks for smart developmental problemsolving environments. In Proceedings of the 7th Annual international Conference on Mobile Computing and Networking (Rome, Italy). Mobi-Com '01. ACM, New York, NY, 132-138. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/381677.381690>
97. **F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci. "Wireless Sensor Networks: A Survey". Computer Networks,** 38(4):393--422, March 2002.
98. **Vieira, M.A.M.;** Coelho, C.N., Jr.; da Silva, D.C., Jr.; da Mata, J.M., "Survey on wireless sensor network devices," Emerging Technologies and Factory Automation, 2003. Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference , vol.1, no. pp. 537-544 vol.1, 16-19 Sept. 2003
99. **Anna Hac, "Wireless Sensor Network designs",** John Wiley & Sons, 2003
100. **S. Tilak, N. Abu-Ghazaleh, and W. Heinzelman,** "A Taxonomy of Wireless Micro- Sensor Network Models," ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R), Volume 6, Number 2, April 2002.
101. **Sensor node - Wikipedia,** the free encyclopedia, Erişim adresi : <http://en.wikipedia.org/w/index.php?oldid=263854165> , 2009.
102. **Yıldırım, K.S., Kalaycı, T.E., Uğur, A.,** "Optimizing Coverage in a K-Covered and Connected Sensor Network Using Genetic Algorithms", 9th WSEAS International Conference on Evolutionary Computing (EC'08), Sofia, Bulgaria, May 2-4, 2008.
103. **Wireless Industrial I/O Applications for Agriculture and Irrigation. (2012).** (Banner Engineering) 06.12. 2016 tarihinde Banner: http://www.bannerengineering.com/en-US/wireless/surecross_web_apps-ag adresinden alındı

ÖZGEÇMİŞ



Merve ÖZTÜRK 1993'de Kocaeli'de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Gölcük İhsaniye Anadolu Lisesi, Türkçe-Matematik Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri

Adres: Yeni Mahalle Marmara Caddesi
Gölcük/KOCAELİ

E-posta: ztrk.mrve@gmail.com

Tel: 5455326318