

# KABLOSUZ ALGILARICILARIN GÜNCEL KULLANIM ALANLARI

Oğuz ATA<sup>1</sup>  
Hasan H. BALIK<sup>2</sup>

## Özet

Teknolojinin gelişmesi ile algılayıcıların hem boyutları küçülmüş, hem de kapasiteleri ve işlevselliği artmıştır. Algılayıcılar günümüzde sıcaklıkta basınç ölçmeye, hız hareket ve yön takibine kadar birçok noktada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanımına paralel olarak kablosuz algılayıcılar üzerine yüzlerce akademik çalışma yapılmaktadır. Bu yayında kablosuz algılayıcılara ilgi duyan yeni araştırmacılara ışık tutabilmek için kablosuz algılayıcıların kullanım alanları kaynaklar ışığında açıklanmıştır.

<sup>1</sup> İstanbul Arel Üniversitesi Bilgisayar Müh.

<sup>2</sup> İstanbul Arel Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh.

## 1.GİRİŞ

Kablosuz algılayıcıların (KA) uygulama alanları uzun zamandır tartışılan konulardan biridir. Bu çalışmada KA'nın şu anki akademik ve ticari uygulama alanları araştırmacılara ışık tutması için güncel kaynaklar irdelenerek detayları ile anlatılacaktır.

Bu algılayıcılar, sismik, manyetik, termal, görsel, infrared, akustik yada radar olabilir. Bu algılayıcılar ile birçok değişken ortam şartlarını izlemek mümkündür. Örneğin sıcaklık, basınç, nem, hız, yön, hareket, ışık, gürültü seviyesi, belirli bir objenin varlığı yada yokluğu ve bağlı bulunduğu cisimin gerginlik seviyesi gibi ortam şartları hakkında çeşitli bilgiler toplanabilmektedir. Böyle geniş bir alanda bilgi edinebilme kabiliyeti aynı ölçüde geniş bir kullanım alanı sunmaktadır. Bu uygulama alanlarına ev güvenliği, uzayda potansiyel varlıkların izlenmesi, sualtı ve yeraltının izlenmesi, savunma için istihbarat toplama, çevresel izleme, kentsel savaş alanlarının izlenmesi, hava ve iklim analizi ve tahmini, savaş alanlarının izlenmesi ve gözetimi, güneş sisteminin ve ötesinin keşfi, sismik hareketliliklerin, gerilmelerin, sıcaklığın, rüzgar hızının ve GPS bilgilerinin izlenmesi gibi alanlar örnek verilebilir.

KA'nın uygulama alanları gün geçtikçe artmasına rağmen bu uygulama alanları

- Askeri uygulama alanları
- Çevresel bilgilerin izlenmesi
- Sağlık
- Ev uygulamaları
- Endüstriyel uygulamalar

olmak üzere beş kategoride incelenebilir.. Bu çalışmada uygulama örnekleri, akademik çalışmalar ışığında ayrıntıları ile anlatılacaktır.

## **2.KABLOSUZ ALGILAYICILARIN UYGULAMA ALANLARI**

### **2.1. Askeri uygulama alanları**

Kablosuz algılayıcılar, askeri kumanda, kontrol, keşif, haberleşme, hesaplama, hedefleme, istihbarat ve gözetim (C4ISRT) sistemlerinin bir parçası olarak kullanılabilir. Askeri C4ISRT sistemleri için, hızlı bir şekilde hedef alana dağıtılabilmeleri, kendi kendilerine organize olabilmeleri, hata tolerans karakteristikleri bu alanlarda kullanımı konusunda gelecek vaat etmektedir. KA, düğümlerin düşük maliyetli olması, hedefe yoğun şekilde yerleştirilmeleri, düşmanın saldırısı sonucu bazı düğümler zarar görse dahi bunun askeri operasyonu etkilememesi savaş alanı için aranan özelliklerdir. Bu nedenle askeri alanlar KA'nın kullanımı için uygundur. KA'nın askeri alandaki bazı uygulamaları şunlardır: Dost kuvvetlerin ekipman, silah, mühimmat gibi bilgilerinin izlenmesi, düşmanın gücünün ve savaş alanının keşfi, hedefleme, muharebenin hasar değerlendirmesi, nükleer, biyolojik ve kimyasal saldırıların algılanması vs.

#### **2.1.1.Smart Dust**

Smart Dust KA'nın ilk uygulamalarından birisidir. DARPA tarafından finanse edilen projesinin ana amacı, düşman sahasında kullanılacak KA için teknoloji sağlamaktır. KA'ların savaş alanında sağlam kalması, kendi kendine ayarlanabilmesi ve kendi kendine organize olabilmesi sayesinde kritik durumları değerlendirebilmek için gerekli olan bilgileri elde edebilirler. Böylece insanların sürekli olarak çalışamayacağı, çok tehlikeli alanlarda kullanılması, KA'nın kullanım alanlarında yeni ufuklar açmıştır. Smart Dust projesinin öncelikli hedeflerinden birisi de ayrı ayrı algılayıcı haberleşme birimi ve mikro denetleyici tasarımı yerine 1 milimetre küplük algılayıcı platformu geliştirmektir. Sonuç olarak üretilen cihazlar askeri alanda, savaş alanının izlenmesi, hareket izleme, scud füzesi avlama gibi alanlarda kullanılmıştır. Askeri dışında, geliştirilen bu teknoloji ticari olarak da kullanılmıştır. Örneğin her algılayıcı düğümün her bir parmağa takılması hareketin ve ivmenin izlenmesi ve bu hareketlerin klavyenin tuşlarına basma hareketine çevrilmesi sayesinde sanal klavye geliştirildi. Bunu dışında bir kamyonun envanter bilgilerinin merkeze gönderilerek izlenmesinin sağlanması, gıda maddelerinin

bulunduğu ortamın sıcaklık, nem gibi bilgilerinin sürekli takip edilmesi ve ürün kalitesinin kontrolü gibi ticari uygulamalarda da kullanılmıştır.

### 2.1.2.Keskin Nişancı Tespiti

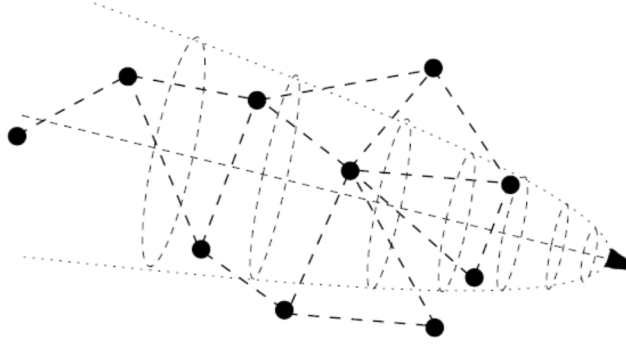
Boomerang keskin nişancı tespit sistemi, keskin nişancının kesin olarak tespit etmek için geliştirilmiştir ve askeriye, kanun uygulayıcı kurumlar ve belediyeler tarafından kullanılmaktadır. Bu uygulamanın gerçekleştirilmesi için iki farklı mimari vardır.

Bunlardan birincisi, Şekil 0.1'de görüldüğü gibi mikrofon dizisinden oluşan sistemdir. Bu cihaz sabit bir yere yerleştirilebildiği gibi hareketli bir araçta yerleştirilebilir. Sistem ateş açılan yeri tespit için pasif akustik mikrofonlar kullanır. Mikrofonlardan gelen ses algılanarak işlenir ve bulunulan pozisyona göre ateş açılan yer hesaplanarak tahmin edilir. Bu işlem hareket halindeki araçlarda bile gerçekleştirilebilir.

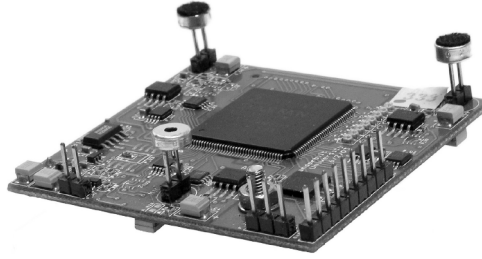
İkinci mimaride ise Şekil 0.2'de görüldüğü gibi geniş bir alanda dağıtık ağ mimarisi kullanılır. Ateş edildiğinde gelen ses Şekil 0.3'deki algılayıcılar ile algılanıp yüksek hızlı sayısal işaretleme ünitelerinde değerlendirilip merkeze gönderilir. Bu sayede merminin yörüngesi hakkında elde edilen bilgiler kullanılarak keskin nişancının yeri tespit edilir .



Şekil 0.1- Boomerang Keskin Nişancı Tespit Sistemi



Şekil 0.2 - Dağıtık Keskin Nişancı Tespit Sistemi



Şekil 0.3 - FPGA Tabanlı Akustik Algılayıcı

## 2.2. Çevresel Bilgilerin İzlenmesi

KA çevresel alanların izlenmesi konusunda çok çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Kuşların, küçük hayvanların, böceklerin takibi, hayvanların, sulamannın, yada ekinlerin çevresel şartlar ile olan ilişkisinin izlenmesi, büyük araçların geniş çaplı izlenmesi, gezegen keşifleri vb. alanlar örnek olarak verilebilir.

### 2.2.1.Büyük Ördek Adası Projesi (Great Duck Island- GDI)

GDI projesi Intel laboratuvarları ve Atlantis kolleji ile beraber gerçekleştirilmiştir.

Bu proje ile örneğin fırtına kuşu gibi bir deniz kuşunun, yuva seçmiş, mikro iklimsel faktörlerin deniz kuşlarının yaşam alanı seçimi üzerindeki etkileri, yada daha özel olarak kuşların yuvada bulunma sürelerinin izlenmesi, üzeme sezonu boyunca gerçekleşen çevresel değişiklikler ve bu durumların birbiri ile ilişkili olarak deniz kuşlarının davranışlarını nasıl değiştirdiği gibi durumları izlemek için gerçekleştirilmiş bir projedir <sup>123</sup>

### 2.2.2.CORIE (Columbia River Ecosystem)

Kolombiya Nehri çevresel gözlem ve tahmin sistemi (environmental observation and forecasting system -EOFS) Oregon enstitüsündeki kıyı ve arazi araştırma merkezi tarafından yapılmıştır. Şekil 0.4'de görüldüğü gibi Kolombiya Nehrinin içinde yada çevresinde özellikle de denize döküldüğü yerde toplam 23 tane sabit istasyon kurulmuştur <sup>4</sup>

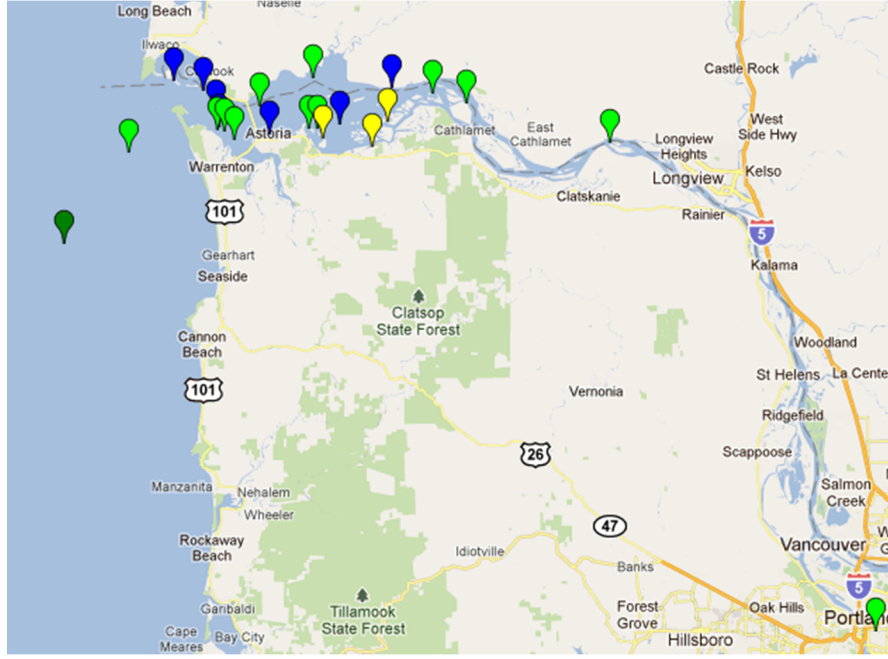
---

1 Ian F. Akyildiz and Mehmet Can Vuran, Wireless Sensor Networks, 1st ed.: A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2010.

2 Alan Mainwaring, David Culler, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, and John Anderson, "Wireless sensor networks for habitat monitoring," in ACM WSNA'02, GA, USA, 2002.

3 Robert Szewczyk et al., "Application driven systems research: habitat monitoring with sensor networks," Communications of the ACM Special Issue on Sensor Networks, vol. 47, no. 6, pp. 34-40, 2004.

4 CORIE. [Online]. <http://www.ccalmr.ogi.edu/CORIE/>



Şekil 0.4 - Columbia Nehiri Algılayıcı İstasyonlar

Bu algılayıcılardan alınan bilgiler ile gemilerin on-line kontrolü, arama-kurtarma, ekosistem araştırması ve yönetimi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca algılayıcı bilgileri ORBCOMM LEO uydusu tarafından alınır ve internet ortamından gerçek zamanlı olarak aktarılır<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> CORIE. [Online]. <http://www.ccalmr.ogi.edu/CORIE/>

### 2.2.3. ZebraNet

Hayvan izleme sistemi, zebraların uzun dönemli hareket şablonları ve türler arası etkileşim bilgilerini elde edebilmek için geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem Kenya'da iki zebra türünü incelemek ve konum bilgilerini alabilmek için Şekil 0.5'deki gibi zebraların boynuna yerleştirilmiştir. Her bir cihaz GPS ünitesi, mikro denetleyici, uzun ve kısa menzilli iki adet verici, yüksek yoğunluklu lityum-ion polimer piller ve bu pilleri şarj edebilmek için güneş panellerinden oluşmaktadır. Algılayıcı düğüm her üç dakikada bir konum bilgisini kaydeder. ZebraNet, merkez düğümü olmayan, çok hareketli bir ağ olarak karakterize edilebilir. Buna bağlı olarak konum bilgilerinin aktarımı konusunda gecikme toleranslıdır<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Ian F. Akyildiz and Mehmet Can Vuran, *Wireless Sensor Networks*, 1st ed.: A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2010.





Şekil 0.5 - Geliştirilen ZebraNet Düğümü

#### **2.2.4. Yanardağ Hareketlerinin İzlenmesi**

KA'nın kullanım alanlarından biriside de sürekli insan erişiminin imkansız olduğu bölgelerden bilgi toplamaktır. Bu amaç ile volkanların izlenebilmesinde volkan çevresine kolayca yerleştirilebilir ve buldukları yerden sürekli bilgi sağlayabilir. KA'ların volkanlarda kullanılabilirliğinin ispatı için 2004-2005 de Ekvator'da iki tane vaka çalışması yapılmıştır. 2004'de Şekil 0.6'daki algılayıcıya benzer üç algılayıcı küçük bir KAA Volcán Tungurahua yanardağına yerleştirilmiştir. Bu algılayıcılar üzerlerinde bulunan

düşük frekans hassasiyetli mikrofonlar ile üç gün boyunca patlamakta olan yanardağdan bilgi iletmiştir. 2005'de ise Volcán Revendator yanardağında ise 16 Tmote Sky düğümüne sismik ve akustik algılayıcılar eklenmesi ile bu aktif volkan 16 gün boyunca izlenmiştir<sup>7</sup>



Şekil 0.6 - Yanardağda kullanılan Algılayıcı Düğüm

---

<sup>7</sup>Geoffrey Werner-Allen et al., "Deploying a wireless sensor network on an active volcano," *IEEE Internet Computing*, vol. 10, no. 2, pp. 18-25, March/April 2006.

## 2.3.Sağlık Uygulamaları

Canlıya yerleştirilen biyomedikal cihazların ve akıllı entegre algılayıcıların geliştirilmesi, KA'ların biyomedikal ve sağlık gibi alanlarda da kullanım alanını yaygınlaştırmıştır. KA'ların sağlık alanında kullanılmasına, engelliler için arabirim olabilme, hasta izleyebilme, hastanede hasta ve doktorların izlenmesi ve takibi, ilaç takibi ve yönetimi örnek olarak verilebilir<sup>8 9</sup>

### 2.3.1.Yapay Retina Projesi

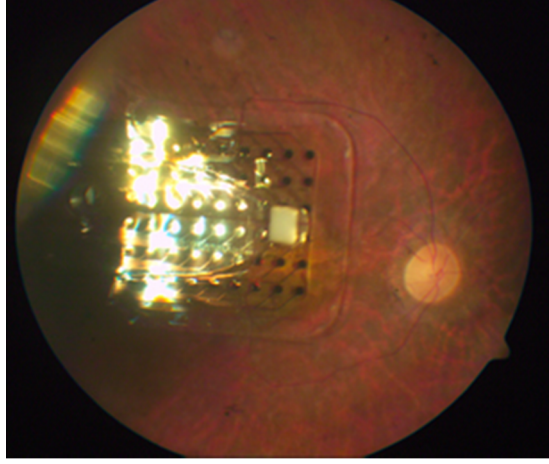
Yapay retina projesi Amerika Enerji Bakanlığı tarafından desteklenmekte olup görme engelliler için yapay retinanın göze yerleştirilmesi amaçlanmaktadır. Proje iki tane retina hastalığına odaklanmıştır. Bunlar yaşa bağlı macular bozulma (age-related macular degeneration -AMD) ve retinitis pigmentosa(RP) olarak adlandırılır. AMD 60 ve sonraki yaşlarda retinanın merkezinde oluşan sıvı sızıntısı yada kanama sonucu görme kaybıdır. Diğer taraftan RP gurubu çubuk hücreleri ve fotoreseptörlerdeki problemlerden dolayı yan görüşün ve gece körlüğü gibi ışık hassasiyetinin azalmasıyla oluşan, görme kaybına sebep olan retinal hastalıklardır. Yapay retina projesi bu problemlere çözüm bulmak amacı ile 16 elektrot dizili, 60 elektrot dizili yapay retina modelleri Şekil 0.7'de görüldüğü gibi üretilip hastalara yerleştirilmiştir. 200 ve üzeri elektrot dizili yapay retina çalışmaları ise hala sürmektedir<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup>Artificial Retina project. [Online]. <http://artificialretina.energy.gov/>

<sup>9</sup>Dust Networks Inc. [Online]. <http://www.dust-inc.com>

<sup>10</sup> Artificial Retina project. [Online]. <http://artificialretina.energy.gov/>



Şekil 0.7 - Yapay Retina

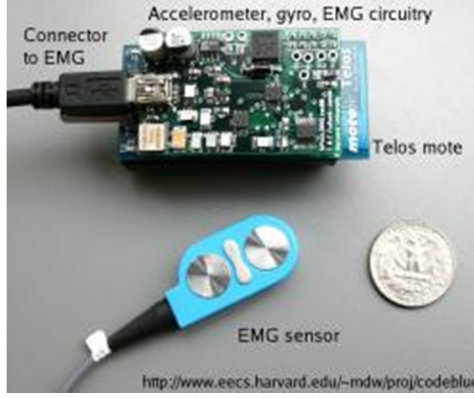
### 2.3.2.Hasta Takibi

Harvard Üniversitesindeki CodeBlue projesi hastaların, hayati işaretlerini izlemek için giyilebilir algılayıcı ağlar üzerine odaklanarak, günlük yaşamları boyunca bu verileri anlık olarak takip etmek için geliştirilmiştir.<sup>11</sup> Bu amaçla kandaki oksijen miktarını ölçen pulse oximeter, EKG, EMG devreleri MicaZ ve Telos algılayıcı düğümleri için Şekil 0.8'de görüldüğü gibi tasarlanmış CodeBlue yazılımı, sağlık personelinin hastanın durumunu PDA vb. cihazlardan takip edilebilmesi için gerekli özelliklere sahiptir<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> David Malan, Thaddeus Fulford-Jones, Matt Welsh, and Steve Moulton, "CodeBlue: an Ad Hoc sensor network infrastructure for emergency medical care," in *Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004)*, Boston / USA, 2004.

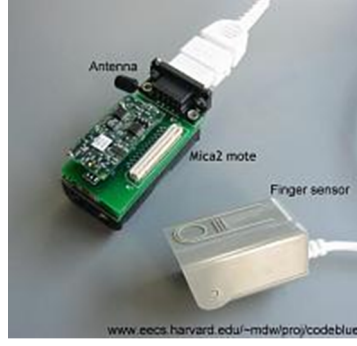
<sup>12</sup> CodeBlue: Wireless Sensors for Medical Care. [Online]. <http://fiji.eecs.harvard.edu/CodeBlue>



a)EMG



b)EKG



c)Oksijen Ölçer

Şekil 0.8 - CodeBlue Giyilebilir Algılayıcıları

## 2.4.Ev Uygulamaları

Teknoloji ilerledikçe, akıllı algılayıcılar ve çalıştırıcılar, vakum temizleyici, mikrodalga fırın, buzdolabı ve DVD oynatıcının<sup>13</sup> yanısıra su takip sistemleri<sup>14</sup> gibi aletlerin içerisinde tümleşik olabilmektedir. Bu akıllı algılayıcı ve çalıştırıcılar kendi aralarında, internet vasıtası ile harici ağlarla ve uydularla etkileşimde bulunabilirler. Bunlar son kullanıcının dahili olarak ve uzaktan ev cihazlarını yönetebilmesini sağlar. Buna göre KA'ların birbiri ile ilişki kurabilmeleri yakından ve uzaktan kontrol edilebilmeleri, evde değişik bir çok uygulama alanı yaratmaktadır.

### 2.4.1.Su Sayacı

Özel otonom su takip sistemi (The Nonintrusive Autonomous Water Monitoring System -NAWMS-) KAA kullanılarak geliştirilmiştir. NAWMS'ın amacı su kullanımındaki fire ve kaçakların tespiti ve ev sahibi yada kiracının bu konuda bilgilendirilmesini sağlamaktır.<sup>15</sup>

Su şirketleri evin sadece toplam harcadığı su miktarı hakkında bilgi sahibidir. Bu toplamın evin içerisinde nerelerden harcadığının, bağımsız bir kaynak tarafından hesaplanması kolay değildir.Fakat birbirleri ile haberleşebilen dağıtık KA kullanımı ile sistemden bir evin içerisinde hangi borudan ne kadar su çekildiği düşük bir maliyet ile izlenebilmektedir.<sup>16 17</sup>

NAWMS, her bir borudan akan su, boruda oluşan titreşimin ölçülmesi ile tahmin edilebilir temel prensibine dayanmaktadır. Çünkü bu ikisi arasında

---

<sup>13</sup> Emil M. Petriu, Nicolas D. Georganas, Dorina C. Petriu, Dimitrios Makrakis, and and Voicu Z. Groza, "Sensor-based information appliances," *Instrumentation & Measurement Magazine*, vol. 3, no. 4, pp. 31-35, December 2000.

<sup>14</sup> Younghun Kim, Thomas Schmid, Zainul M. Charbiwala, Jonathan Friedman, and Mani B. Srivastava, "NAWMS: Nonintrusive Autonomous Water Monitoring System," in *THE 6TH ACM CONFERENCE ON EMBEDDED NETWORKED SENSOR SYSTEMS*, 2008, pp. 309-321.

<sup>15</sup> Younghun Kim, Thomas Schmid, Zainul M. Charbiwala, Jonathan Friedman, and Mani B. Srivastava, "NAWMS: Nonintrusive Autonomous Water Monitoring System," in *THE 6TH ACM CONFERENCE ON EMBEDDED NETWORKED SENSOR SYSTEMS*, 2008, pp. 309-321.

<sup>16</sup> Younghun Kim, Thomas Schmid, Zainul M. Charbiwala, Jonathan Friedman, and Mani B. Srivastava, "NAWMS: Nonintrusive Autonomous Water Monitoring System," in *THE 6TH ACM CONFERENCE ON EMBEDDED NETWORKED SENSOR SYSTEMS*, 2008, pp. 309-321.

<sup>17</sup> Ian F. Akyildiz and Mehmet Can Vuran, *Wireless Sensor Networks*, 1st ed.: A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2010.

oransal bir ilişki vardır. Buna bağlı olarak ivme ölçer vasıtası ile borudaki titreşimin ölçülmesi için kablosuz ağ düğümü boruya takılır. Titreşim ve su akışı arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğundan dolayı her bir kablosuz algılayıcı düğüm, ivme bilgisinden su akış bilgisinin doğru hesaplanabilmesi için kalibre edilir. Kalibrasyon ise elle yapılmak yerine ana su sayacı yardımı ile bağımsız olarak takılan her bir düğüm kendisini otomatik olarak kalibre eder.<sup>16</sup>

## 2.5.Endüstriyel Uygulamalar

Erişim kontrolü, bina otomasyonu, endüstriyel algılama ve kontrol uygulamaları gibi endüstriyel alanlarda uzun zamandır kablolu algılayıcı ağlar kullanılmaktadır. Ancak kablolu algılayıcıların dağıtımı ve yerleştirilmesi ile ilgili maliyetlerden dolayı uygulanma alanları limitlidir. Ayrıca algılayıcı sistem endüstriyel alana yerleştirilmiş olsa bile algılayıcı güncellemesinin ve yenilenmesinin maliyeti çoğunlukla yeni bir sistemin maliyetini geçebilmektedir. Endüstriyel uygulamalarda önleyici bakım için algılayıcı tabanlı sistemlere ek olarak elle izleme sistemleri kullanılmaktadır. Elle izleme, deneyimli personeller tarafından, merkezi noktalardan analiz için el analizörleri ile bilgileri toplarlar. Algılayıcı temelli sistemlerde, algılayıcı yerleştirme maliyetinin yüksekliği, elle yapılan izleme ve takip sistemlerinin düşük kesinlikteki hassasiyeti, personel ihtiyacı yerine Kablosuz algılayıcıların kolay yerleştirilmesiyle, yüksek kesinlikte hassasiyetiyle, pille çalışan kablosuz veri aktarım birimiyle bu sistemlere alternatif olarak umut verici bir çözümdür.<sup>18 19</sup>

---

<sup>18</sup> Lakshman Krishnamurthy et al., "Design and Deployment of Industrial Sensor Networks: Experiences from a Semiconductor Plant and the North Sea," in *In Proceedings of SenSys'05*, USA, 2005, pp. 64–75.

<sup>19</sup> Ian F. Akyildiz and Mehmet Can Vuran, *Wireless Sensor Networks*, 1st ed.: A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2010.

## 2.6.Önleyici Bakım

Önleyici bakım, uzun süreli kullanımda pahalı ekipmanların etkin maliyetli kullanımını sağlamaktadır. Ancak mevcut sistemlerde önleyici bakım sistemlerinin kurulumu ilgili maliyet kazanımlarına bakıldığında geniş bir kabul görmez. Fakat KA'lar biri petrol tankeri ve diğeri yarı-iletken üretim fabrikasında olmak üzere yapılan iki vaka çalışmasında, yeterli önleyici bakım hizmeti sağlayarak etkim maliyetli bir sistem olduğunu göstermiştir<sup>18</sup>.

Ekipmana takılan ivme ölçer ile titreşim analiz teknikleri kullanılarak ekipmanın "sağlığı" takip edilebilir. Intel'in yarı-iletken fabrikasında binlerce algılayıcı, ekipmaların değişik parçalarına ait titreşimler izler. Makineler sürekli izlenir, iyi çalışan bir cihazın, parçalarına ait imza haritaları çıkarılır. Ancak çalışanlar tarafından algılayıcılardan gelen veriler elle toplanır. Veri toplama işlemini otomatikleştirmek için Mica2 ve Intel Mote düğümleri yanı sıra



Stargate ağ geçitleri de kullanılarak oluşturulan ağ yani "FabApp"



Şekil 0.9 - FabApp'da Konuşlandırılmış Algılayıcı Düğüm

'da görüldüğü gibi kurulmuştur<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Lakshman Krishnamurthy et al., "Design and Deployment of Industrial Sensor Networks: Experiences from a Semiconductor Plant and the North Sea," in *In Proceedings of SenSys'05*, USA, 2005, pp. 64–75.



Şekil 0.9 - FabApp'da Konuşlandırılmış Algılayıcı Düğüm

### **3.SONUÇ**

Bu çalışmada kablosuz algılayıcıların kullanım alanları akademik çalışmalar ışığında verilmiştir. Yayında askeri uygulama alanın, çevresel bilgilerin elde edilmesi alanı, sağlık uygulamaları, domestik uygulamalar ve endüstriyel uygulamalar örnekler ile anlatılmıştır. Bu çalışmanın kablosuz ağlar üzerine araştırma yapacaklara kolaylık sağlayacağı kesindir.

#### 4.KAYNAKLAR

Ian F. Akyildiz and Mehmet Can Vuran, *Wireless Sensor Networks*, 1st ed.: A John Wiley and Sons, Ltd, Publication, 2010.

Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, and Dipak Ghosal, "Wireless sensor network survey," *Computer Networks*, vol. 52, no. 2, pp. 2292-2330, 2008.

Boomerang shooter detection system. [Online]. <http://bbn.com/boomerang>

Dust Networks Inc. [Online]. <http://www.dust-inc.com>

Ian F Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey.," *Computer Networks*, vol. 38, no. 4, pp. 393-422, March 2002.

Tian He et al., "VigilNet: an integrated sensor network system for energy-efficient surveillance," *ACM Transactions on Sensor Networks*, vol. 2, no. 1, pp. 1-38, February 2006.

Ákos Lédeczi et al., "Countersniper system for urban warfare," *ACM Transactions on Sensor Networks*, vol. 1, no. 2, pp. 153–177, November 2005.

Alan Mainwaring, David Culler, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, and John Anderson, "Wireless sensor networks for habitat monitoring," in *ACM WSNA '02*, GA, USA, 2002.

Robert Szewczyk et al., "Application driven systems research: habitat monitoring with sensor networks," *Communications of the ACM Special Issue on Sensor Networks*, vol. 47, no. 6, pp. 34-40, 2004.

CORIE. [Online]. <http://www.ccalmr.ogi.edu/CORIE/>

Geoffrey Werner-Allen et al., "Deploying a wireless sensor network on an active volcano," *IEEE Internet Computing*, vol. 10, no. 2, pp. 18-25, March/April 2006.

Artificial Retina project. [Online]. <http://artificialretina.energy.gov/>

David Malan, Thaddeus Fulford-Jones, Matt Welsh, and Steve Moulton, "CodeBlue: an Ad Hoc sensor network infrastructure for emergency medical care," in *Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004)*, Boston / USA, 2004.

CodeBlue: Wireless Sensors for Medical Care. [Online]. <http://fiji.eecs.harvard.edu/CodeBlue>

Emil M. Petriu, Nicolas D. Georganas, Dorina C. Petriu, Dimitrios Makrakis, and Voicu Z. Groza, "Sensor-based information appliances," *Instrumentation & Measurement Magazine*, vol. 3, no. 4, pp. 31-35, December 2000.

Younghun Kim, Thomas Schmid, Zainul M. Charbiwala, Jonathan Friedman, and Mani B. Srivastava, "NAWMS: Nonintrusive Autonomous Water Monitoring System," in *The 6th Acm Conference On Embedded Networked Sensor Systems*, 2008, pp. 309-321.

Lakshman Krishnamurthy et al., "Design and Deployment of Industrial Sensor Networks: Experiences from a Semiconductor Plant and the North Sea," in *In Proceedings of SenSys '05*, USA, 2005, pp. 64-75.