Endüstriyel Üretimde Kullanılan Cihazlarda Oluşan Hatanın Tespiti ve Tahmininde Kablosuz Veri İletim Teknolojilerinin Kullanımı

Okan ORAL[1]
[1]Akdeniz Üniversitesi, Enformatik Bölüm Başkanlığı, Antalya
okan@akdeniz.edu.tr

Özet: Endüstriyel üretimde hedef kısa üretim zamanı ve en düşük maliyetle, en yüksek kalitede, standartlara uygun yüksek üretim miktarı elde etmektir. Bu hedefe ulaşmak için hata tespit ve tahmini önemli bir işleve sahiptir. Endüstriyel süreçlerden elde edilen verilerin yorumlanması, sistemde oluşabilecek hataların önceden tespitine ve hata oluşumundan önce müdahaleye olanak tanımaktadır.

Durum algılamada kablolu iletişimin kullanılmasının olanaksız olduğu endüstriyel sahalarda güvenli ve daha düşük maliyetli çözüm kablosuz veri haberleşme sistemlerinin kullanımıdır. Kablosuz sistemin sanayinde kullanılmasının üretim esnasında oluşan problemleri eş zamanlı olarak izlenmesine olanak tanımasıyla oluşabilecek hataların önceden yada oluşum anında tespit edilmesi ve üretim sürecinin iyileştirilmesine yönelik çözüm önerilerinin sunulmasında faydaları bulunmaktadır. Bu çalışmada, Endüstriyel sahalarda hata tespitinde kablosuz veri iletimi kullanılarak gerçekleştirilen örnek durum algılama uygulamaları incelenmiştir. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda kullanılan kablosuz veri iletim teknolojileri ve yöntemleri hakkında tartışılmış ve kablosuz teknolojilerin önemi üzerinde durulmuştur. Kablosuz veri iletiminin düşük maliyeti, dağıtımın kolaylığı ve bir merkezden izleme yeteneği gibi dikkat çeken birçok faydalı yönleri belirtilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kablosuz durum algılama sistemi, , Zigbee Teknolojisi, Bluetooth

1.Giriş

Endüstriyel üretimde kullanılan cihazlara yerleştirilen çeşitli sensörlerden algılanan verilerin yorumlanması suretiyle sistemde oluşabilecek hataların önceden belirlenmesi, endüstriyel üretim süreçlerinin ekonomik ve güvenli işletimi bakımından son derece önemlidir [1]. Hatanın önceden tespitini sağlamak için durum algılama sistemleri kullanılmaktadır. Çok farklı sahalarda kullanılabilen durum algılama metotları, belirli zaman aralıklarında yapılan periyodik bakımlar yerine devamlı gözlenebilen mevcut andaki durum için karar verme algoritmalarının gerçek zamanlı uygulanması esasına dayanır [2]. Durum algılamada kablolu iletişimin kullanılmasının olanaksız olduğu endüstriyel sahalarda güvenli ve daha düşük maliyetli çözüm kablosuz veri haberleşme sistemlerinin kullanımıdır. Kablosuz sistemin sanayinde kullanılmasının üretim esnasında oluşan problemleri eş zamanlı olarak izlenmesine olanak tanımasıyla oluşabilecek hataların önceden yada oluşum anında tespit edilmesi ve üretim sürecinin iyileştirilmesine yönelik çözüm önerilerinin sunulmasında faydaları bulunmaktadır.

Üretim dışı ortamlarda bile (örneğin binalarda enerji izleme) kablosuz algılayıcı ağlarının ticarileşmesi son yıllarda gündeme gelmiştir. Buda üretime yönelik uygulamalarda tasarım ve uygulamanın çok yeni olduğunu göstermektedir. Bu alanlarda kablosuz veri iletimi uygulanması hala çok yenidir[3]. Bir fabrikadaki kablolu durum algılama sistemine karşın kablosuz veri iletimi kullanılan durum algılama sistemi kullanmanın pek çok farklı avantajları vardır. Kablosuz sistem makine ekipmanlarının farklı bölümlerinin üzerine yerleşik bulunabilir ve erken hata tespiti ve hata analizleri için izlenebilirler. Kablosuz sistemlerin küçük ebatları ve otonomisi bunların genellikle erişimi zor olan bölgelere yerleşmelerini sağlar. Ayrıca sensörlerin makineler kurulduktan sonra güçlendirilmeleri (makine konfigürasyonundaki küçük değişmelerle) mümkündür.

Kablosuz ağlar, kablosuz internet erişimi, kablosuz telefonlar, kablosuz bağlantılar; veri milimetre uzağa da aktarılsa, kilometrelerce uzağa da aktarılsa etkili çözümler sunar. Bazen, her kısa aralıklı gereksinimlerde, algılayıcıdan gelen kritik ölçüm verisinin bir noktaya aktarımında kullanılan "kablolu" bağlantı işe yaramayabilir, çünkü değerlendirilen parça, dönen veya yer değiştiren bir nesne olabilir. Esnek kablolama, bazı uygulamalarda kullanılmaktadır, fakat bu çözüm, tasarımcının kablonun yeri, geri çekme donanımı ve kablo kaplaması gibi bir dizi zorlukla karşılaşmasına neden olabilir. Kablosuz haberleşmeli sistemler ise hem yüksek etkinlik sağlar hem de kritik ölçüm verilerinin uzaktan elde edilebilmesine olanak tanır. Uzak mesafeli gereksinimler de sıklıkla bir dizi zorluktur. Mevcut yapılar arasında kablo çekmek, hem kurulum açısından hem de maliyet ve işlem zamanı açısından uygun olmayabilir. Kablosuz yöntemler bu açılardan olumlu yönlere sahiptir [4]. Kablosuz iletişim teknolojilerinin son yıllarda popülerliği gittikçe artmaktadır. Yüzlerce kablosuz donanım üreticisi ve birçok standart vardır. Her birinin faydasını ve eksikliklerini anlama, seçim sürecini daha kolaylaştırabilir. Radyo dalgaları ile iletilen ölçüm verilerindeki doğruluk göz önüne alındığında, bu daha önemli olmaktadır. Bu çalışma ulusal ve uluslararası kapsamda kablosuz veri iletim teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilen endüstriyel ve sağlık alanında yapılan

çalışmaların incelendiği bir derlemedir.

2.Kablosuz Durum Algılama Konusunda Yapılan Çalışmalar

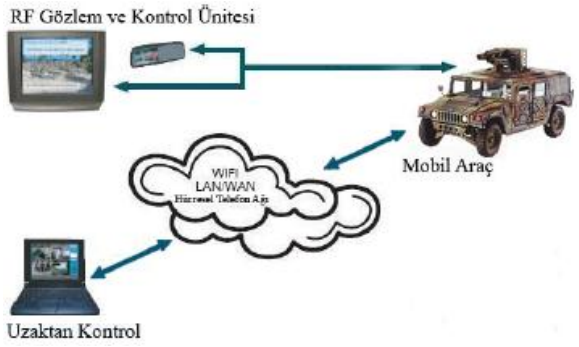
Hızla gelişmekte olan teknolojiyle birlikte gelişen ve her geçen gün yeni gelişmeler kaydeden kablosuz durum algılama sistemlerinin kullanımı, gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Üretim teknolojilerindeki gelişmelerin bir neticesi olan üretim maliyetlerin azalması ile kullanılan bu sistemler, başta sanayi ardından savunma sanayi, uzay araştırmaları, meteoroloji, su altı uygulamaları ve sağlık sektöründe kullanılmaktadır. Gelişen radyo haberleşme sistemlerinin sayısal sistemler ile entegre edilmesi, geliştirilen uygulamaların kullanılabilirliğini ve esnekliğini arttırmış, dolayısıyla kullanım alanları daha da genişlemiştir[5]. Bu şekilde gerçekleştirilen uygulamalardan bazıları aşağıda görülebilmektedir;

Austin, K. J., Calder, M. ve McAree, P. R. (2005), "Machine Monitoring With Wireless Sensor Networks" adlı çalışmada (Şekil 1), "mote" olarak bilinen kablosuz ağlar kullanılarak malzemedeki yorulmaların izlenebilmesini sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Duyarga olarak gerilim duyargaları (strain gauge) kullanılmıştır. Sistem birçok duyarga düğümlerinin bulunduğu bir kablosuz ağdan oluşmaktadır. Her bir duyarga düğümü uygulamaya ait örnek verileri alıp işleyip, veri tabanına kaydederek makine operatörüne bir rapor göndermektedir. Ana amaç, düzgün geribildirim sağlayarak normal işleyiş anında oluşabilecek hasarları operatöre bildirmek ve ileride yapılacak analizler için kayıt tutmaktır. İşlenmemiş ham veriler filtre edildikten sonra pek çok duyarga noktalarından gelen veriler kablosuz olarak bir merkezde birleşerek malzeme üzerindeki gerilim noktaları ve gerilim değerleri belirlenmektedir. Böylece malzeme üzerindeki yorulmaya bağlı hasarlar tespit edilebilmektedir. Sistemin ana parçaları; strain gauge devre kartı, kablosuz birim ve bir güneş panelinden oluşmaktadır. Kablosuz verici 300-1000 Mhz frekans aralığında çalışmaktadır ve üzerinde 128 kbayte flash belleği bulunan bir ATMega işlemciye sahiptir. Strain gauge devre kartı üzerinde 16 bitlik bir analog sayısal çevirici bulunmaktadır. Sistem güç kaynağı olarak şarj edilebilir sekiz adet pille beraber güneş pili kullanılmıştır. Verilerin toplandığı merkezde ise bir bilgisayar bulunmaktadır. Sistemin testi için kurulan kablosuz ağda toplam 20 adet duyarga noktası kullanılmıştır.



Şekil 1. Kablosuz sensör ağları ile makine durum izleme [6]

Abayhan, G. C., Onat, M. (2009), "İnternet ve Rf Tabanlı Mobil Gözetleme Sistemi" adlı çalışmada, Internet ve Radyo Frekans (RF) tabanlı mobil araçlı gözetleme sistemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Araç üzerine yerleştirilen kamera, ses ve görüntü verisini internet/ RF üzerinden operatöre aktarmaktadır. Operatör, mobil el kumandası ya da bilgisayar ile internet/RF üzerinden aracı kontrol edebilmektedir. Mobil aracın kontrolü mikrodenetleyici tabanlı bir kontrol ünitesi ile gerçekleştirilmiştir. Mobil aracın internet/RF üzerinden aktardığı veriler bir PC ile gerçek zamanda kaydedilip işlenebilmektedir. Sistemin kontrolü bir PIC16F877 (Microchip Inst.) 8 bitlik mikrodenetleyici tarafından sağlanmaktadır. Tasarlanan sistem, donanım ve yazılım kısımlarından oluşmuştur. Bu sistemde iki nokta arasındaki iletişim için, bir PC, iki RF modülü ve üzerinde IP kamera taşıyan bir mobil araç kullanılmıştır.



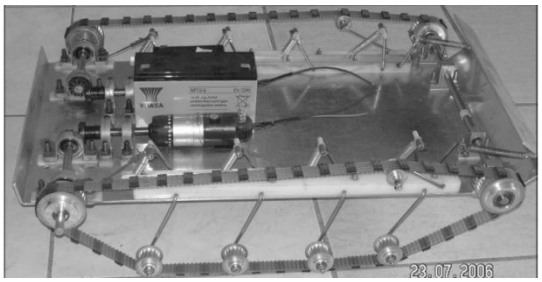
Şekil 2. İnternet ve Rf tabanlı mobil gözetleme sistemi[7]

Nicholas, J.,S., (2007), "Design and Application of Wireless Torque Sensor for CNC Milling" başlıklı tez çalışmasında CNC tezgahı için akıllı araç başlığı tasarlamış ve imalatını gerçekleştirmiştir. CNC tezgahının takım tutucu başlığı yeniden düzenlenmiş ve bu tutucu içerisine tork ölçümü için bir strain gauge köprüsü, sıcaklık ölçümü için "K" tipi bir termocouple ve verilerin uzaktaki bir bilgisayara iletilmesi için, 2.4

GHz bluetooth modül içeren bir DAQ kartı yerleştirmiştir. Yapılan çalışmada, duyargalardan alınan örneksel veriler bir DAQ kartı aracılığıyla örneksel veriden sayısal veriye çevirmekte ve bu veriler daha sonra bir bluetooth vericisi ile uzaktaki bir bilgisayara iletilerek burada kayıt altına alınması ve toplanan verilerin analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Turhan, L., Yıllıkçı, Y. K. (2004), "Kuyruk Rotorsuz Test Helikopteri ve Test Düzeneği Tasarımı" adlı çalışmada, model ölçekli "ek taşıma yüzeyli duran rotor (stopped rotor) ya da diğer bilinen adıyla rotor-kanat (Canard Rotor/Wing, CRW)" melez helikopter konsepti ve ilgili test düzeneği genel tasarımı yapılarak, ilerde imalat ve testlerinin yapılması planlanan CRW konseptinin nihai tasarımına ulaşılması hedeflenmiştir. Sistem tasarımına yönelik olarak gerekli taşımayı sağlayacak pal parametreleri hesaplanarak, pal ve rotor sistemi tasarlanmıştır. Eliptik kesitli kompozit rotor pali yapısal modellemesi PATRAN programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ardından test düzeneği tasarlanarak, ölçüm yöntemi ve gerekli ölçüm cihazları belirlenmiştir. Son olarak test helikopteri gövde iskeleti imalatı gerçekleştirilerek, motor-transmisyon bağlantıları yapılmıştır. Sistemde bir kablosuz veri iletme sistemi kullanılmış ve bu amaçla toplanan veriler helikopterden yere iletilebilmektedir. Sistem; veri toplama, şartlandırma ve çözümleme ünitesi, helikopter üzerine yerleştirilen veri telemetri ünitesinden meydana gelmektedir. Sistemin diğer kısmı yerde olup, veriyi almakta ve değerlendirmektedir. Yük Tanımlama Yöntemi kullanılarak oluşturulması planlanan deney düzeneği, toplam 50 kanaldan ölçüm yapabilecek strain-gauge, ivme ölçer (accelerometer), açı ve pozisyon sensörlerini kapsamaktadır. Veri, rotor tacı üzerine yerleştirilmiş bir mikro sinyal şartlandırıcı (conditioner)/PCM çözücü (encoder) tarafından toplanmaktadır. Toplanan veri, geniş bant telemetrik mikrodalga vericisi yardımıyla, yerde bulunan kişisel bilgisayar (PC) uyumlu format senkronize edici (synchronizer) ya da dekomutatör'den (decommutator) ve Model S5200 kişisel telemetre bilgisayara bağlanmış veri kartlarını okuyabilen PC uyumlu bir bit senkronize ediciden oluşan sisteme iletilmiştir.

Yanarsoy A. (2006) "Bilgisayar ile kablosuz olarak haberleşen paletli Bir aracın ve çift yönlü iletişim protokolünün Mekanik, elektronik ve yazılımsal olarak gerçeklenmesi" isimli çalışmada (Şekil 3.) zorlu arazi koşullarında ilerleyebilen, uzaktaki bir bilgisayardan talimatlar alan ve topladığı bilgileri uzaktaki bilgisayara gönderebilen paletli bir aracın ilk prototipini gerçekleştirmiş olup bu hedeflenen amaca büyük ölçüde ulaşılmıştır. Aracın uzaktaki bilgisayarla haberleşmesi amacıyla güvenilir bir çift yönlü RF iletişim protokolü geliştirilmiş ve test edilmiştir. Araç sıcaklık, yakınsama, gaz derişimi gibi çevresel bilgileri toplamak amacıyla sensörlere sahiptir. Araç bir robot kolunu kontrol etmek için gereken elektronik yeterliğe sahip olmakla birlikte robot kolunun üretimi ileriki bir çalışmanın konusudur. Prototipin gelişim süreci tamamlanmamış olup bu haliyle bundan sonraki çalışmalar için bir başlangıç noktası olması hedeflenmektedir.

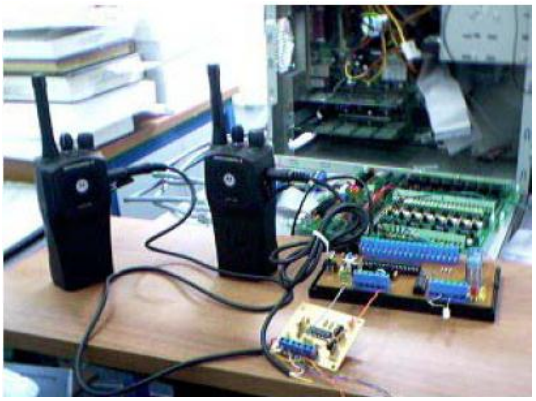


Şekil 3. Bilgisayar ile kablosuz haberleşen paletli araç[10]

Aktaş O. (2006) "RF modül kullanan kablosuz yangın algılama sistemi tasarımı" isimli çalışmada RF modül kullanılarak kablosuz haberleşme ortamı geliştirilmesi sağlanmıştır. Bu haberleşme ortamı üzerinde mikrodenetleyici kullanılarak kablosuz yangın alarm sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde server ve terminallerde RF modül olarak UTRC10M UHF FSK data transceiver modül kullanılmıştır. Server modülde bir adet gösterge tablosu mevcut olup terminallerin durumunu monitör etmek için kullanılmıştır. Terminal modüllerde ise yangın algılama düzeneği olarak yangın ihbar butonu ve yangın detektörü mevcuttur.

İnan S. A. vd., (2005) Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Su deposu otomasyon sistemi (Şekil 4); SDÜ nün içme ve sulama su ihtiyacını karşılamak amacıyla 5 dalgıç su pompası, 3 yatay milli pompa, 1 ara (200Ton), ve 2 ana depodan (1000 Ton + 2000 Ton) oluşan sistemin otomatik kontrolünü gerçekleştirir. RF&İnternet destekli su kuyusu otomasyon sistemi; geniş arazideki su kuyularının ve su depolarının RF (radyo frekans) yöntem kullanılarak otomatik kontrolünü ve uzaktan kontrolünü sağlar. Otomasyon sistemi su kuyularından dalgıç pompalarla yeraltından çekilen suyu ara depoda toplar ve yatay milli pompalar kullanarak 5 km uzakta bulunan ana su deposuna aktarır. Ana depodan telsiz sinyalleri ile gelen su seviyesinin miktarına göre; yatay ve dalgıç pompalar otomatik olarak çalıştırılarak, şehrin veya kurumun sulama suyu ve içme suyu ihtiyacını otomatik olarak sağlar. Sistemin çalışması RF & internet üzerinden

izlenir ve kontrol edilir. Sistemin tüm çalışması ve kontrol bilgileri PC bilgisayarda kayıt edilir. Bu bilgiler kullanılarak, su kuyularının su rezervleri, kullanılan su miktarları ve pompaların bakım zamanları bulunur. Otomasyon sistemi Isparta SDÜ'de içme ve sulama suyunu karşılamak üzere kurulmuş ve uygulanmıştır.



Şekil 4. RX Su seviyesi alıcı PLC [12]

Kabalcı E. (2006), "Pc Tabanlı Kablosuz Ekg Biyotelemetri Sistemi Tasarımı ve Yapımı" isimli çalışmasında (Şekil 5) vücut yüzeyinden elektrotlarla alınan biyopotansiyel sinyallerinin yükseltilmesi ve EKG sinyalinin filtrelenmesi adımları uygulanmıştır. Elde edilen EKG sinyallerinin sayısal iletim teknikleri ile kablosuz olarak iletilebilmesi için mikroişlemci kontrolüyle dijitale dönüştürülmesi ve seri kodlanması işlemleri yapılmıştır. EKG sinyalleri UART veri iletim tekniği kullanılarak endüstriyel, bilimsel ve tıbbi iletim bandı olan ISM bandında 434 MHz frekansta iletilmiştir. Bu çalışmada veri iletim hızı 9600 bps'dir. Mikroişlemci kontrollü bir alıcı devre ile iletim ortamından alınan EKG sinyalleri demodüle edilerek sayısal sinyal tekrar analog sinyale dönüştürülmüştür. Analog EKG sinyalleri görüntüleme ve kayıt birimlerinde görüntülenerek teşhis amaçlı olarak kullanılabilir.



Şekil 5. Bio Telemetri sistemi [13]

Kartal B. (2006) "Medikal kablosuz sensör ağı için platform oluşturulması ve çoklu gönderim algoritması geliştirilmesi" isimli çalışmasında tıbbi veri toplama amaçlı kablosuz sensör ağının gereksinimleri ortaya konulmuş ve henüz çok yeni bir teknoloji olan, ZigBee teknolojisi, bu gereksinimler göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Sonuçta, Zigbee teknolojisinin desteklemediği ancak tıbbi ağların gereksinimi olan, aynı anda çoklu veri gönderim (multicast) algoritması geliştirilmiş ve ZigBee teknolojisi üzerine bu algoritma inşa edilmiştir. Yaşlı nüfusun sürekli artması, hasta ve bakıma muhtaç insan sayısının giderek artması demektir. Bu insanların uzun süreli bakımının gerekmesi paralelinde hastane kapasitesinin ve personel ihtiyacının artması anlamına gelir. Bu açıdan bakıldığında kablosuz tıbbi sensörlerin oluşturduğu bir ağın olması uzun süre gözetim altında tutulması gereken hastaların bir üniteye bağlı olmaksızın evlerinde günlük hayatlarını idame ettirebilmelerini sağlayacak ve bu sayede hastanelerin iş yükünün azalmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca deprem gibi doğal afetlerde ve savaşlarda olduğu gibi, çok sayıda hastanın gözetiminin gerekli olduğu, ancak kablolamanın mümkün olmadığı yada zor olduğu durumlarda, böyle bir ağın gerekliliği, bu konudaki çalışmaları tetikleyen önemli bir etken olmuştur.

Emil Jovanov vd. (2005), "A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation" isimli çalışma A WBAN of Intelligent Motion Sensors for Computer Assisted Physical Rehabilitation Alabama Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilen bir çalışmadır. Bu çalışmada, çok kullanılan bir dizi fizyolojik, kinetik ve çevresel sensörler içeren Zigbee ve IEEE 802.15.4 ile uyumlu WBAN adında bir prototip tasarlanmaktadır. Çok katlı bir "telemedicine" (uzaktan tıbbi izleme ve müdahale) sistem tanımlanmıştır. Geliştirilen WBAN prototipinin bilgisayar destekli fizyolojik iyileştirme için nasıl kullanılacağı açıklanmıştır. Sistem, sensörlerden 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 veritabanına aktarılabilir. WBAN ucuz, dikkat çekmeyen, denetlenmesi gerekmeyen, uzun süreli hasta izleme gerçekleyen bir prototip vaat ediyor. Bu teknolojiyi her yerde kullanılabilir, kolayca elde edilebilir yapmak için sistem dizaynı, standartlaşma, güvenlik, gizlilik gibi birçok konuda, çok sayıda problemin çözümlenmesi gerekmektedir.

Suprock, C.A., (2009), "A Low Cost Flying Robot For Deploying Ad Hoc Wireless Sensors in A Manufacturing Environment" adlı çalışmada (Şekil 6)

üretim ortamlarında işleyişten sorumlu otomasyon sistemlerine ait duyargaların verimli çalışabilmeleri yerleştirildikleri konumla yakından ilişkili olduğu belirtilmiş ve yerleştirilecek duyargaların yer seçiminin hatalı olması üretimin aksamasına, işçilerin hareketlerinin kısıtlanmasına kadar pek çok soruna neden olacağı üzerinde durulmuştur. Bu sorunun çözümü için, ucuz maliyetli model bir helikopter kullanılmıştır. Helikopter üzerinde uygun yerlere yerleştirilmiş kondansatör mikrofonlardan helikopterde uçuş sırasında meydana gelen titreşimlerin oluşturduğu seslerden sinyaller alınmaya çalışılmıştır. Helikopterde bulunan ses duyargası (kondansatör mikrofon) bir verici aracılığıyla yerdeki alıcıya iletilmektedir. Verici 16 bitlik veri aktarabilen 10 - 3250 kHz band genişliğine sahiptir.



Şekil 6. Ucuz maliyetli model helikopter[16].

3.Sonuç

Kablosuz durum algılama sistemleri, başta endüstriyel süreçte ardından savunma sanayi, uzay araştırmaları, meteoroloji, su altı uygulamaları ve sağlık sektöründe verilerin elde edilmesinde ve süreç kontrolünde büyük öneme sahiptir. Verilerin elde edilmesinde kablolu yöntemler kullanıldığında çoğu zaman sınırlılıklarla karşılaşmak mümkündür. Kablosuz yöntemler ucuz ve gereksiz kablo yığınlarından kurtarmak, maliyeti azaltmak ve her alana yerleştirilebilmesi açısından tercih edilebilirdir.

Bir endüstriyel üretim sürecinde kullanılan durum algılama sisteminde kablosuz veri iletimi kullanmanın pek çok farklı avantajları vardır. Sistem makine ekipmanlarının farklı bölümlerinin üzerine yerleşik bulunabilir ve erken hata tespiti ve hata analizleri için kullanılabilir. Kablosuz algılama sistemlerinin küçük ebatları bunların genellikle erişimi zor olan bölgelere yerleşmelerini sağlar. Farklı sensörlerle (sıcaklık, ivme, kuvvet vb.) birlikte kullanılarak eşzamanlı veri aktarımı sağlanabilir.

4.Kaynaklar

[1] Bonnet, A. H. and Soukup, G.C.,1992. Cause and Analysis of Stator and Rotor Failures in Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 28, No. 4, pp. 921-937.

[2] Çalış, H., 2000. Endüstriyel Tesislerde Kullanılan Durum İzleme Metotlarının Değerlendirilmesi, ELECO 2000, Elektrik - Elektronik- Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, s.160-164.

[3] Wright P, ve diğ., 2008 "Condıtıon Monıtorıng In End-Mıllıng Usıng Wıreless Sensor Networks (Wsns),

[4] Yücel, F., "DSP tabanlı çevirim içi durum izleme sistemi",S.D.Ü.,Y.L. tez, Isparta, 2008

[5] Suyabatmaz, B.B., "Kablosuz Veri İletimi İçin Alıcı-Verici Geliştirme Kartı Tasarımı Ve Örnek Bir Uygulama" Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Y.L. tez, Gebze, 2006

[6] Austin, K. J., Calder, M. ve McAree, P. R., (2005), "Machine Monitoring With Wireless Sensor Networks" Austin_Pager_2

[7] Abayhan, G.C., Onat, M. (2009), "İnternet Ve Rf Tabanlı Mobil Gözetleme Sistemi" IATS09_02-05_1394

[8] Nicholas, J.,S., (2007), "Design and Application of Wireless Torque Sensor for CNC Milling" A Master Thesis, B.S., University of New Hampshire

[9] Turhan, L., Yıllıkçı, Y.K., (2004), "Kuyruk Rotorsuz Test Helikopteri ve Test Düzeneği Tasarımı" Kuyruk Rotorsuz Test Helikopteri Ve Test Düzeneği Tasarımı

[10] Yanarsoy A. "Bilgisayar İle Kablosuz Olarak Haberleşen Paletli Bir Aracın Ve Çift Yönlü İletişim Protokolünün Mekanik, Elektronik Ve Yazılımsal Olarak Gerçeklenmesi" Y.T.Ü., Y.L. tez, İstanbul, 2006

[11] Aktaş O. (2006) "RF modül kullanan kablosuz yangın algılama sistemi tasarımı" G.Y.T.E., Y.L. tez, İstanbul, 2006

[12] İnan, S.İ., Koyun, A.,2005, İçme Suyu Kuyuları ve Depolarının RF & İnternet Destekli Otomasyonu ve Geniş Arazide Uygulaması, Otomasyon Dergisi, Ağustos 2005 No:158,S:64-66,İstanbul,

[13] Kabalcı E.,"Pc Tabanlı Kablosuz Ekg Biyotelemetri Sistemi Tasarımı Ve Yapımı" G.Ü., Y.L. tez, Ankara, 2006

[14] Kartal, B., 2006. Medikal kablosuz sensör ağı için platform oluşturulması ve çoklu gönderim algoritması geliştirilmesi,Ege Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Yüksel Lisans Tezi, İzmir, Türkiye.

[15] Jovanov, E., Milenkovic, A., Otto, C., Groen, P,. 2005. A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2:6 doi:10.1186/1743-0003-2-6

[16] Suprock, C.A. (2009), "A Low Cost Flying Robot For Deploying Ad Hoc Wireless Sensors in A Manufacturing Environment" Suprock_ NAMRC37_ 2009-1-16