Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **16** (2016) 035102 (599-607) AKU J. Sci. Eng. **16** (2016) 035102 (599-607)
DOI: 10.5578/fmbd.43411

Derleme

Endüstride Nesnelerin Interneti (IoT) Uygulamaları

Tuncay Ercan[1], Mahir Kutay[2]

[1]*Yaşar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir*
[2]*Yaşar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir*

e-posta: tuncay.ercan@yasar.edu.tr, mahir.kutay@yasar.edu.tr

Geliş Tarihi: 07.04.2016 ; Kabul Tarihi: 15.12.2016

Anahtar kelimeler
Nesnelerin Interneti; IoT; Akıllı Üretim; Gelecekteki Internet, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti, IIoT

Özet

Internet kullanımının insanlar arasındaki iletişimi, bilgi paylaşımını ve karşılıklı etkileşimi arttırarak günlük hayatımızı önemli ölçüde değiştirdiği artık kaçınılmaz bir gerçektir. "Nesnelerin Interneti (IoT: Internet of Things)" olarak adlandırılan yeni teknolojik kavram akıllı cihazların, birbirlerini algılayan ve iletişime geçebilen nesneler aracılığıyla akıllı bağlantısı şeklinde tanımlanmaktadır. Bu teknoloji ile çok sayıda, küçük boyutlu, kablosuz teknoloji kullanabilen algılayıcı (sensor) cihazlar ile yaşadığımız çevredeki (ev, okul, işyeri, fabrika, şehir vb.) hemen hemen bütün olayları izlemek ve bilgi toplamak mümkündür. Aynı şekilde üretim/imalat ile ilgili endüstriyel sistemlerden aktarılabilecek gerekli verileri de Bilgi Sistemi içinde kullanabilmek Endüstriyel IoT (IIoT) olarak isimlendirilen bir diğer kavramı ortaya çıkarmıştır. Ortamdaki algılayıcı cihazlardan ve üretimdeki veri terminallerinden gelen, gerçek zamanlı sürekli veri akışı, internet ortamında Bulut Servis Sağlayıcılar tarafından verilen depolama, veritabanı, uygulama hizmetleri ile Bilgi Sistemleri tarafından kullanılmaya hazır hale getirilmektedir. Böyle bir IIoT bilgi akışı günlük yaşantımızı, iş hayatını ve endüstriyel üretim sistemlerini olumlu yönde etkileyebilecek değişikliklere neden olacaktır. Endüstri ve IoT'nin birleştirilmesi ile üretimde kullanılan akıllı cihazlar, insan hatasını en aza indirerek, gerçek zamanlı bilginin karar destek sistemleri tarafından değerlendirilmesini sağlayacaktır. Bu da üretimde kalitenin arttırılması, maliyetlerin azaltılması, rekabetçi ürünler yaratılması gibi birçok olumlu etki yaratacaktır. Bu çalışmada Nesnelerin İnterneti'nin endüstriyel üretime uyarlanması ile ilgili çalışmalar incelenmiş, otomatik depolama, önleyici bakım, madencilik, akıllı çevre düzenlemeleri gibi farklı uygulama örneklerinde IoT'nin yarattığı olumlu katkılar tartışılmış ve gelişmeye açık hususlar hakkında bilgi verilmiştir.

Internet of Things (IoT) Applications in Industry

Keywords
Internet of Things; IoT; Smart Manufacturing; Future Internet, Industrial Internet of Things; IIoT

Abstract

It is now an inevitable reality that the use of the Internet has significantly changed our daily life by increasing communication, information sharing and mutual interaction among people. The new technological concept, called Internet of Things (IOT), is defined as the intelligent connection of intelligent devices through objects that perceive and communicate with each other. With this technology, it is possible to monitor almost all the events that occur in the environment we live in (houses, schools, workplaces, factories, cities, etc.) and collect data by using sensor devices which all are in small size and using wireless technology. Likewise, using the required data that can be transferred from industrial systems related to production/manufacturing units into the Information System has also revealed another concept called Industrial IoT (IIoT). Real-time continuous data flow from the sensing devices and the production data terminals is made available for the Information Systems through the storage, database and application services given by Cloud Service Providers in the internet environment. Such an IIOT information flow will result in positive changes that affect our daily activities, business lives and industrial production systems. By combining the industry and IOT, intelligent devices used in production will ensure that real-time information is evaluated by Decision Support Systems by minimizing human error. This will have many favorable effects such as increasing the production capacity, reducing costs, creating competitive products. In this study, we have examined the studies on the adaptation of IoT into the industrial production, discussed its positive contributions in different application examples such as automatic storage, preventive maintenance, underground mining, smart environmental systems and given additional information about the open research issues .

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Geleneksel internet haberleşme alt yapısı farklı iletişim sistemleri ile son kullanıcıları birbirine bağlar. Teknolojideki yeni gelişmelerle çok sayıda algılayıcı cihaz, WSN (Wireless Sensor Networks-Kablosuz algılayıcı ağlar) sistemleri aracılığıyla internet ortamına entegre edilebilmektedir (Akyıldız *et al.* 2002). Algılayıcı cihazlar üzerinden gelen sürekli ve gerçek zamanlı veri akışı hasta ve yaşlıların izlenmesi, trafik akışının takibi, güvenlik, taşımacılık vb. gibi alanlarda başarıyla kullanılmaktadır.

IoT kavramı gelişmesini büyük ölçüde algılayıcı cihazlardaki bu teknolojilere borçludur. Çok sayıda, küçük boyutlu, kablosuz teknoloji kullanan algılayıcı cihazlar ile çevremizdeki hemen hemen bütün olayları izlemek mümkün olmaktadır. Ancak bu cihazlar tarafından üretilen veriyi (big data) saklayabilmek için büyük kapasiteli depolama platformlarına, veriyi analiz edebilen yazılımlara (Big Data Analytics) ve kullanıcı ile arayüz görevini yerine getirecek kolay kullanımlı web servislerine ihtiyaç vardır. Bu nedenle IoT genel kullanıma açık bulut servislerine ihtiyaç duymaktadır. Bununla ilişkili olarak Carceres ve Friday, (2011) gelecekte WSN'lerden sürekli veri toplayan ve bir kullanıcı talebi geldiğinde hızla veri analizi yaparak web üzerinden sonucu gönderen uzmanlaşmış bulut servisleri geliştirilebileceğini belirtmiştir. Nesnelerin internetini oluşturan elektronik cihazların sahip olduğu özellikler Kourtem, (2010) tarafından şu şekilde sıralanmıştır:

- Kullanıcılar ve diğer cihazlarla haberleşme yeteneğine sahiptirler.
- Ağ içinde tek olan isim ve adresleri vardır.
- Algılama ve hesaplama yetenekleri mevcuttur.

1.1. Endüstriyel IoT'nin gelişimi

IoT'nin temelleri 1990'ların başında Weiser, (1993) tarafından önerilen "Her Zaman Her Yerde Hesaplama (Ubiquitious Computing)" kavramına dayanır. Nesnelerin interneti terimini ilk defa kullanan kişi ise MIT RFID araştırma grubunda yer alan Ashton, (2002) olmuştur. Fabrikalarda özellikle üretim alanlarında RFID etiketi taşıyan çok fazla miktardaki malzemeler süreç yönetiminde çok büyük kolaylık sağlarlar. RFID okuyucularla otomatik olarak alınan bilgiler veri ağı ortamında saklanırken başka bir akıllı sistemi harekete geçirecek farklı bir süreci başlatabilir. Süreçler arasındaki ilişkiler Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) sisteminde yeni sipariş emirleri, cihaz durumu, üretim hattındaki gecikmeler gibi güncellenmiş bilgilere ışık tutar. Algılayıcı cihaz donanımı içinde bulunan mikro kontrol yongaları ve gömülü yazılımlar giderek daha çok fonksiyonun daha güvenilir olarak yerine getirilebilmesini sağlamaktadır (Atzori *et al.* 2010).

IoT'de kullanılan akıllı algılayıcı cihazlar kendilerini tanıtma, ağ kurabilme ve topladıkları bilgileri depolama ve analiz yeteneğine sahip genel kullanıma açık bulut servislerine aktarma yeteneğine sahiptirler (Miorandi *et al.* 2012). Kullanıcıların bu servislere ulaşımı ve istedikleri analiz sonuçlarını alabilmeleri kolay kullanımlı web servisleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

IoT konusundaki hızlı gelişmeler üretim kalitesi ve verimliliğini artırmaya çalışan şirketlerin ilgisini çekmiştir (Li *et al.* 2014). Üretimde kablolu ağlar üzerinden haberleşen algılayıcı birimler, programlanabilir sayısal kontrol cihazları (PLC) ve gömülü sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler bir kontrol merkezinden SCADA (Supervisory Control and Data Acquisation) veya DCS (Distributed Control Systems) sistemleri ile kontrol edilirler ve büyük ölçüde yerel ağ sistemlerinden veya internetten bağımsızdırlar.

1.2. Endüstriyel IoT (IIoT)

IoT ile mevcut endüstriyel otomasyon sistemlerinin birlikte kullanılmasının birçok önemli avantajı vardır (Xu, 2011):

- IoT yeteneğine sahip akıllı üretim makinaları ağ üzerinden birbirleri ile otomatik iletişim kurarak üretimi kontrol

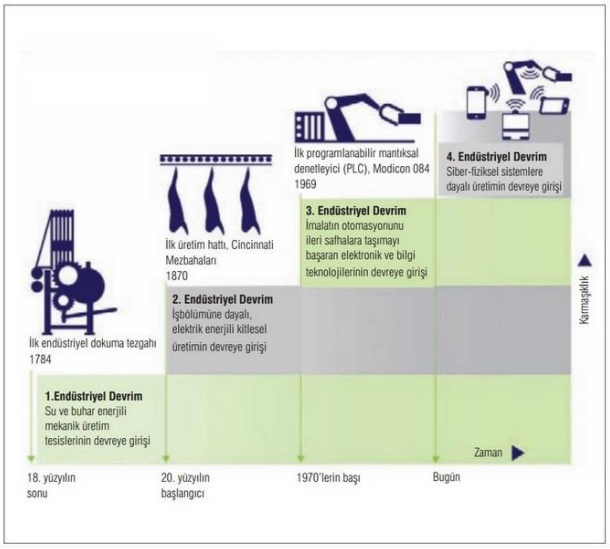
eder ve operatör katkısını en az düzeye indirir,

- Mekanik ve elektriksel arızalar önceden tahmin edilerek arıza nedeniyle duruş süreleri azaltılabilir,
- Fabrikanın üretimi için ham madde eksikliği hızla tespit edilerek giderilir,
- Fabrika yöneticileri üretim ve arızalarla ilgili bilgileri dünyanın herhangi bir yerinden gerçek zamanlı olarak alabilir,
- Bu bilgiler dağıtım kanalları ve müşteriler ile paylaşılabilir.

Bu makalenin diğer bölümleri şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde endüstriyel IoT mimarisi açıklanmış, üçüncü bölümde ise endüstriyel uygulama örnekleri verilmiştir. Dördüncü bölümde IIoT kapsamında karşılaşılan açık araştırma konuları gruplandırılmış ve son bölümde çalışma kapsamı değerlendirilmiş ve özetlenmiştir.

2. Endüstriyel IoT Mimarisi

Sanayi Devrimi olarak isimlendirilen, farklı alanlardaki bilimsel buluşlara dayalı teknolojik ilerlemeler, 18.inci yüzyıldan günümüze endüstriyel faaliyetleri ve özellikle de üretime yönelik uygulamaları büyük oranda arttıran üç önemli aşamadan geçmiştir. Buhar gücünün kullanıldığı mekanik üretim sistemleri ile başlayan süreç, 20.nci yüzyıl başlarından itibaren elektrik gücünün yardımıyla yerini seri üretime bırakmış, 1970'lerde başlayan sayısal devrim, elektronik sistemler ve Bilgi Teknolojileri ile üretim tamamen otomatik hale gelmiştir (Int Kyn. 1). Hızla yaygınlaşan endüstriyel otomasyon, internet teknolojisi ile birleşerek Endüstri 4.0 ya da 4.Sanayi Devrimi adı verilen akıllı
üretim çağına doğru yol almaktadır (Brettel et al. 2014). IoT ve endüstriyel otomasyon sistemlerinin bütünleşik uygulaması IIoT (Industrial Internet of Things) olarak adlandırılmaktadır (Lin et al. 2015). IIoT mimarisi Şekil 1'de verilmiştir.

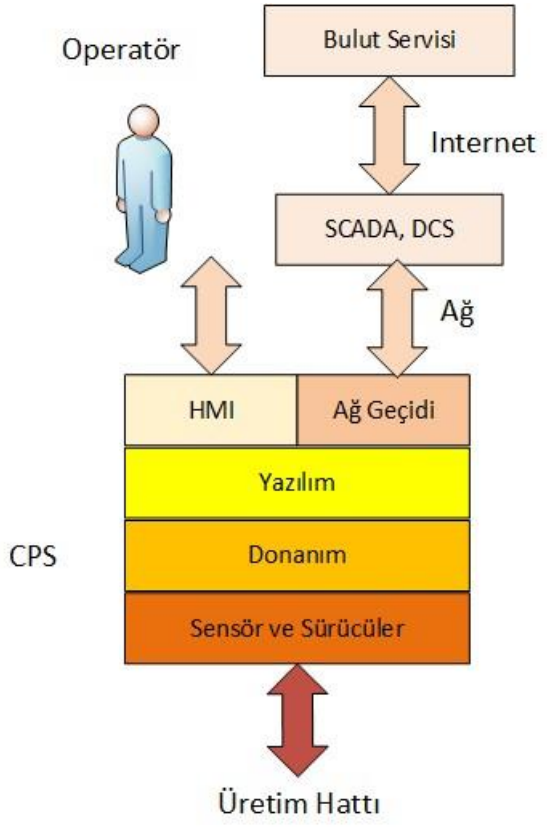


Şekil 1. Endüstri'nin Tarihsel Gelişimi (Int Kyn. 1).

Gelecekte fabrikalar karşılaşacakları hızlı ürün geliştirme, bu ürünü karmaşık yöntemlerle ve esnek olarak üretme sorunlarını çözebilmek için Endüstri 4.0'ın karşılıklı çalışabilirlik, modülerlik, otonom olma, sanallaştırma, gerçek zamanlı çalışma ve özellikli internet hizmetleri gibi akıllı ürün ve üretimle ilgili süreçleri, prensipleri kullanmak zorunda kalacaklardır (Hermann *et al*. 2015).

2.1. Üretime özel IIoT

Üretim kısmında ise "Siber-Fiziksel Sistemler (CPS)" insanlar ve üretim araçları arasındaki bağlantıyı sağlar. CPS insanlarla HMI (Human Machine Interface) üzerinden bağlantı kurar ve işlerin büyük kısmını otomatik olarak yapar (Vyatkin *et al.* 2007). Bu sistemde IoT ile siber-fiziksel sistemler birbirleriyle ve fabrika içi-dışı insanlarla gerçek zamanlı olarak beraber çalışabileceklerdir. Şekil 2'de açıklandığı gibi SCADA veya DCS sistemleri üretimin fabrika içinden gözlenmesi ve kontrolü işlemini gerçekleştirirler. Daha sonra üretim sistemi otomasyonundan gelen büyük veri ilk olarak internet erişimi ile hizmet alınan bir bulut servisine işlenmek, saklanmak ve analiz edilmek üzere gönderilir.



Şekil 2. IIoT mimarisi.

2.2. IIoT mimarisinin başlıca özellikleri

-Dağıtık zekâ: IIoT'de akıllı cihaz ve ağın merkezi bir kontrol ünitesine bağlı olmayan karar verme ve kontrol yetenekleriyle donatılması amaçlanır. Üretim makinaları çalışma hızını ayarlama ve enerjiyi verimli kullanma konusunda kendi kararlarını verebilecek şekilde otonom çalışırlar. Akıllı üretim makinaları ağ üzerinden aynı üretim hattında çalışan veya fabrikada bulunan diğer makinalarla ve bulut sistemiyle doğrudan haberleşebilirler. Üretim ile ilgili ayarlar bulut üzerinde yapıldığında akıllı üretim makinaları gerçek zamanlı olarak kendilerini bu değişimlere uyarlarlar (Chen *et al.* 2012).

-Hızlı haberleşme: IIoT de gerçek zamanlı üretim hedefi için hızlı haberleşme alt yapısının kurulması temel bir gerekliliktir. Bu durum özellikle fabrika içi haberleşme için fiber altyapıya dayanan yeni haberleşme protokollerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. OPC Vakfı (OLE "Object Linking and Embedding" for Process Control Foundation) akıllı makinaların haberleşmesi (M2M Communication) için yazılan protokollerin belirli standartlara uyması amacıyla OPC UA (OPC Unified Architecture) spesifikasyonunu yayınlamıştır (Int Kyn. 2).

-Açık sistemler ve standartlar: Farklı firmaların tasarladıkları üretim cihazlarının aralarında haberleşebilmeleri, ortak bir dille programlanabilme olanakları, fabrikaların tek bir kaynağa bağlı kalmadan ekonomik ve esnek çözümler üretmelerini sağlayacaktır. Ortamda kullanılan bütün sistemlere ilişkin Sistem Otomasyonu ise, Bilişim Teknolojileri ve üretim cihazlarının birlikte kullanımı, açık kaynak kodlu üst seviye programlama dillerinin yaygınlaşması ile daha da gelişecektir.

-Gerçek zamanlı üretim ve veri aktarımı: Bu sistemler üretimde karşılaşılan talep değişikliği ve hammadde tedariki gibi sorunlara hızlı bir şekilde cevap verilmesini sağlar. Bununla beraber üretimden toplanan bilgilerin gerçek zamanlı olarak takip edilmesi, rekabet ve maliyet konularında önemli bir avantaj sağlayacaktır (Snatkin *et al.* 2013). Otomatik esnek üretimle de üretim hızı gelen talebe bağlı olarak ayarlanır, böylece gereksiz stok tutulmasının önüne geçilerek maliyetler azaltılabilir.

2.2. IIoT mimarisinin üstünlükleri

IIoT aşağıda belirtilen temel özellikleri sayesinde üretimde kalite, maliyet, enerji verimliliği, performans, güvenilirlik konularında önemli iyileştirici etkiler yapar:

- Kullanılan algılayıcı cihazlar üzerlerindeki bataryalardan ihtiyaç duydukları enerji gereksinimi sağlayarak kablosuz iletişim ağlarına bilgi aktarabilirler. Maliyet etkin olan bu sistemler oldukça ucuz olduklarından çok sayıda kullanılabilirler.
- Toplanan algılayıcı cihaz verisi depolama, yapılandırma, izleme gibi farklı işlemler veya daha detaylı büyük veri çözümleme teknikleri kullanılarak, değerlendirilip analiz edilir ve işletmeye ilişkin karar verme programlarında kullanılır.
- Verinin çözümlenmesi sonucunda elde edilen bilgi doğru zamanda doğru kişiye

iletilir. Bu kişi fabrika içinde veya dışında bir uzman olabilir.

- Üretim için düzeltici çalışmalar doğru kişiler tarafından hızla yapılır, üretim kaybı yaşanmaz.

3.IIoT Uygulamaları

Nesnelerin İnterneti ile hayatımızın her alanındaki imkânları arttırabileceğimiz güncel uygulamalar akıllı evler, şehirler, fabrikalardan başlayıp, farklı sağlık ve ziraat alanındaki uygulamalara kadar çok geniş bir endüstriyel alanı içermektedir.

-Akıllı ev ve fabrika uygulamaları: Ev içinde kullanılabilecek bütün ortam algılayıcıları ve kullanılan cihazlara ilişkin kontrol bilgilerinin bir iletişim ortamı üzerinden merkezde (hatta internet üzerinde bir serviste) toplanması ve bu bilginin analiz edilerek ev güvenliğinin arttırılması, etkin enerji yönetiminin sağlanması veya başka maksatlarla değerlendirilmesi mümkündür. Aynı şekilde fabrika ortamı içinde üretimde kullanılan veri terminallerinden gelen işletme bilgileri, enerji harcama seviyeleri veya ortamda yerleştirilmiş olan farklı kablosuz protokollerle çalışan sıcaklık, nem, hava durumu, yangın alarmları gibi algılayıcılardan gelen bilgiler bütün fabrikayı bir akıllı telefon uygulamasıyla uzaktan izlemek ve kontrol etmek için kullanılabilir (Hsiao et al, 2016).

-Sağlık uygulamaları: Kronik hastalığı olan veya yaşlı olup bakıma muhtaç kişilerin gerçek zamanlı veya periyodik sağlık bilgileri (kan şekeri, tansiyon, kalp atışı, vücut sıcaklığı, adım sayısı, anlık fiziksel durumu vb.) ilgili medikal cihazlardan alınabilir. Bu bilgilerin aile ve hekim tarafından izlenebilmesi ve analiz edilerek ciddi durumlarda acilen reaksiyon gösterilebilmesi ancak buna olanak veren bir Nesnelerin İnterneti tabanlı Bilgi Sistemi ile gerçekleşebilmektedir. Bu alandaki farklı seviyelerdeki çalışmaları daha yaygın hale getirebilecek, aralarındaki birlikte çalışabilirliği sağlayacak ve resmi sağlık kurumlarına entegre edilebilecek bir e-sağlık sistemi bu konudaki standartları sağlamalı gelecekte sağlıkla ilgili otaya çıkabilecek yeni uygulama ve protokolleri dinamik olarak destekleyebilmelidir (Horn et al, 2016).

-Tarım uygulamaları: Özellikle seralar gibi kapalı ve ortam bilgilerinin nispeten kontrol edilebileceği ve farklı tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde en uygun şartların sağlanmasına yönelik fonksiyonların çift yönlü olarak çalıştırılması iyi bir Nesnelerin İnterneti uygulamasıdır. Bir serada kontrol edilmesi gereken kritik sıcaklık, nem ve toprak değerleri, IoT sisteminin bir parçası olan makineler arası iletimi müteakip merkezi bir bilgisayarda veya internet ortamında yapılandırılarak saklanır, değerlendirilir ve mobil kullanıcıların kendi telefon uygulamaları veya web erişimleri üzerinden kontrol edilebilir (Zhao et al, 2010) .

Günümüzde IIoT üretim tesislerinde gittikçe artan bir seviyede kullanılmaktadır. Üç farklı uygulama örneği aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

3.1. Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri

"Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri" ya da kısaca AS/RS (Automated Storage and Retrieval Systems) günümüzde imalat endüstrisi tarafından yaygın olarak kullanılan teknolojilerden biridir (Khasai. 2015). Hammadde, yarı mamül ve üretimi tamamlanmış ürünlerin otomatik ve hasar görmeden depolanmasını, üretim hattına gönderilmesini sağlarlar. Özellikle depolama alanı, enerji ve personel tasarrufu sağlama konularında çok etkilidirler. Çalışma yöntemlerine göre iki grupta toplanabilirler:

-Vinç Bazlı Otomatik Depolama ve Çekme Sistemleri ya da CBAS/RS (Crane Based AS/RS): konveyör, raf ve otomatik depolama/çekme (S/R) araçlarından (vinçlerden) oluşurlar ve dünya çapında depolarda yaygın olarak kullanılırlar (Roodbergen, 2009). Vinçler tamamen otomatiktir ve yükleri alıp bırakmak için dar koridorlarda hareket ederler. Bu sistemlerde yaygın olarak kullanılan tasarımda, vinçler sabit-yollu (tek bir koridorda) hareket etme becerisine sahiptir.

-Otomatik Araç Bazlı Depolama ve Çekme Sistemleri ya da AVS/RS (Autonomous Vehicle System R/S): Otomatik olarak hareket eden araç teknolojisinin gelişmesi, imalatçılarının, depolama ve çekme sistemlerinde sabit-yollu vinçler

(CBAS/RS) yerine, daha esnek seyahat edebilme kabiliyetine sahip, otomatik araçların (AVS/RS) kullanımına neden olmuştur. Bu sistemler, birim yük taşıma sistemlerinde kullanılan yeni bir teknolojidir ve Avrupa'da çok sayıda dağıtım depolarında ve fabrikalarda kullanılmaktadır. Bir AVS/RS, konveyör, raf, asansör ve otomatik araçlardan oluşur. Genellikle, yükler üretim alanından depolama alanına konveyör ya da forkliftlerle aktarılır. Yükler dikeyde asansörleri, yatayda da otomatik araçları kullanarak hareket ederler. Otomatik araçların depolama raflarından her birine erişebilme yeteneği ve sistemdeki sayılarının değiştirilebilme esnekliğinden dolayı, CBAS/RS'e göre büyük avantaj sağlarlar. Ayrıca, sistemde çok sayıda otomatik aracın bulunması arıza durumunda sistemin daha az etkilenmesine neden olabilmektedir. Bir AVS/RS'nde, araçların depodaki yerleşim ve hareket senaryolarına bağlı olarak çok çeşitli tasarımlar olabilmektedir (Xiao *et al*, 2014).

Otomatik araçların görevlendirilmesi ve konum bilgisinin izlenmesinden Depo Yönetim Sistemi (Warehouse Management System-WMS) sorumludur. Çok sayıda otomatik aracın kontrolü WMS'e araçların depo içindeki konum bilgilerinin gerçek zamanlı olarak aktarılmasını gerektirir. Şekil 3'de depo içinde kullanılan otomatik araçların herbiri, kendi üzerlerindeki algılayıcıları kullanarak belirlenmiş rota üzerinde hareket etmelerini sağlayan bağımsız bir gömülü sisteme sahiptir. Bu sistem aynı zamanda aracın konum bilgisini gerçek zamanlı olarak WMS sistemine aktarır. Bilginin aktarılması depo içinde kurulan bir WSN aracılığıyla sağlanmaktadır. Otomatik araç kendisine en yakın algılayıcı aracılığıyla konumunu ve yapmakta olduğu yükleme/boşaltma bilgilerini WMS'e aktarır. WMS iş yoğunluğuna uygun olarak araçlara görev verme sırasını otomatik olarak hazırlar ve takip eder.



Şekil 3. Malzeme deposunda IIoT uygulaması (Int Kyn. 3).

3.2. Koşullara Bağlı Önleyici Bakım

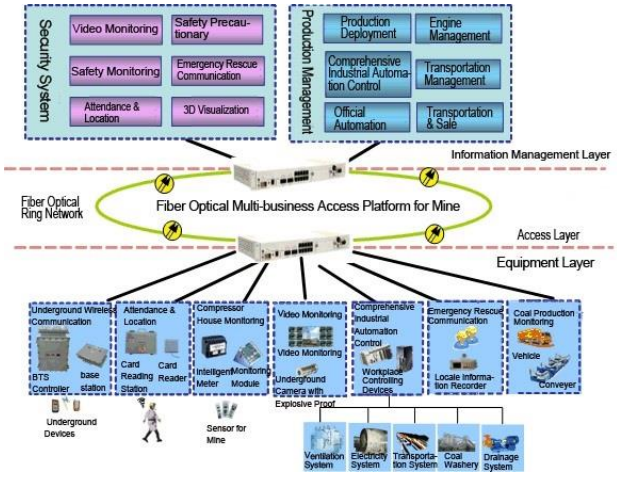
Endüstriyel üretim sistemleri sürekli çalışırlar ve pahalıdırlar. "Koruyucu Bakım (Preventive Maintenance)" adı verilen sistem fonksiyonlarına ilişkin gözden geçirmeler belirli zaman aralıklarında yapılır. Bakım süreleri arasında çeşitli nedenlerle oluşan cihaz arızaları büyük üretim kayıplarına yol açabilir. IoT teknolojisindeki gelişmeler, üretimde kullanılan kritik sistemlerin algılayıcı cihazlar ile sürekli olarak izlenmesini ve zamanından önce bakım gerektiren cihazın kolaylıkla tespitini sağlamıştır. Bu tür bakımlar "Koşullara Bağlı Bakım (Condition Based Maintenance)" olarak adlandırılır ve kullanılan bütün sistemlerin ekonomik ömrünün uzatılmasını sağlar ve üretim kayıplarını engeller. (Wang *et al*, 2012).

Üretimde kullanılan büyük bir elektrik motorunun rulmanlarındaki titreşimlerin algılayıcılar ile izlenerek tespit edilen anormalliklerin gerçek zamanlı olarak sorumlu kişilere iletilmesi bir uygulama örneği olarak verilebilir.

3.3. Yeraltı Madenciliğinde Güvenliğin Arttırılması

Yer altı madenciliği insanlar için en tehlikeli alanlardan biridir. Maden kazaları genellikle yanıcı gazların patlaması nedeniyle oluşan çökmeler ya da zehirli gazların insanlar tarafından solunması nedeniyle gerçekleşmektedir. IIoT benzer kazalardan kaçınma, erken uyarı, kaza durumda çalışanların yerinin bulunması ve kurtarılması

konularında çok yararlı olmaktadır (Xu *et al*, 2014). Maden içine yerleştirilen algılayıcı cihazlar, RFID veya herhangi bir telsiz haberleşme yöntemi ile yer üstündeki izleme ve kontrol merkezine sürekli bilgi aktarmaktadırlar. Yer altındaki çalışma alanlarının sıcaklık, nem, tehlikeli gaz seviyeleri gerçek zamanlı olarak izlenmektedir. Bir tehlike durumunda erken uyarı sistemi ile çalışanlar uyarılıp, yer üstüne çıkmaları sağlanmakta, bir kaza durumunda ise zor durumda kalan kişilerin yeri kolaylıkla bulunmakta ve hızla kurtulmaları sağlanmaktadır. Kömür madenlerinde IoT uygulanma örneği Şekil 4'te verilmiştir (Int Kyn. 4).



Şekil 4. Kömür madeninde IIoT uygulaması (Int Kyn. 4).

4. IIoT de Açık Konular

IIoT de çözüm bekleyen bazı açık konular aşağıda özetlenmiştir:

-Veri ayıklama ve bilgiye dönüştürme: Hali hazırdaki güncel konulardan olan veri madenciliği ve akıllı hesaplama yöntemlerine ilişkin çalışmalar IIoT kapsamındaki milyarlarca cihaz ve ürettikleri veri düşünüldüğünde daha da önem kazanacaktır (Tsai *et al*, 2014).

-İsimlendirme ve kimlik yönetimi: IIoT de milyarlarca algılayıcı ve akıllı cihaz haberleşecektir. Bu nedenle her bir nesneye tek bir isim/kimlik verilmesi zorunludur. Bu konuyu çözecek yönetim sistemlerinin geliştirilmesi gereklidir.

-Uyumlu çalışma ve standartlaşma: IoT de kullanılan algılayıcı ve diğer akıllı cihazları üreten birçok firma vardır. Her firma kendi teknolojisini kullanarak üretim yapmakta ve sonuçta farklı üreticilerin cihazları birlikte çalışamamaktadır. Uyum sorunu ve ortak standartların geliştirilmesi çözülmesi gereken en önemli konulardan biridir.

-Bilginin gizliliğinin korunması (Information Privacy): IIoT internet üzerinden dünya üzerinde herhangi bir yerden gelebilecek saldırılara açıktır. Nesnelere yetkisiz erişimin engellenmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır.

-Ağ güvenliği: IIoT de çok sayıda algılayıcı ve akıllı cihaz geniş coğrafi alanlarda çalışacaktır. Nesnelere karşı fiziksel ve/veya ağ üzerinden gelebilecek saldırılara karşı koruma yöntemleri ve şifreleme teknikleri yetersiz kalmaktadır.

-Frekans sahasından gelen sorunlar: IIoT de algılayıcı ağların telsiz ağlar ile haberleşebilmeleri için ayrılan frekans sahası sınırlıdır. Bu nedenle dinamik bilişsel haberleşme tekniklerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır.

-IIoT de enerji verimliliği: IIoT nin gelişmesi ve yaygınlaşması kullanılan akıllı cihazların sayısının da artmasına neden olacaktır. Bu da enerji tüketiminin artması anlamına gelmektedir. Bu nedenle IIoT de kullanılan cihazların mümkün olduğu kadar enerji verimli olarak tasarlanması tüketimin kontrol edilebilmesi açısından yararlı olacaktır.

5. Tartışma ve Sonuç

Endüstriyel IoT ile Nesnelerin İnterneti kapsamında erişilen ve elde edilen veri, aynı şekilde üretim ve imalat ile ilgili endüstriyel sistemlerden aktarılabilecek gerekli verileri de toplayacak ve işletmedeki Bilgi Sistemi içinde kullanabilecektir. Ortamdaki algılayıcı cihazlardan ve üretimdeki veri terminallerinden gelen, gerçek zamanlı sürekli veri akışı, merkezi bir noktada veya farklı Bulut Hizmetleri tarafından verilen depolama, veritabanı, uygulama hizmetleri gibi işlevlerle Bilgi Sistemleri tarafından kullanılmaya hazır hale getirilmektedir. Üretimde kullanılan akıllı cihazlar, insan hatasını en aza indirerek, gerçek zamanlı bilginin karar destek sistemleri tarafından değerlendirilmesini sağlayacaktır.

IIoT bilgi akışı, günlük yaşantımızı ve iş hayatını kolaylaştıran birçok uygulama ile anlam bulurken, Endüstri ve IoT'nin birleştirilmesi ile de üretimde kalitenin arttırılması, maliyetlerin azaltılması, enerji verimliliği, performans, rekabetçi ürünler

yaratılması gibi konularda birçok olumlu etki yaratacaktır. Ancak olumlu olan bu IIoT niteliklerinin tam olarak fayda sağlayabilmesi için hala teknolojik ve politik olarak çözülmesi gereken bazı zorlukları vardır ve dördüncü bölümdeki açık IIoT konularını destekleyecek şekilde şöyle özetlenebilir:

• Akıllı cihazların farklı karakteristikleri iletişim başta olmak üzere veri tiplerine bağlı olarak beraber çalışabilirlik konusunda bilgi işleme (bilgi toplama, depolama, analiz etme gibi) zorluğu,
• Özellikle kritik altyapıları olan üretimle ilgili endüstriyel sistemler için sorgulanması gereken maliyet ve güvenilirlik değerleri,
• Internet ortamında tutulan veya internete erişimi olan kritik bilgi sistemlerinin siber güvenlik hassasiyeti,
• Teknolojinin sunduğu IIoT kavramının getireceği olumlu katkılara rağmen, bir başka grup kullanıcının sistemin güvenlik katsayısından duyduğu endişe,

Yukarıda özetlenen endişelere rağmen, IIoT kullanımı içindeki bütün farklı paydaşlar (endüstriyel sektörler, İletişim şirketleri, Bulut Bilişim Hizmet Sağlayıcıları, akıllı cihaz üreticileri, güvenlik firmaları, uzmanlar, son kullanıcılar) biraraya gelip teknolojideki bu yeni alanı daha ileri götürmek için çalışmalıdırlar.

Kaynaklar

Akyıldız, L.F., Sankarasubramaniam, Y., Su, W., Cayırcı, E., 2002. Wireless sensor networks: A survey. *Journal of Computer Networks,* **38**, 393-422.

Ashton, K., 2002. The internet of things. *Forbes Magazine,* **March 18th**.

Atzori, L., Lera A., Morabito, G., 2010. Internet of things: A survey. *Journal of Computer Networks,* **54**, 2787-2805.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., Rosenberg, M., 2014. How virtualization, decentralization, and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective. *Journal of Mechanical, Aeorospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering,* **8**, 37-44.

Carceres, A., Friday, A., 2011. Ubicomp systems at 20: Progress, opportunities and challanges. *IEEE Pervasive Computing,* **11**, 14-21.

Chen, M., Wan, J., Li, F., 2012. Machine-to machine communications: Architectures standarts and applications. *KSII Transactions on Internet and Informations Systems,* **2**, 480-497.

Hermann, M., Pentek, T., Otto, B., 2015. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. (Working Paper) Technische Universitat, Dortmund.

Hsiao, SJ., Lian, KY., Sung, WT., 2016. Employing Cross-Platform Smart Home Control System with IOT Technology Based. International Symposium on Computer, Consumer and Control, 264-267.

Horn, G., Eliassen, F., Salvatore Venticinque, S., Martino, B.D., Bücher, M., Wood, L., 2016. An Architecture for Using Commodity Devices and Smart Phones in Health Systems. EEE Workshop on ICT solutions for eHealth, 255-260.

Khasasi, F.H.M., 2015. Development of an automated storage and retrieval system in dynamic industrial environment. *IEEE Conference on Biosignal Analysis, Processing and Systems,* 57-60.

Kourtem, G., 2010. Smart objects as building blocks for the internet of things systems. *IEEE Internet Computing,* **14**, 44-51.

Li, D.X., Wu, H., Shangang, H., 2014. Internet of things in industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* **10**, 2233-2243.

Lin, K., Wang, W., Bi, Y., Qiu, M., Hassan, M.M, 2015. Human localization based on inertial sensors and fingerprint in industrial of things. *Computer Networks,* **In press**.

Miorandi, D., Sicari, S., Pellegrini, F.D., Chlamtac, I., 2012. Internet of things: Vision, applications and research challanges. *Journal of Ad Hoc Networks,* **10**, 1497-1516.

Roodbergen, K. J., 2009. A survey of literature on automated storage and retrieval. *European Journal of Operational Research,* **2**, 343-362.

Snatkin, A., Karjust, K., Majaki, J., Aruvali T., Eiskop, T., 2013. Real time production tracking system in SME. *Estonian Journal of Engineering,* **19**, 32-75.

Tsai, CW., Lai, CF., Vasilakos, A.V., 2014. Future Internet of Things: open issues and challenges. *Wireless Networks*, **20**, 2201-2217.

Xiao, C., Sunderesh, S., Heragu, S., Yang L., 2014. Modeling and evaluating the AVS/RS with tier-to-tier vehicles using a semi-open queueing network. *IEEE Design&Manufacturing: Special Issue,* **9**, 905-927.

Xu, L.D., 2011. Enterprise systems: State-of-the art and future trends. *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* **7**, 630-641.

Xu, L.D., He, W., Li, S., 2014. Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* **10**, 2233-2243.

Vyatkin,V., Salcic, Z., Roop, P.S., Fitzgerald J., 2007. Now that's smart. *IEEE Industrial Electronics Magazine,* **4**, 17-29.

Wang, Q., Gao J., 2012. Research and application of risk and condition based maintenance task optimization technology in an oil transfer station. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries,* **6,** 1018-1027.

Weiser, M., 1993. Some computer science issues in ubiquitous computing. *ACM Communications Magazine,* **36,** 75-84.

Zhao, J.C., Zhang, J.F., Feng, Y., Guo,J.X., 2010. The Study and Application of the lOT Technology in Agriculture. 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 462-465.

İnternet kaynakları

1-http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/ (31.03.2016)

2-https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/ (24.02.2016)

3-http://http://www.mhi.org/fundamentals/automatic-guided-vehicles (04.04.2016)

4-http://en.datanggroup.cn//templates/08Solution%20Content%20Page/index.aspx?nodeid=147&page=ContentPage&contentid=229 (05.04.2016)