

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İMALAT LOJİSTİĞİNDE KABLOSUZ SENSÖR AĞI
KULLANIMI İÇİN BÜTÜNLEŞİK SERVİS YÖNELİMLİ
BİLİŞİM YAPISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End. Müh. Baran KAYNAK

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan TORKUL

Ocak 2013

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İMALAT LOJİSTİĞİNDE KABLOSUZ SENSÖR AĞI
KULLANIMI İÇİN BÜTÜNLEŞİK SERVİS YÖNELİMLİ
BİLİŞİM YAPISI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

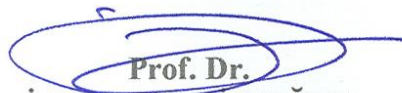
End. Müh. Baran KAYNAK

Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 16/01/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr.
Orhan TOKKUL
Jüri Başkanı



Prof. Dr.
İ. Hakkı CEDİMOĞLU
Üye



Doç. Dr.
Harun Reşit YAZGAN
Üye

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının tamamlanmasında değerli katkılarını esirgemeyen danıőmanım Prof. Dr. Orhan TORKUL'a, Prof. Dr. İ.Hakkı CEDİMOğLU'na, Doç. Dr. Harun Reşit YAZGAN'a ve Yrd. Doç. Dr. İhsan Hakan SELVİ'ye, çalıőmalarım sırasında bana sürekli ve sabırla destek olan Araç. Gör. Sümeyye şen'e, Ömer Sezai Aykaç'a ve aileme teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI VE GERÇEK ZAMANLI VERİ	4
2.1. Giriş	4
2.2. Kablosuz Sensör Ağları	4
2.2.1. ZigBee	8
2.2.2. Radyo frekansı ile tanımlama (RFID)	14
2.2.3. Yakın alan iletişimi (NFC)	21
2.3. Gerçek Zamanlı Veri	23
BÖLÜM 3.	
İMALATTA KABLOSUZ SENSÖR AĞLARININ KULLANIMI	25
3.1. Giriş	25
3.2. Gerçek Zamanlı Kablosuz İmalat Modeli.....	25
3.3. Zeki Montaj Hattı.....	28
3.4. Donanımsal Mimari	29
3.4.1. Veri toplama katmanı	29

3.4.2. Veri aktarım katmanı.....	29
3.4.3. Veri depolama ve gösterme katmanı	30
3.5. Etmen Tabanlı Zeki Nesne Yönetim Sistemi	31
3.5.1. Zeki nesne etmenleri servis düğümü	32
3.5.2. Zeki nesne platformu servis düğümü	33
3.5.3. Zeki nesne yönetim merkezi servis düğümü	34
3.5.4. Dış sistem bilgi sağlayıcı.....	34
BÖLÜM 4.	
UYGULAMA	36
4.1. Zeki Nesne Etmenleri	42
4.2. Zeki Nesne Platformu	43
4.3. Zeki Nesne Yönetim Merkezi.....	45
4.4. Gösterge	45
BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER	47
5.1. Sonuç	47
5.2. Öneriler	49
KAYNAKLAR	51
EKLER	55
ÖZGEÇMİŞ	65

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

KUE	: Kurumsal uygulama etmenleri
KUS	: Kurumsal uygulama sistemi
ZNE	: Zeki nesne etmenleri
SİE	: Süreç içi etmenleri
ZNP	: Zeki nesne platformu
ZNYS	: Zeki nesne yönetim sistemi
ZN	: Zeki nesne
GTKE	: Genel tanım, keşif ve entegrasyon
RFID	: Radyo frekansı ile tanımlama
NFC	: Yakın alan iletişimi
KKP	: Kurumsal kaynak planlama

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Örnek bir kablosuz sensör ağı modeli	6
Şekil 2.2.	Zigbee’de desteklenen yıldız topolojisi	11
Şekil 2.3.	Zigbee’de desteklenen ağaç topolojisi	12
Şekil 2.4.	Zigbee’de desteklenen mesh topolojisi	12
Şekil 2.5.	IEEE 820.15.4/ZigBee protokol yığın mimarisi	13
Şekil 2.6.	Örnek bir RFID sistemi	19
Şekil 2.7.	NFC modülü ve basit bir uygulama örneği	22
Şekil 3.1.	Gerçek zamanlı kablosuz imalat modeli	27
Şekil 3.2.	Web servis tabanlı Zeki Nesne Yönetim Sistemi mimarisi	32
Şekil 4.1.	Montaj hattı öncelik diyagramı	36
Şekil 4.2.	İş merkezi dağılımı	38
Şekil 4.3.	Montaj hattı akış diyagramı	39
Şekil 4.4.	İş merkezi örneği.....	39
Şekil 4.5.	ZekiNesne sınıfı	43
Şekil 4.6.	Platform sınıfı	44
Şekil 4.7.	Mesaj sınıfı.....	44
Şekil 4.8.	Gösterge ekranı	46

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	RFID sistemlerde farklı etiketlerin karşılaştırılması	16
Tablo 2.2.	RFID frekansları ve özellikleri	18
Tablo 4.1.	Öncelik matrisi.....	37
Tablo 4.2.	Göstergeler.....	38

ÖZET

Anahtar kelimeler: Kablosuz Sensör Ağları, Kablosuz İmalat, Gerçek Zamanlı Veri, RFID.

İmalat sistemlerinin bilgi teknolojileri ile desteklenmesi, otomasyon sistemlerinin gelişimi için günümüzde önemli bir faktördür. Otomasyon teknolojilerinin mevcut atölye ortamlarına uygulanması için gereken bilgi, enerji ve altyapı çok maliyetli olabilir. Atölye ortamlarının mevcut yapısını bozmadan geliştirilecek bir sistem mevcut sistemlerde daha az müdahale gerektireceğinden daha çok tercih edilebilir. Bu nedenle modüler bir sistem diğer sistemlere göre daha avantajlı olabilmektedir.

Atölye ortamlarında yaşanan problemlerin azaltılması, hızlı çözüm bulunabilmesi ve takip edilebilmesi için günümüzde kullanılmakta olan sistemler yetersiz kalmaktadır. İnsan gücü ile yapılan takip işlemleri hem hatalı hem de zaman alıcı olmaktadır. İnsan gücü ile yapılan işlemlerin dışında, mevcut sistemlerin takip mekanizmaları yerel çözümler sunmaktadır ancak merkezi olamamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı merkezi bir bilgi sisteminin gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Endüstriyel ortamlar için günümüzde kullanımı gittikçe artan kablosuz sensör ağları atölyelerde karşılaşılan bu tip problemlere oldukça uygun bir alt yapı sağlamaktadır.

Bir montaj atölyesi için tasarlanan bu sistem atölye ortamında ihtiyaç duyulabilecek bir takım bilgilerin toplanmasına yardımcı olmaktadır. Tasarlanan sistem kablosuz bir sensör alt yapısı ile oluşturulmuştur. Zeki nesnelere oluşturularak bu nesnelere bir takım sensörler bağlanmıştır. Böylece bir iş istasyonunda gerçekleşen olaylar otomatik olarak yakalanabilmektedir. Yazılımsal olarak tasarlanan bilgi altyapısı, tüm bu sensörlerden elde edilen verileri hızlı ve düzgün bir yapıda istenilen noktalara taşıyabilmektedir. Böylelikle sağlanan bilgi altyapısı ile atölye ortamlarında gerçek zamanlı izleme yapılabilmektedir. Yönetilebilirlik artırılmış, yaşanabilecek darboğazlar anlık olarak görülebilir hale getirilmiştir.

INTEGRATED SERVICE-ORIENTED INFORMATION STRUCTURE FOR USE OF WIRELESS SENSOR NETWORK IN MANUFACTURING LOGISTICS

SUMMARY

Key Words: Wireless Sensor Networks, Wireless Manufacturing, Real Time Data, RFID

Nowadays, supporting manufacturing systems with information technologies is an important factor for automation systems' development. The information, energy and infrastructure that are necessary in order to implement the automation technologies to the existing workshop environment may be too costly. Since a system to be developed by keeping the existing structure requires less intervention than the current systems do, it is more preferable. For that reason a modular system can be more advantageous than the other systems.

The systems that are being used to decrease, to find quick solutions and to track the problems that occur in workshop environments remain insufficient. Tracking processes manually are both time consuming and inaccurate. The existing systems' tracking mechanisms, apart from processes manually conducted, offer local but none-central solutions. Because of all these reasons mentioned above, a central information system became a necessity. The wireless sensor networks, which are being used increasingly in industrial environments, are providing a highly suitable infrastructure for the problems encountered in workshops.

This system, which is designed for an assembly workshop, assists to collect some information that may be necessary in the workshop environment. The designed system is developed through a wireless sensor infrastructure. Some sensors are connected to the created smart objects. Thus, the events occurring in a workstation can be captured automatically. The information infrastructure designed as a software can rapidly transmit all the data collected from these sensors in an appropriate format to the desired points. In this manner, a real time monitoring has become possible in the workshop environment through the provided information infrastructure. Manageability has been increased, possible bottlenecks have become identifiable in real time.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Hızlı gelişen teknoloji beraberinde yenilikleri getirerek ihtiyaçları değiştirmiştir. Bu değişimi yakalayabilmek için işletmelerin, teknolojinin gerisinde kalan sistemlerini geliştirmeleri gerekir. İhtiyaçlara hızlı cevap verebilmek için gelişmiş bir imalat sistemi gereklidir. Gelişmiş bir imalat sistemi doğru verilere ihtiyaç duyar. Sadece doğru verileri elde etmek günümüzde yeterli değildir. Bunun yanında doğru verinin gerçek zamanlı elde edilmesi gerekir.

İmalat ortamlarında ürün, ürün tasarımı, montaj, malzeme planlama, kalite kontrol, çizelgeleme, bakım, hata tespiti gibi alanlar vardır. Bu alanlar ham maddeden nihai ürüne kadar olan tüm süreçleri planlar veya analiz ederler. Planlama veya analizin sağlıklı bir şekilde gerçekleşebilmesi için doğru verinin, doğru zamanda ve doğru formatta elde edilmesi gerekir. Veriler eski sistemlerde elle, yeni sistemlerde ise barkodlar, sensörler ve görüntü sistemleri ile elde edilmektedir.

İmalat ortamlarından elde edilen gerçek zamanlı veri, ortamın anlık durumu hakkında bilgi verir. Anlık elde edilen bu verilerin saklanması ile bu verilerden çeşitli bilgiler ortaya çıkarılabilir. Planlama, çizelgeleme, optimizasyon, bakım, kontrol gibi fonksiyonlar bu veriler ile çalıştırıldığında gerçeğe daha verimli sonuçlar elde edebilirler. Bu sayede imalat ortamı daha verimli bir hale getirilebilir.

İmalat ortamlarından alınan bilgilerin merkezi bir ortamda gerçek zamanlı toplanamaması ve işlenememesinden dolayı sistemler veriyi doğru değerlendiremezler. Doğru bir biçimde verinin ele alınması için sistemin merkezi olması gereklidir. Bu çalışma sadece merkezi bir ortamda verilerin toplanmasını değil aynı zamanda gerçek zamanlı olarak toplanıp anlık olarak sistemin izlenmesine imkân sağlamaktadır.

Fiziksel ortama gerçek zamanlı müdahale veya fiziksel ortamdan veri toplanması her sistemde mümkün olamamaktadır. Bu tip ortamlar için hem maliyeti düşük hem de etkin çalışabilen bir kontrol yapısına ihtiyaç vardır. Mevcut sistemlerin üzerine yerleştirilmek istenen bileşenlerin mevcut yapıyı bozmaması için modüler olması ve var olan yapının üzerine kolaylıkla entegre edilebilir olması gerekir. Bu tip otomasyonların kurulabilmesi için geliştirilen kablosuz sensör ağları imalat ortamlarının algılanması veya kontrolü için oldukça uygun bir teknolojidir. Algılanan olaylar ile elde edilen veriler mevcut sistemin iyileştirilmesi, bakımı ve kontrolü için bir bilgi kaynağı olacaktır.

Bu çalışmada imalat sistemlerinde gerçekleşen olayların gerçek zamanlı takibi ve sistemin iyileştirilmesi için kablosuz sensör ağ temelli model önerilmiştir. Bu modelin imalat lojistiğindeki iletişim problemlerinin aşılmasına yardımcı olacağı düşünülmüştür. Ayrıca bu çalışma planlanan iş ile gerçekleşen iş durumu arasında yaşanan senkronizasyon problemlerinin aşılması için bir bilgi alt yapısı sunar.

Çalışmada tasarlanan model 5 katmandan meydana gelmektedir. Modelin çok katmanlı bir yapıda olması çalışmaya esneklik ve kolaylıkla genişletilebilirlik özelliklerini sağlar. Modelde, verinin ortaya çıktığı en uç noktadan toplanması aşamasından, verinin işleneceği son noktaya kadar olan tüm aşamalar ele alınmıştır. Bu sayede sisteme yeni bir uygulama eklenmesi gerektiğinde istenilen katmandan veri alınabilecektir. İşletmenin ihtiyaç duyduğu yeni fonksiyonlar modele eklenerek modeli detaylandırmak mümkündür.

Donanımsal mimari, maliyet ve performans kriterleri göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Kablosuz sensör ağlarının uygulanması için kablosuz ağ teknolojilerinden ZigBee önerilmiştir. ZigBee; güvenilir, uygun maliyetli ve düşük enerjili kablosuz izleme ve kontrol cihazları sunan bir teknolojidir. ZigBee teknolojisi ile cihazların kendi aralarında iletişim kurabilmeleri sağlanmaktadır. ZigBee teknolojisi, bu özelliği ile geniş imalat ortamlarındaki iletişim problemlerine bir çözüm olarak sunulabilir.

İmalat ortamından otomatik olarak veri toplamak için genelde RFID ve barkod sistemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, düşük maliyet dikkate alındığı ve küçük ebatlı parçalar uygulamada test edildiği için ağırlık ve optik sensörleri önerilmiştir. Tasarlanan model veri toplama araçlarına göre değişiklik göstermez.

Uygulamada tasarlanan modele göre bir yapı oluşturulmuş ve örnek bir ürün yapısına göre bir montaj hattı benzetimi yapılmıştır. Uygulamada olay tabanlı bir benzetim tasarlanmıştır. Montaj hattı üzerinde gerçekleşen olaylar sensörler yardımı ile yakalanmış ve mesajlar aracılığı ile ekranda gösterilmiştir. Mesajlar, modelde belirtilen katmanlar tarafından oluşturularak bir form yardımı ile ekranda görsel olarak gösterilmiştir.

BÖLÜM 2. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI VE GERÇEK ZAMANLI VERİ

2.1. Giriş

İmalat sistemleri için tasarlanan, modelde kullanılan sensörler ve bu sensörlerin kablosuz olarak iletişim kurmasını sağlayan kablosuz sensör ağları bu bölümde açıklanmıştır. Sensörlerden alınan verilerin kablosuz olarak aktarılmasına olanak sağlayan ZigBee, ortamdaki nesnelerin takibini kolaylaştıran RFID kablosuz sensör ağlarının başlıca elemanlarıdır. İmalat ortamından sensörler aracılığı ile alınan bu verilerin gerçek zamanlı kullanımı açıklanmaya çalışılmıştır.

2.2. Kablosuz Sensör Ağları

Sensör ağları, sismik, termal, manyetik, görsel, akustik, kızıl ötesi ve radar gibi çeşitli tiplerdeki sensörler ile aşağıdaki durumları algılayabilirler [1].

- Sıcaklık
- Nem
- Araç hareketi
- Işık durumu
- Basınç
- Toprak durumu
- Gürültü seviyesi
- Belirli tipteki nesnelerin var veya yok olması durumu
- Bağlı nesnelerin mekanik gerilim seviyeleri
- Bir nesnenin hız, yön ve büyüklük gibi karakteristikleri

Sensörler düğümleri sürekli algılama, olay yakalama, olay tanımlama, konum algılama ve yerel aktivatörlerin kontrolü için kullanılabilirler. Mikro-algılama ve

kablosuz bağlantı modeli ile düğümler yeni uygulama alanları vaat ederler. Bu uygulama alanlarını askeri, çevre, sağlık, ev ve diğer ticari alanlara göre kategorize edebiliriz. Bu sınıflandırmayı uzay keşfi, kimyasal işleme ve felaket yardımı gibi daha fazla kategoriler ile genişletmek mümkündür [2].

Kablosuz sensör ağları küçük boyutlara sahip olması, düşük fiyat ve düşük güç harcaması gibi sebeplerden dolayı fiziksel çevrelerde, ağ sistemlerinde çokça kullanılır olmuştur. Çevremizde fiziksel olarak bir çok gömülü sensörler yaşantımıza dahil olmuştur. Kablosuz sensör ağları, diğer kablosuz ağlardan farklı olarak bir takım özelliklere sahiptir. Bunlardan bazıları; uygulamaya özgü olması, çevre etkileşimli olması, kendi kendini yapılandırması, güvenilir olması, gerçek zamanlılık, basitlik, veri merkezliliğidir.

Kablosuz sensör ağları askeri savunma, çevre veya yaşam alanı izlenmesinde, stok ve tedarik zinciri yönteminde, bina otomasyonu, endüstri otomasyonu gibi pek çok sayıda alanda kullanılmıştır. Son birkaç yıl içinde, kablosuz sensör ağlarının endüstriyel otomasyon alanında kullanımı artmıştır. Bu teknoloji, endüstriyel otomasyon alanında yeni kullanım alanları oluşturmuştur. [3].

Shen ve arkadaşları (2004), sensörlerin kullanımı ile ilgili birçok senaryo bize sunmaktadır fakat endüstri otomasyonu üzerinde kablosuz sensör ağların kullanımı üzerinde odaklanmaktadır. Shen ve arkadaşları, endüstri verilerinin iletilmesi, kaydedilmesi, depolanması gibi problemlerin çözümü için kablosuz sensör ağ teknolojilerini kullanmışlardır. İletişim mimarilerinden, protokollerden, algılayıcı kart tasarımı ve uygulama yazılımdan oluşan bir sistem geliştirmişlerdir.

Ticari uygulamalardan bazıları [3];

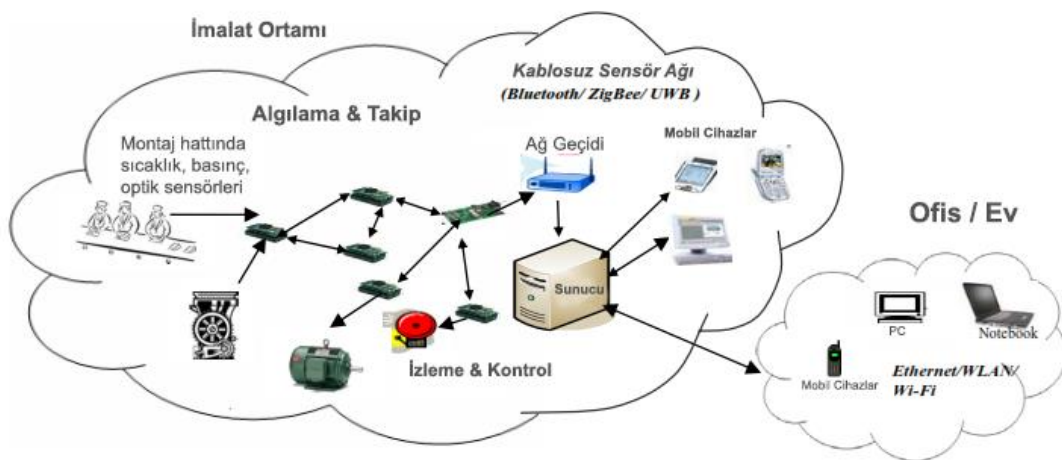
- Çevre denetimi
- Güvenlik
- Bina ve fabrika otomasyonu
- Savunma
- Endüstriyel ekipman denetimi

- Havalandırma sistemleri
- Sağlık denetimi
- Bakım
- Endüstriyel kontrol

Kablosuz sensör ağlarında karşılaşılan sorunlar ve engeller tartışılmaktadır. Bağlantı kalitesini geliştirici stratejiler üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Herhangi bir yerde herhangi bir zamanda gerçek zamanlı verinin alınmasında, endüstri uygulamalarında periyodik verinin toplanmasında, nadir olay tespitinde kablosuz sensör ağları faydalı bir şekilde kullanılabilir. İşlemlerin, malzemelerin sağlıklı bir şekilde akışı, kablosuz sensör ağlarıyla izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir [4].

Low ve arkadaşları (2005); endüstriyel mobil robotlarda, gerçek zamanlı stok yönetiminde, süreç ve donanım izlenmesinde, ortam izlenmesinde, endüstriyel ortamdaki karışıklıkları önlemek için kablosuz sensör ağlarının kullanımından bahsetmektedir. Ayrıca Low ve arkadaşları, bu alanlarda kablosuz sensör ağı kullanılmadan önce meydana gelen problemlerden ve kablosuz sensör ağının bu problemleri nasıl çözdüğünü de anlatmaktadır [4].



Şekil 2.1. Örnek bir kablosuz sensör ağı modeli [4].

Kim ve arkadaşları (2008) yayınladıkları bildiride kablosuz sensör ağıyla eşya takip sistem uygulaması gerçekleştirmişlerdir. ZigBee tabanlı eşya takip çözümü bir hastane uygulaması için sunulmaktadır. Hastanedeki eşyaları izlemek için son derece uygun maliyetli bir yöntem önerilmektedir. Uygulamanın bir parçası olarak; uygulamayı analiz etmek ve uygulamanın sonuçlarını görmek için müşteri memnuniyet anketi yapılmıştır. Yapılan anket sonuçları ve aşamaları makalede belirtilmektedir. Sistem değeri hesaplamaları ve müşteri geri dönüşümlerinden elde edilen sonuçlara göre ZigBee tabanlı düşük güçlü eşya takip sistemi oldukça etkili olmuştur. Sistem kurulumunun, sistemi müşteri ihtiyaçlarına göre genişletmenin ve değiştirmenin oldukça kolay olduğu belirtilmiştir. Makale, uygulamanın temelini teşkil eden ZigBee teknolojisinin üretim ve lojistik alanlarında yaygın olarak kullanılabileceğini vurgulamaktadır [5].

Zhang ve arkadaşları (2006), RFID ve kablosuz sensör ağlarını birlikte kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma bu bileşenlerin bir imalat ortamında nasıl bir performans sergilediğini anlatmaktadır. Uygulama olarak, bir fabrikada forkliftlerin işlemi biten parçalardan anında haberdar olup zamanı etkin kullanmak üzerine tasarlanmıştır. Bir dinamo fabrikasında işlemi biten parçalar forkliftler ile bir noktadan başka bir noktaya taşınmaktadır. İşlemi biten makineler buldukları konumu ZigBee ile forkliftlere aktarırlar ve forkliftlerde bulunan ZigBee alıcılar ile bilgi elde edilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçta eğer sistemde çok fazla eleman var ise RFID etiketleri ve kablosuz sensör ağları kullanılan heterojen bir ağ yapısı önerilmektedir. Eğer izlenecek nesnelere geniş bir alanda ise fonksiyonatile olarak azaltılmış bir dağıtık sensör okuyucu ağı tercih edilmesi önerilmektedir [6].

Mason ve arkadaşları (2010), gaz tüplerinin takibini kablosuz sensör ağlarını kullanarak gerçekleştiren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada gaz silindirlerinin üzerine yerleştirilen RFID etiketlerinin depoda sık bulunan tüpler nedeniyle okuma esnasında zorluklar çıkardığını ve bu soruna çözüm için tüplerin birbirleriyle iletişim kurabilmelerini sağlayan bir kablosuz ağ kurulması önerilmiştir. Bu fikrin gerçekleştirilmesi için Mason ve arkadaşları Berkeley Mica2 ve MicaZ modüllerini kullanan kablosuz bir örnek cihaz geliştirmişlerdir. MicaZ modülü, ZigBee

teknolojisi kullanılarak geliştirilen bir modüldür. Bu çalışmada kullanılan ZigBee cihazlarının uyku özelliği ile enerji tasarrufunda önemli bir fayda sağladığı ölçülmüştür. Cihazlara yerleştirilen sensörler aracılığı ile uzaktaki bir bilgisayardan tüplerin durumları kontrol edilebilmiştir. Yapılan testlerde cihazların konumunun sinyal gücüne göre saptanabildiği de ortaya konulmuştur. Endüstriyel bir ortamda gerçekleştirilen test ile %94.5'i ilk okuma denemesinde başarılı olmuştur. Yapılan ikinci okuma denemesinde %99.75'e çıkan bu oran üçüncü okuma denemesinde %100'e ulaşmıştır [7].

Yu ve arkadaşları (2012), düşük ölçeklenirlik ve esneklik problemi olan geleneksel bir atölye için izleme sistemi kullanarak problemi çözmeye çalışmışlardır. Uzaktan kontrol ve izleme metodları için ZigBee tabanlı kablosuz sensör ağlarını önermişlerdir. Çalışmalarında sistemin tüm yapısını tasarlamışlardır. ZigBee tabanlı atölye ortamını, yazılımsal ve donanımsal bileşenleri ve tarayıcı/sunucu tabanlı bilgi sistemlerini bu çalışmada oluşturmuşlardır. Çalışmalarında, atölye ortamları için verimli bir uzaktan izleme sistemi ortaya koyduklarını belirtmektedirler [8].

Van ve arkadaşları (2012) yaptıkları çalışmada bir çamaşır yıkama merkezi yönetim sistemi hazırlamışlardır. Bu sistemin kablosuz sensör ağları ve RFID ile nasıl yapılabileceğini göstermişlerdir. Düşük enerji tüketimli, düşük maliyetli ve daha iyi izleme sunabilen bir sisteme ihtiyaç duyduklarını belirtmektedirler. Diğer sistemlere göre farklı olarak web tabanlı bir yönetim yazılımı tasarlamışlardır. Bu sayede müşterilere web üzerinden takip imkanı sağlamışlardır. Yapılan çalışma sonucunda 40m uzaklığındaki bir noktadan ortalama paket yakalama oranı %99.75 olmuştur. Pil ömürlerini normal sistemlerin 2 katına çıkarabilmişlerdir. Elektromanyetik bir kalkan olması durumunda etiketlerin 4cm uzaklıktan okunabildiğini göstermişlerdir [9].

2.2.1. ZigBee

Zigbee, birçok farklı alanda uygulamaya sahip olan yeni sayılabilecek kablosuz iletişim standardıdır. Uluslararası şirketlerin kurduğu küresel şirketler birliği olan "ZigBee Alliance"ın çalışmaları sonucunda oluşmuştur. IEEE 802.15.4 standardı üzerine geliştirilmiş olan ZigBee; güvenilir, uygun maliyetli ve düşük enerjili kablosuz izleme ve kontrol cihazları sunar.

2.2.1.1. ZigBee özellikleri

ZigBee mükemmel bir şekilde noktadan noktaya (peer to peer) iletişim sağlayabilmektedir. Sensör ağ standardı olarak bilinen ZigBee 2¹⁶ (65535) adet düğüme kadar tek bir ağda bulunabilir [10].

ZigBee kullanan cihazlar anten gücüne bağlı olarak 5 ile 500m arasında yayın yapabilirler. 2.4 GHz frekans bandında dünya çapında lisanssız kullanılabilir ve Amerika'da 915 MHz, Avrupa'da 868 MHz olmak üzere bu iki bantta da çalışabilirler. (Ergen, 2004) Bant genişliklerine göre çalışma hızları şu şekildedir; 2.4 GHz bant genişliğinde 250 kbps, 915 MHz bant genişliğinde 40 kbps ve 868 MHz bant genişliğinde ise 20 kbps'dır [11].

ZigBee düşük gecikme ile çalışabilmektedir. Ayrıca ZigBee'nin kendine has özelliği olan noktasal hataları giderebilecek haberleşme yöntemi ile ZigBee ağı diğer kablosuz ağlarla birlikte herhangi bir karışma olmadan çalışabilir.

ZigBee teknolojisi yüksek güvenlik önlemleri içerir. 128 bit AES şifreleme kullanılarak bilgilerin dinlenmesi engellenir. 3 farklı şifreleme anahtarı kullanılmaktadır. Bu anahtarlar belli aralıklarla yenilenir. Tekrarlama saldırısını önlemek için yeni gelen mesajlar kontrol edilir. Bütünlük özelliği ile mesajın arasına saldırı amaçlı bilgi girilmesi engellenir ve doğrulama özelliği ile doğru kişiye ulaşım ulaşıldığı kontrol edilir.

ZigBee diğer kablosuz standartlara oranla oldukça düşük güç tüketir. ZigBee teknolojisinin güç tüketiminin düşük olmasını sağlayan birçok etken vardır. Başlıcaları [12]:

- Büyük boyutlarda veri aktarımının olmaması,
- Diğer teknolojilere oranla daha küçük aygıtların kullanılıyor olması,
- Veri alışverişi yapmadığı zamanlarda yönlendirici ve koordinatör dışında ki aygıtların uyku modu durumunda kalmaları,

- BPSK ve Q_QPSK modülasyon çeşitlerini kullanması ve bu modülasyon çeşitlerinin çok fazla güç tüketmemeleri,
- Düşük Duty Cycle: Yayın alma ve yayın verme süresinin çok kısa ve bu iki süreç arasında ki zaman aralığının uzun tutulması sebebiyle cihazın aktif çalışma zamanının kısa olması

ZigBee ve diğer kablosuz ağ standartlarını kullanan ürünlerin pil ömürlerinin süresi [12];

- GSM/GPRS; 1 ile 7 gün arasında
- Wi-Fi 802.11b; 0.5 ile 5 gün arasında
- Bluetooth 802.15.1 ile 1 ile 7 gün arasında
- ZigBee; 100 ile 1000+ gün arasında

2.2.1.2. ZigBee teknolojisinin çalışma yapısı

ZigBee temelde dijital radyoları kullanır. Tipik bir ZigBee ağı birkaç tip aygıttan oluşur. Ağ koordinatörü, ağın her düğümünün (node) farkındadır ve ağ içindeki alınmış ya da gönderilmiş bilgiyi her safhada yönetir. Her ZigBee ağı bir koordinatör içerir. Tam fonksiyonel cihazlar (FFD) ağ içinde bulunabilir ve bu aygıtlar bütün 802.15.4 fonksiyonlarını destekler. Bunlar bütün network koordinatörlerine, network dağıtıcılarına ya da fiziksel dünyayla bağlantılı bütün cihazlara hizmet ederler. Ağda uç cihaz olarak bulunan indirgenmiş fonksiyonlu aygıt (RFD) sadece fiziksel dünyayla bağlantılı aygıtlara hizmet eder.

ZigBee iki ana modda çalışır:

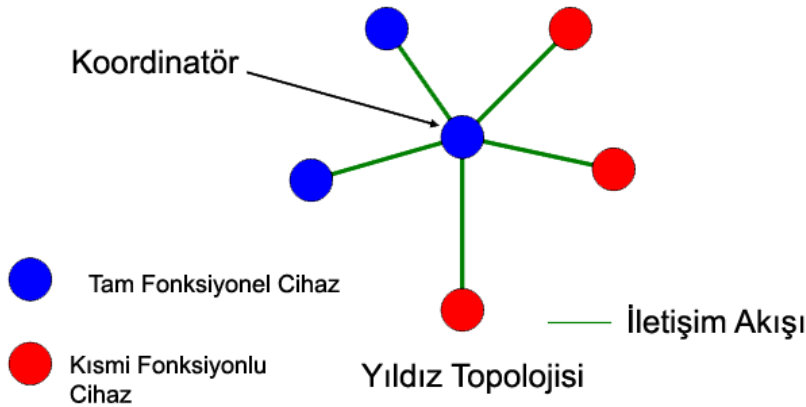
- 1 Beacon mod: Cihazlar birbirleri ile tamamen koordinelidir. Ağ koordinatörü periyodik olarak cihazlara bir “wake-up” işareti gönderir. Bunun sonrasında cihaz uyanır ve eğer bir mesaj iletmesi gerekiyorsa iletir, gerekmiyorsa uyumaya devam eder. Bu işlemleri tamamladıktan sonra ağ koordinatörü de uyku moduna geçer.

- 2 Non-Beacon mod: Her cihaz yalnızca ihtiyaç duyduğunda koordinatör ile haberleşir. Fakat bu mod cihazların birbirleri ile karışmasına neden olabilir. Ayrıca koordinatörün ağı dinlemek için sürekli açık olmasını gerektirir, bu da daha fazla enerji harcaması demektir. Ama her iki durumda da ZigBee düşük enerji tüketimini korur çünkü ağda bulunan çoğu cihaz uzun periyotlarda uyku durumunda olmaya devam eder.

2.2.1.3. ZigBee teknolojisinin desteklediği topolojiler

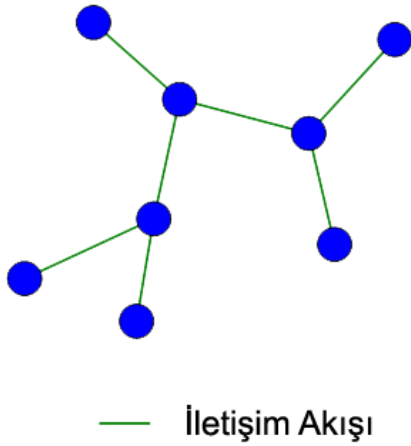
Zigbee teknolojisinin desteklediği 2 temel ve 1 gelişmiş ağ topolojisi vardır; yıldız (star), ağaç (tree) ve mesh topolojileri.

Yıldız topolojisi: Sadece koordinatör ve son aygıttan oluşmaktadır. Her son aygıt, koordinatör ile iletişim halindedir. Yıldız topolojisi, en basit ve en sınırlı topolojidir.



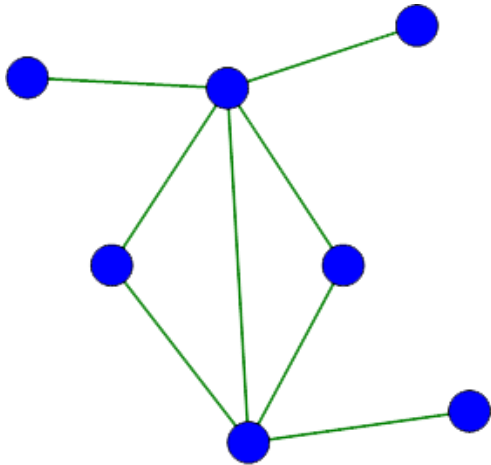
Şekil 2.2. Zigbee’de desteklenen yıldız topolojisi [11].

Ağaç topolojisi: Koordinatör, yönlendirici ve son aygıttan oluşmaktadır. Koordinatör, yönlendiriciye ve son aygıta bağlanabilir, yönlendirici de, başka bir yönlendiriciye ve son aygıta bağlanabilir.



Şekil 2.3. Zigbee’de desteklenen ağaç topolojisi [11].

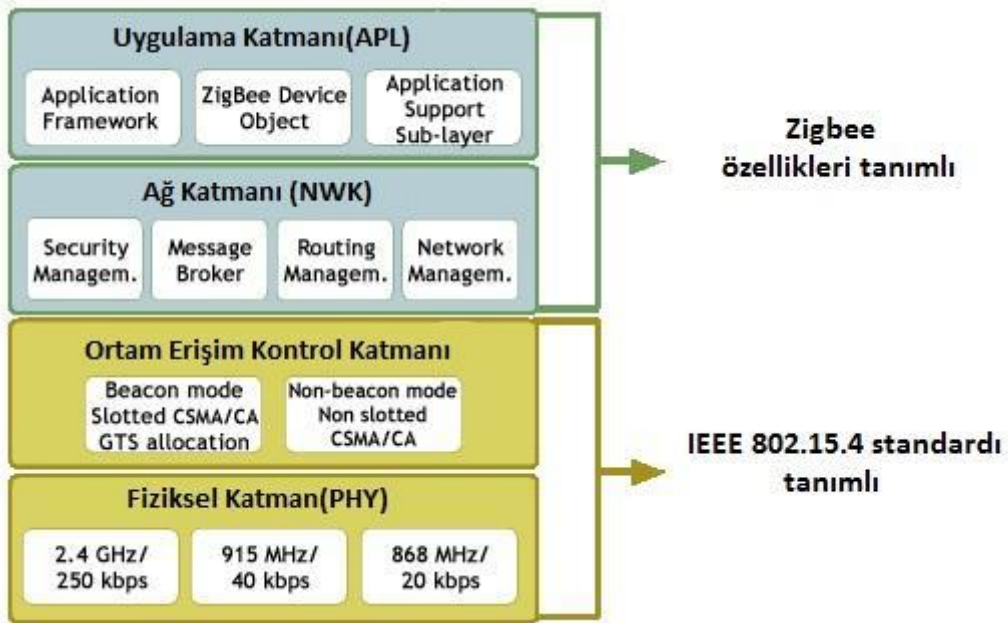
Mesh topolojisi: Koordinatör, yönlendirici ve son aygıttan oluşur. Mesh topoloji, ağaç topolojisine benzemektedir. Ağaç topolojisinden farkı, mesh topolojide bir hedefe giden farklı yolların olmasıdır. Z-AODV ve hiyerarşik yönlendirme algoritmaları ile en uygun yol bulunur [13].



Şekil 2.4. Zigbee’de desteklenen mesh topolojisi [11].

2.2.1.4. ZigBee protokol mimarisi

Zigbee protokol mimarisi, farklı protokol katmanlarının bir yığını olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2.5. IEEE 802.15.4/ZigBee protokol yığının mimarisi

Fiziksel katman: IEEE 802.15.4, 2.4 GHz, 915 MHz and 868 MHz olmak üzere 3 frekans bandı tanımlar.

Fiziksel katmanda gerçekleştirilen görevlerden bazıları şu şekildedir:

- IEEE 802.15.4 kanalının bant genişliğinden alınan bir sinyalin gücünün tahmin edilmesi
- Bir bağlantı üzerinden alınan sinyalin güç ve kalite gibi özelliklerinin ölçümü
- Kanalın boş veya dolu olduğunun sezinlenmesi işlemi
- Kanal frekansının seçimi: IEEE 802.15.4, 27 farklı kablosuz kanal tanımlar.

Ortam erişim kontrol katmanı: IEEE 802.15.4 protokolünde tanımlanan MAC katmanı, yüksek katman protokolleri ile fiziksel katman arasında bir arayüz sağlar.

Ortam erişim kontrol katmanında gerçekleştirilen görevlerden bazıları şu şekildedir:

- Cihaz bir koordinatör ise, ağ sinyalleri oluşturma
- Sinyallerin senkronizasyonunu sağlama,

- Cihaz güvenliğini sağlama,
- CSMA/CD algoritmasını çalıştırma,
- MAC katmanları arasında güvenli bağ kurma

Ağ katmanı: Uygulama katmanı için bir arayüz sağlar. MAC alt katmanın doğru çalışmasını sağlamak için işlevsellik sağlar. Bunlar ağ veri hizmeti ve ağ yönetim hizmeti tarafından sağlanmaktadır. Veri hizmeti NLDE(Network Layer Data Entity) tarafından ve yönetim hizmeti NLME (Network Layer Management Entity) tarafından sağlanır.

NLME, ZigBee yığını ile etkileşimi sağlayacak bir uygulamaya imkan verir. NLME'nin sağladığı hizmetlerin bazıları şu şekildedir:

- Yeni cihaz yapılandırılması
- Ağı başlatmak: Yeni bir ağ kurma yeteneği
- Ağa katılma veya ayrılma
- Adresleme: ZigBee koordinatörleri, ağa katılan bir cihaz için adres atayabilir.
- Komşu keşfi: Bir cihazın bir atlama sonrasında ki komşuları ile ilgili bilgiler keşfedilebilir, kayıt edilebilir ve rapor edilebilir.
- Rota bulma: Mesajların en etkili bir şekilde yönlendirilmesi sayesinde ağ boyunca ki yolları kaydetme ve keşfetme yeteneği

Uygulama katmanı: Uygulama desteği (APS), uygulama çerçevesi, uygulama nesneleri, ZigBee cihaz nesnelere (ZDO)'dan oluşur.

2.2.2. Radyo frekansı ile tanımlama (RFID)

2.2.2.1. RFID teknolojisi nedir?

RFID farklı malzemelerin otomatik tanımlanmasında radyo dalgalarını kullanan teknolojilere verilen addır [14]. RFID kelimesinin açılımı Radio Frequency Identification'dır. RFID teknolojisi yeni bir kodlama sistemi için temel oluşturmakta bunun yanında işletmelerin tedarik zincirlerini kontrol etmelerinde karşılarına çıkan

problemleri çözümede yardımcı olmaktadır ve tedarik zincirinde bilgi eksikliği nedeni ile oluşan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır [15] [16].

RFID teknolojisinin geçmişi uzun yıllar öncesine, 2. Dünya Savaşı yıllarına kadar uzanmaktadır.

2.2.2.2. RFID tarihçesi

RFID'nin tarihçesi incelendiğinde ilk kullanımının 1926 yılında ve askeri amaç için olduğu görülmektedir. İlk ticari kullanımı ise General Motors tarafından 1984 yılında gerçekleşmiştir. General Motors, otomobillerin gövdelerine yerleştirdiği RFID etiketlerle her gövdede doğru ekipmanların kullanıldığını kontrol etmeyi amaçlamaktaydı. Günümüzde ise RFID artık birçok sektörde kullanılmaktadır [17].

2.2.2.3. RFID standartları

RFID teknolojisinin yaygınlaşmaması ile ilgili en önemli nedenlerden biri standartların tam olarak geçerlilik kazanmamış olmasıdır. MIT (Massachusetts Institute of Technology)'de bulunan AutoID Center'da EPC olarak adlandırılan RFID teknolojisine yönelik standartlarla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanında AutoID Center'in başkanlığında ve dünyanın önde gelen 5 araştırma üniversitesinin iş birliğiyle EPCGlobal Projesi başlatılmıştır. Projede global olarak geçerli olması amaçlanan standardın tedarik zincirindeki her malzemenin bulunduğu yer, tarih ve sayısı ile ilgili otomatik ve doğru belirlemenin sağlanması amaçlanmaktaydı [15].

2.2.2.4. RFID ve altyapı gereksinimleri

Bir RFID sisteminin kurulması için hem yazılım hem de donanım gereksinimi vardır. RFID için gerekli olan donanımlar RFID etiketleri, RFID okuyucuları, frekanslar ve standartlar olarak açıklanmaktadır. Yazılım gereksinimi ise arayüzlerdir [18].

Donanım gereksinimleri; RFID teknolojisinde temel olarak RFID etiketi ve RFID okuyucusu, RFID yazıcısı, RFID anteni bileşenlerinden oluşur.

Bir RFID etiketi çip, güç kaynağı ve antenden oluşmaktadır. Etiketler etiketin kullandığı güç kaynağına bağlı olarak aktif ve pasif etiketler olarak adlandırılırlar. Bunun yanında günümüzde hem aktif hemde pasif etiketlerin özelliklerini içeren yarı-pasif etiketlerde kullanılmaktadır.

Tablo 2.1. RFID sistemlerde farklı etiketlerin karşılaştırılması [19]

Etiket	Aktif	Pasif	Yarı Pasif
Güç Kaynağı	Pil	Okuyuculardan yayılan elektromanyetik dalgalarla oluşan indüksiyon	Pil ve indüksiyon
Okuma Mesafesi	30 m. kadar	3 metre	30 m. kadar
Yakınlık Bilgisi	Zayıf	İyi	Zayıf
Frekans Çatışması	Yüksek	Orta	Yüksek
Depolanan Bilgi Miktarı	32k veya daha fazla bilgi(okuma/yazma)	2k(sadece okuma)	32 k veya daha fazla (okuma/yazma)

En ucuz etiket çeşidi olan pasif etiketlerin kendi güç kaynakları yoktur, okuyucunun gücüyle çalışır. Yarı pasif etiketler ise, gelen sinyalden güç almaya gerek bırakmayacak küçük bir pile sahiptir. Yarı pasif etiketler daha geniş okuma alanına sahiptir, daha güvenilirdir ve okuyucuya daha çabuk cevap verirler. Aktif etiketler ise kendi güç kaynaklarına sahiptirler. Yüksek performans sergilerler fakat maliyetleri yüksektir.

RFID okuyucuları antenden gelen sinyalleri alarak uygulama katmanına gönderir. RFID okuyucuları, etiketleri dış dünyaya bağlamaktadır.

Etiketler arasında çift yönlü iletişim söz konusudur. Tüm okuyucularda okumayı gerçekleştiren bir bölüm ve anten bulunmaktadır. Anten sinyali alır/gönderirken okuyucu sinyali oluşturur ve etiketler tarafından gönderilen sinyali çözer [20].

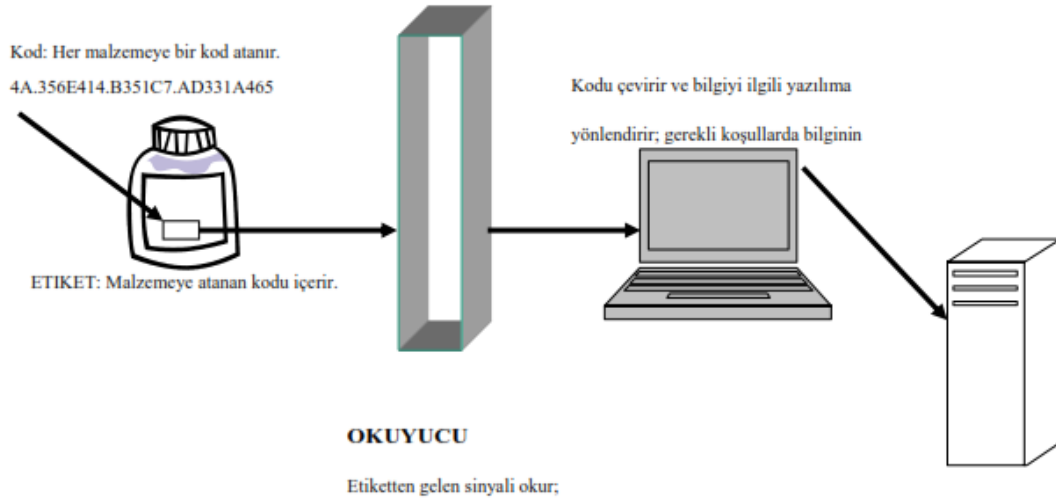
Çalışma Frekansları; RFID etiketlerinin ayırt edici bir diğer özelliği çalıştıkları frekans aralığıdır. Kullanılan frekans aralığı uygulamaya göre değişmektedir.

Tablo 2.2. RFID frekansları ve özellikleri'nde RFID teknolojisinin kullandığı frekanslar ve RFID teknolojisinin özellikleri verilmektedir.

Tablo 2.2. RFID frekansları ve özellikleri [21]

	LF (Düşük Frekans)	HF (Yüksek Frekans)	UHF (Ultra Yüksek Frekans)	Microwave (mikrodalga)
Frekans Aralığı	<135 kHz	13.56 MHz	860-890 MHz	2.45 GHz
Genel Bilgi	Daha büyük antenler dolayısıyla daha pahalı etiketler gerekir.	LF etiketlerden daha ucuzdur. Kısa mesafeli ve çok sayıda etiketin okunması istenen uygulamalar için idealdir.	LF ve HF etiketlerinden daha ucuzdur. Uzun mesafeden çok sayıda etiketin okunması istenen uygulamalar için idealdir.	UHF'ye göre benzer karakteristikler gösterir fakat UHF'ye göre daha hızlı okuma kapasitesi vardır.
Etiket Güç Kaynağı	Genellikle pasif etiketlerde kullanılır.	Genellikle pasif etiketlerde kullanılır.	Hem aktif hemde pasif etiketlerde kullanılır.	Hem aktif hemde pasif etiketlerde kullanılır.
Tipik Uygulamalar	Hayvan takibi, araç güvenliği vb.	Zeki kartlar, otomatik ödeme, bagaj takibi vb.	Tedarik zinciri, yollarda otomatik geçiş sistemleri vb.	Yollarda otomatik geçiş sistemleri, çeşitli objelerin gerçek zamanlı konum tespiti vb.

RFID yazılımları: Donanımdan gelen verinin işleneceği yerdir. Yazılımlara gelen veri öncelikle doğrulanır ve filtrelenir. Gelişmiş donanımlarda bu işlemler donanım kısmında yapılır. Elde edilen veriyi yazılım işler ve ilgili bileşenlere iletilir.



Şekil 2.6. Örnek bir RFID sistemi [20].

RFID teknolojisinin geleneksel bilgi sistemlerine göre üstünlüğü aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır [22]:

1. RFID sistemleri uygulamanın gerçekleştiği anda veriyi elde ederler.
2. RFID sistemleri işletmedeki bilgi sistemine herhangi bir gecikme olmadan sürekli veri yollarlar.
3. RFID sistemleri gelen verileri doğrulayabilme kapasitesine sahiptir.

2.2.2.5. RFID teknolojisinin avantajları

RFID teknolojisinin getirdiği birçok fayda vardır. RFID teknolojisinin ürünleri izlemede sağladığı kolaylıkla ürünleri izlemek için harcanan süre azalmıştır. İş gücü ile gerçekleşen işlemlerin otomasyonla gerçekleşmesini mümkün kılmıştır. Otomasyonla beraber kullanımında insan kaynaklı hatalarda ve iş gücü maliyetlerinde azalma meydana getirmiştir. Ayrıca teslimat zamanlarının önceden belirlenmesine, teslimat zamanlarının azalmasına, tekrarlanan işlerin belirlenmesine imkân sağlamıştır. RFID teknolojisi, üretimden satış noktasına kadar ürünle ilgili detaylı bilgilerin gerçek zamanlı olarak elde edilmesini mümkün kılar. Bu bilgiler, tedarik zincirinde oluşabilecek problemlere karşı önlem alabilme, tedarik

zincirindeki değişime hemen cevap verebilme imkanı sağlar. Sonuç olarak daha etkin tedarik zinciri kontrolü ve yönetimi sağlanır. RFID teknolojisi ile ürünlerin çıkış/giriş kontrolleri daha kolay ve daha kısa sürede yapılabilmektedir. Ürün satışları anında belirlenebilmektedir. Ürün satışlarının anında belirlenmesi rafların daha etkin düzenlenmesine ve hırsızlığın azaltılmasını sağlar [23] [14] [24].

2.2.2.6. RFID teknolojisinin gelişememe sebepleri

RFID teknolojisi ile yapılan uygulamaların artmasını engelleyen birçok nedenler vardır [25] [16] [15] [26] [18]:

1. Entegre bir sistem oluşturmak için oldukça az sayıda firma olması nedeniyle RFID ile ilgili yatırım yapan firmalar teknolojiyi sağlayan firmalardan elde ettikleri teknolojileri kullanarak sistemi kendileri oluşturmak durumundadır.
2. Elde edilen faydanın artması için uygulamanın tedarik zincirine yayılması gereklidir. Maliyet ve faydalarla ilgili tartışmaların yoğunluğu nedeniyle projeye başlamak oldukça zordur.
3. RFID teknolojisi standart değildir. Standartlarla ilgili bir çok öneri olmasına ve bir çok standart üzerinde çalışılmasına rağmen gelecekte hakim olacak standart ile ilgili belirsizlik hakimdir. Dolayısıyla, standartlar konusundaki belirsizlik RFID'ya yapılan yatırımların azalmasında önemli bir etkidir.
4. RFID teknolojisiyle ilgili hatalar teknolojinin yaygınlaşmasını engellemektedir. Bu hatalar radyo dalgalarının çakışması, ürünlerin farklı özellikleri nedeniyle farklı etiketlerin kullanılmasının gerekliliği, herhangi bir ülkede bir etiketle işlem gören frekansın başka bir ülkede çalışmaması,
5. RFID teknolojisinin yaygınlaşmasını engelleyen bir diğer neden ise etiket maliyetleridir. Her malzemeye etiket takılması söz konusu olduğunda etiket maliyetlerinin oluşturduğu engel daha iyi görülmektedir. Etiket maliyetleri düşük fiyatlı ürünlerde RFID kullanımının ekonomik uygunluğunu ortadan kaldırmaktadır.

RFID teknolojisi bu engellerin çözülmesiyle daha da yaygınlaşacaktır.

2.2.2.7. RFID ve imalat

Elshayeb ve arkadaşları (2009), ZigBee ağı ile birlikte kullanılan RFID teknolojisinin, düşük maliyetle tedarik zinciri izlenebilirliğini önemli ölçüde kolaylaştırdığını ve geliştirdiğini bir uygulamayla kanıtlamaktadır. Tedarik zinciri izlenebilirliğini kolaylaştırmak için RFID teknolojisi kullanılarak bir sistem oluşturulmaktadır. Donanımsal olarak proje Lego Mindstorm, RFID okuyucu ve etiketleri kullanılarak geliştirilmiştir. Yazılım tarafında ROBOLAB, LabVIEW ve Microsoft Excel kullanılmaktadır. Sistem çalışmasından elde edilen sonuçlara göre [27];

- RFID teknolojisi, müşteri ihtiyacını karşılamak için gerçek zamanlı kontrol ve izlenebilirlik sağlamaktadır.
- RFID teknolojisi, geri çağırma durumunda hızlı ve verimli bir şekilde tehlikeli ürünleri tespit etmeye ve onları kaldırmaya yardım etmektediri
- Gözlem hattı olmaksızın okunabilme yeteneğine sahiptir.
- RFID buz, boya, kabuklu kir ve diğer görsel ve zorlu çevre koşulları gibi çeşitli durumlarda okunabilmektedir.
- Fabrika ve dağıtım merkezlerinde daha etkili stok kontrolünü ve taşıma operasyonlarındaki insan hatalarını azaltır.
- Lojistik işlemlerinde insan hatalarını azaltır ve kırbaç etkisi gösteren dağıtım merkezleri ve fabrikalar arasında stok yönetiminin daha etkin olmasını sağlar.
- Otomatik alım satıcılara, çok daha doğru, hızlı ve ucuz ürün dağıtmaya ve teslim almaya izin verir.

Yang ve Yang (2009), ZigBee RFID algılayıcı ağ temelli bağlantısız izleme mimarisini, stok yönetim uygulamaları için önermektedir. Zigbee RFID teknolojisi kullanarak bağlantısız stok izleme uygulaması yapmışlardır [28].

2.2.3. Yakın alan iletişimi (NFC)

Sallinen ve arkadaşları (2008), profesyonel uygulamalar için NFC teknolojisi kullanılarak bir mobil ağ geçidi sunmaktadır. Üretim sistemlerinde NFC'nin

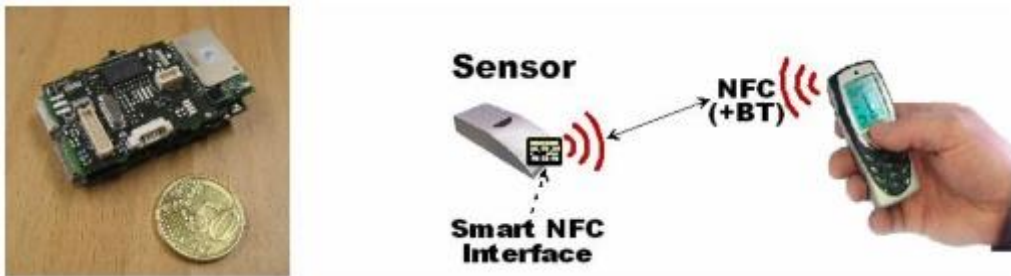
kullanımıyla ilgili bir senaryo sunulmuştur. Endüstriyel uygulamalarda NFC'nin uygunluğu anlatılmaktadır. NFC teknolojisinin avantaj ve dezavantajları şu şekilde özetlenebilir:

- NFC iki cihaz arasında etkileşimsel ve yakın alan iletişimi sağlar.
- İletişim kurulma gecikmesi bluetooth teknolojisinde genelde bir kaç saniye iken NFC de birkaç yüz milisaniyedir.
- Kablosuz sensör uygulamalarında; NFC, sensorün batarya ömrünün uzamasına ve hatta sensorün bataryasız gerçekleşmesine olanak verir.

NFC'nin avantajlarının yanında dezavantajlarına da makalede bahsedilmiştir. NFC'nin bahsedilen en önemli eksikliği haberleşme mesafesidir. Bunun yanında;

- NFC, başka cihazlara veya sabit bir erişim noktasına çevrim içi bağlanma gerektiren, taşınabilir cihazlar için uygun değildir.
- Antenin yeri çok önemlidir. Antenin yeri kullanıcıya belirtilmelidir.
- Uzak mesafede veri hızı düşüktür. Temas halinde yüksek bir hızda veri transferi yapabilir.
- Bluetooth ve NFC her ikisinin birlikte kullanımıyla bu problemlerin çoğunun üstesinden gelinebilmektedir.

Makalede, NFC'nin bir sensör okuma teknolojisi olarak kullanılabilirdiğinden, NFC arayüzünün teknik özelliklerinden bahsedilmektedir. Kablosuz sensörlerin temel sorunu olan güç yönetimi için çözümler belirtmektedir. Endüstri ortamında kablosuz iletişim için gerekenler ve yaşanan zorluklar, NFC kullanılarak ortamdan bilginin toplanması, profesyonel uygulamalar için NFC'nin uygunluğu anlatılmaktadır [29].



Şekil 2.7. NFC modülü ve basit bir uygulama örneği [29].

2.3. Gerçek Zamanlı Veri

Küresel iş dünyasında işletmeler tipik zorluklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu zorluklar; kısaltılmış ürün yaşam döngüleri, dalgalanan talepler ve imalat teknolojilerindeki hızlı değişimlerdir. Bu zorluklar zamanın doğru kullanılmasıyla, doğru ve tutarlı atölye imalat verileri ile aşılabılır. Gerçek zamanlı verinin imalat ortamından yakalanması ile bu problemlerin üstesinden gelmek ve darboğazları aşmak mümkün hale gelebilir [30].

Gerçek zamanlı olarak verinin yakalanması için nesnelerin takip edilmesi gerekir. Bu nesneler çalışanlar, ürünler, araçlar veya makineler olabilir. Verinin yakalanması için her nesnenin bir kimliği olmalıdır. Bir etiketlendirme ile nesneler bir kimliğe sahip olabilir. Barkod çözümü bu ihtiyacı karşılayabilmektedir ancak takip ihtiyacını karşılayamamaktadır. Barkodları okumak için barkod okuyucunun barkoda yakın olması gereklidir. Bu durum barkod yöntemini kullanışsız kılmaktadır. Etkin bir takip mekanizması için uzun mesafede çalışabilecek bir teknoloji gereklidir. RFID bu açığı kapatmaktadır ve uzaktan takibi mümkün kılmaktadır [31]. RFID, gerçek zamanlı olarak verinin yakalanması için günümüzde yaygın kullanılan bir yöntemdir. NFC ise RFID'nin eksiklerini kapatarak daha büyük boyutlu verileri çift yönlü olarak kurabilmektedir [29].

İşletmelerde gerçekleşen olayların bir bilgi altyapısına oturtulması ile gerçek zamanlı veri çeşitli alanlarda kullanılabilir hale gelebilir. Gerçek zamanlı veri karar destek sistemlerinde, çizelgeleme problemlerinde, acil durum sistemlerinde, stok takip sistemlerinde ve benzeri uygulamalarda kullanılabilir. Sistemlere doğru, tutarlı ve anlık veri sağlayabilen bir altyapı, gerçek zamanlı verinin yakalanması ve işlenmesi adına önemli bir rol oynamaktadır.

Ngai ve arkadaşları (2010), Hong Kong 'daki bir konteyner istasyonunda gerçek zamanlı izleme için bir karar destek sistemi çalışması yapmışlardır. Yapılan çalışma zeki lokasyon bağımsız bir sistem tasarlamak üzerinedir. ZigBee tabanlı bir ağ kurulmuş ve konteyner taşıyıcıları, iskele vinçleri ve lastik tekerlekli vinçler bir

terminalde gerçek zamanlı olarak takip edilebilmiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda;

- Cihazların çok fazla metal içinde sinyal zayıflaması yaşadığını ve antenlerin yüksek noktalarda olması gerektiği,
- Gerçek zamanlı olarak alınan veriler ile yeniden planlamaların ve ayarlamaların yapılabileceği,
- Sistemin kurulabilmesi için farklı departmanlar ile ortak bir çalışma yapılması gerektiği sonuçlarına ulaşılmıştır [32].

Li ve arkadaşları (2012) çalışmalarında atölyelerde bilginin gecikmeli olması, doğru ve tutarlı olmaması gibi sorunlarla karşılaşıldığından bahsetmektedirler. Çalışmalarında RFID gibi Auto-ID cihazları ile gerçek zamanlı bir İmalat Kaynak Takibi ve Takip Yapısı sunmaktadırlar. Geleneksel ekipmanlardan gerçek zamanlı veri elde etmek için Auto-ID cihazları ile bu ekipmanları donatmaktadırlar. Çalışanlardan, makinelerden ve materyallerden gerçek zamanlı veri akışı da ayrıca çalışmalarında gösterilmiştir. Hazırlanan yapı ve çözüm ile üretim yöneticilerine ya da müdürlere doğru ve en uygun kararı verebilmek için imalat kaynaklarından gerçek zamanlı veri sağlanmaktadır [33].

Chang ve arkadaşları (2012) Kurumsal Kaynak Planlama sistemlerinin üretim sistemlerinde, atölye kontrol sistemlerinde yönetilebilirlik ile karı arttırabilen sistemler olduğunu ancak verinin hala elle yönetildiğinden bahsetmektedirler. Yaşanan sıkıntının ise sağlanan bilgi sistemleri ile gerçek zamanlı işlem kontrolü yapılamamasının olduğunu belirtmektedirler. Bu nedenle çalışmalarında gerçek zamanlı kalite izleme servislerini örneklendirmişlerdir. Bu servisler, sensör ağlarını kullanarak gerçek zamanlı üretim işlemlerini RFID'ler ve çeşitli teknikler ile beraber sağlamaktadırlar [34].

BÖLÜM 3. İMALATTA KABLOSUZ SENSÖR AĞLARININ KULLANIMI

3.1. Giriş

İmalat ortamlarının izlenebilirliğini arttırmak, performansını ölçmek, daha iyi planlama yapabilmek, karar destek sistemlerine veri sağlamak için günümüz teknolojilerinden faydalanılan bir bilişim alt yapısı gereklidir. Bu alt yapıda imalat ortamının gereksinimleri ve kısıtları göz önüne alınmalı ve kaynaklardan ihtiyaç duyulabilecek tüm veriler kolaylıkla bilişim altyapısına taşınabilir olmalıdır. Bu modelin servis tabanlı yapısı Zhang'ın "Agent-based Smart Gateway for RFID-enabled real-time wireless manufacturing" başlıklı çalışmasından esinlenmiştir [30]. Bu çalışmadaki model, kablosuz sensör ağlarının ve NFC, ZigBee gibi daha gelişmiş araçlardan yararlanarak üretim ortamındaki veriyi düşük maliyetle bir bilişim altyapısında toplayan ve böylesine büyük bilgiyi veritabanlarında depolayan bir alt yapı sunmaktadır.

3.2. Gerçek Zamanlı Kablosuz İmalat Modeli

Bu bölümde kablosuz imalat altyapısını gösteren model anlatılmaktadır. Model birden fazla amaca hizmet etmektedir. Bu amaçlar:

- İmalat aşamalarının diğer sistemlerle entegrasyonu için bir altyapı oluşturmak,
- Kablosuz imalat için olası uygulama alanlarını ortaya koymak,
- Karar verme alanlarına gerekli metotları sağlamak,
- Kablosuz imalat teknolojileri için bir yol haritası sunmaktır.

KKP sistemleri gelişmiş planlama, çizelgeleme gibi bileşenlere sahip üst düzey yazılımlardır. Makineler, robotlar gibi ekipmanlar ise alt düzeyde bulunan kontrol ve

otomasyon araçlarıdır. Alt düzeyde bulunan bu araçlar arasında bir iletişim kurulmak istenir ise bir otomasyon sistemine ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle ekipmanların adreslendiği bir kontrolcüye ihtiyaç vardır. Ara katman ise planlama ve kontrol katmanlarını birlikte çalıştıran bir katmandır. Üst düzey katmanda belirlenen planlar ara katman vasıtası ile alt düzeydeki kontrol ünitelerine aktarılır ve çalıştırılır.

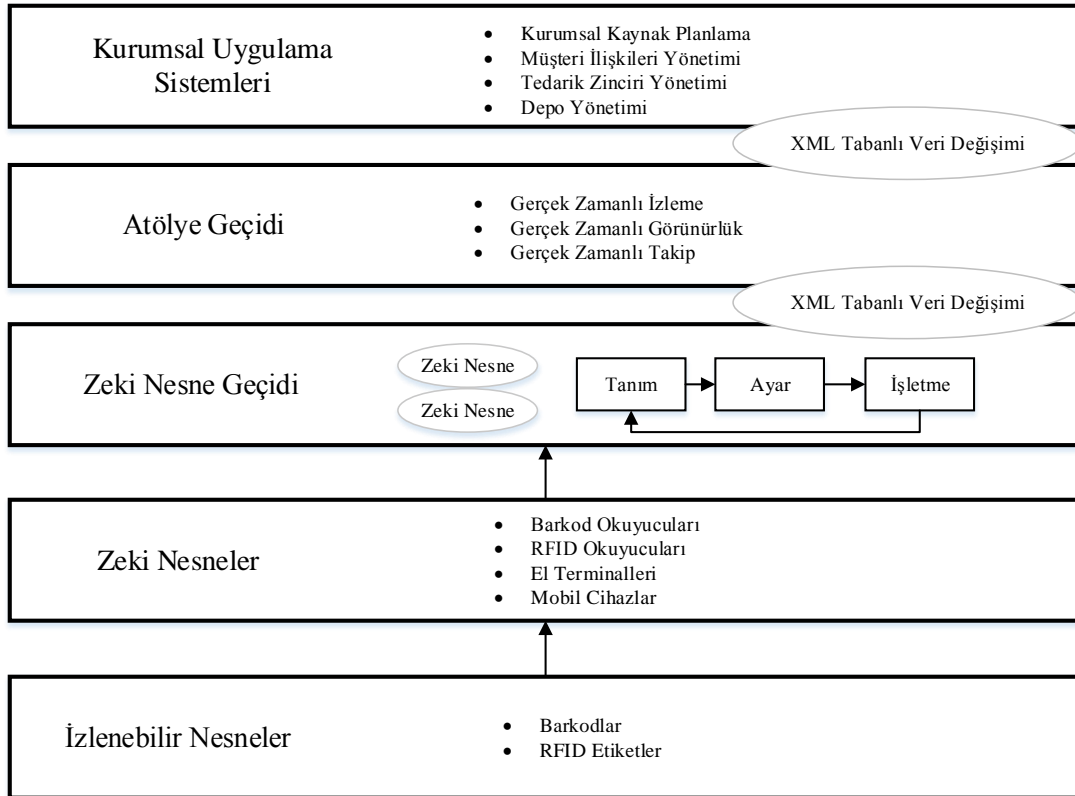
Kablosuz imalat modelinde alt katmanda bulunan zeki düğümler sistem ile çift yönlü iletişim kurarlar. Zeki düğümlerde bulunan sensörlerden toplanan veriler cihazlar aracılığı ile sisteme aktarılabilirdiği gibi sistemden de cihazlara veri aktarımı yapılabilir. Modelin en üst katmanından en alt katmanına giden tek yönlü bir hiyerarşik iletişimin yerine en alt katmanın da sistem içerisinde bir etmen haline gelmesi sağlanarak iletişim dikey ve yatay eksenlerde gerçekleştirilebilir. Üst katmanlarda yapılan planlamalar sonucunda ortaya çıkan veri alt katmana ulaştırılırken aynı zamanda alt katmandan toplanan veri de üst katmana planlama ve karar verme gibi işlemleri gerçekleştirmek üzere aktarılarak döngü tamamlanır. Böylece sistemin kendini değerlendirebileceği bir geri besleme mekanizması oluşmuş olur.

Tasarlanan sistemin herhangi bir katmanından başka sistemler veri almak isteyebilir. Bunun sağlanabilmesi için servis tabanlı bir model gereklidir. Servis tabanlı bir sistem diğer yazılımlarla kolaylıkla entegre olabilir. Servis tabanlı bir modelin bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- Etmen tabanlı bir etkileşim gereklidir. Servis tabanlı olarak tüm üçüncü parti bileşenlerin birbirleriyle ve diğer bileşenler ile belirlenmiş bir mesajlaşma mekanizması kullanması gereklidir. Tüm etmenler web servisleri konuşabilecek gereksinimlere sahip olmalıdırlar. Bu modelde 3 tip etmen bulunmaktadır; kurumsal uygulama etmenleri (KUE), zeki nesne etmenleri (ZNE) ve süreç içi etmenleri (SİE). 3. etmenin yükü ilk iki tip etmenlere göre daha fazladır.
- Zeki Nesne Platformu (ZNP) adı verilen bir platform üzerinde ve Zeki Nesne Yönetim Sistemi (ZNYYS) tarafından yönetilen zeki nesnelere (ZN)

kablosuz ve zeki bir yapıya sahiptirler. Kendi kendilerine hissedebilir, tanıyabilir, iletişim kurabilir, karar verebilir ve işletebilir.

- Üçüncü parti kurumsal uygulama sistemleri (KUS), planlama ve çizelgeleme seviyesinde ya da uygulama seviyesinde daha karmaşık veri ve karar modelleri olan bir zeki yazılım nesnesi olarak düşünülebilir. Bu nedenle zeki nesnelere gibi etmenler ile birleştirilebilirler. Bu öğeye kurumsal uygulama etmeni (KUE) adı verilebilir.
- Süreç içi etmenler bir süreç içi ağ olarak bulunurlar. Zeki nesne etmenleri ile ve kurumsal uygulama etmenleri ile direk iletişim kuran bu katman oldukça yoğun bir işlem yükü altındadır. Süreç içi etmenler başlı başına tam operasyonel mantık ve karar modellerine sahip kurumsal uygulama sistemleridir.
- Süreç içi işaretleme dili tüm seviyelerdeki etmenlerin tanım ve operasyonları için faydacı ve yenilikçi karakteristiğe sahiptir.



Şekil 3.1. Gerçek zamanlı kablosuz imalat modeli

3.3. Zeki Montaj Hattı

Montaj hattının zeki olması ile çalışanların, ürünlerin ve makinelerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin kontrol altında olması kast edilmektedir. Bir çekme sistemi uygulanıyor ise kanban taşıyıcılarının zeki olması, itme sistemi uygulanıyor ise bandın zeki olması ve nesnelere takip edebiliyor olması gerekir.

Zeki bir montaj hattının oluşturulması için karar verilmesi gereken bazı noktalar vardır. Bunlardan birincisi verinin nesnelere üzerinden mi yoksa bir sensör yardımı ile mi alınacağıdır. Montaj hattından geçen parçalar bir sensör yardımı ile okunabilir ancak parça bazlı bir takip isteniyor ise parçalara AUTO-ID özelliği kazandırmak için RFID etiketleri takılmalıdır. Otomotiv, sağlık gibi takibi hayati önem taşıyan parçalarda AUTO-ID kullanmak doğru olacaktır. Ancak takibi önemli olmayan parçalar sadece sensörlerle belirli noktalardan geçip geçmediği saptanabilir. Bu modelde sadece ürünlerde etiketlendirme kullanıldığı varsayılmıştır. Diğer izleme noktaları bant üzerindeki veya kutulardaki sensörler aracılığı ile oluşturulabilir.

İkinci olarak istenilen verinin detayıdır. Birinci karar noktasında belirtildiği gibi öneme göre detay artırılır. Parçaların her birine etiket takılabileceği gibi hatta daha sık sensörler yerleştirilebilir. Özellikle etiket takmak iş gücü ve etiket maliyetine neden olacağı için maliyeti arttıracaktır. Süreç içi stokların detaylı izlenebilmesi bu seçeneğe bağlıdır.

Veri toplama istasyonlarının konulacağı anahtar noktalar belirlenirken montaj işlemi için hazırlanan tüm ortamın hareketlerini maksimum düzeyde verinin toplanabileceği konumlar belirlenmelidir. Minimum sayıda cihaz ile maksimum veri hedeflenen amaçtır.

RFID etiketlerini küçük bir atölyede kullanmak karışıklıklara neden olabilir. UHF (Ultra High Frequency) ile çalışan etiketler uzaktan okunabildiği için UHF okuma bölgelerinin birbirinden ayrı olmasına dikkat edilmelidir.

3.4. Donanımsal Mimari

Model temel olarak 3 ana parçaya ayrılmaktadır.

3.4.1. Veri toplama katmanı

Sahadaki kaynaklardan istenilen verinin toplanabilmesi için bir veri toplama katmanına ihtiyacımız vardır. Bu katmanda gerçek zamanlı verinin okunması ve bir sonraki katmana iletilmesi gereklidir. Bu işlemleri yapabilmek için her bir kaynağa bir veri sağlayıcı cihaz yerleştirilmelidir. Bu cihazlar RFID, NFC, barkod okuyucu cihazlar olabileceği gibi çeşitli sensörler de olabilir.

İmalat ortamındaki toplanacak verinin niteliğine göre bu katmanda değişiklikler görülebilir. Sensörlerden alınacak veya etiketlerden toplanacak veriler gerçek zamanlı iletilmek istenebilir veya geç iletilmesi sistemi etkileyemeyebilir. Bu nedenle sensörlerin veya okuyucuların niteliği istenilen duruma göre önem kazanacaktır. Bir e-kanban sisteminde sensörlerin önemi oldukça fazla iken bir ürün takip sisteminde etiketlerin önemi oldukça fazladır. Bu katmanda kullanılacak teknoloji ürün veya iş akışı odaklı olarak farklı gereksinimler nedeniyle farklı teknolojilerin kullanılmasını gerektirebilir.

Bu çalışmada tasarlanan bilgi altyapısının amacı atölyedeki görünürlüğü arttırmak ve planlama işlemleri için bilgi sağlamak olduğu için sistem RFID ve çeşitli sensörlerden oluşan hibrit bir yapıya ihtiyaç duymaktadır.

3.4.2. Veri aktarım katmanı

Alıcılardan toplanacak verilerin sisteme aktarılabilmesi için her bir algılayıcı cihazın kendi başına çalışabilmesi ve verilerini ortak bir omurgaya taşıyabilmesi gerekir. Veri aktarım katmanında kablolu veya kablosuz alt yapılar kullanılabilir. Kablolu bir yapı taşınabilirliği engelleyeceği gibi aynı zamanda kurulumu ve bakımı zorlaştıracaktır. Kablosuz bir yapıda ise taşınabilir alıcılar olabilecek ve ihtiyaç anında kolaylıkla sisteme dâhil edilebilecektir. Etmek yapısına kablosuz cihazlar daha uygun olacaktır.

Bu çalışmada tasarlanan model ile taşınabilir bir yapı hedeflenmiştir. Bu sebeple kablosuz ağlar ile veri aktarım katmanı tasarlanmıştır.

Kablosuz düğümlerin fazla olduğu durumlarda veri aktarımı merkezi değil dağıtık bir yapı üzerinden gerçekleştiriliyor olmalıdır. Mesh network ile atölye içinde geniş bir alanda iletişim sağlanabilir. Kablosuz ağ teknolojilerinden ZigBee teknolojisi bu ihtiyacı karşılayabilmektedir. Karthikeyan (2010), anlık veri transferi için Z-Aodv algoritmasının uygun olduğunu ve 100 saniye içinde 104 adet paketin aktarılabilceğini göstermiştir. Tree Routing algoritmasının ise sürekli veri transferi için uygun olduğu belirtilmiştir [13].

Servis tabanlı mimarinin temel özelliklerinden biri olan tak-çalıştır özelliğinin kullanılabilmesi için veri aktarım katmanı önemli rol oynamaktadır. Veri aktarımının kolaylıkla entegre olabileceği bir yapı servis tabanlı entegrasyonu kolaylaştıracaktır.

Veri aktarım aşamaları:

- 1- Verinin mikroişlemciden alınması
- 2- Verinin ağ ortamına aktarılması
- 3- Ağ ortamındaki verinin ağ geçidine ulaştırılması

3.4.3. Veri depolama ve gösterme katmanı

İmalat ortamından toplanacak veriler atölyenin durumuna göre yoğunlaşabilir. Yüksek bir trafikte düğümlerden gelecek olan verileri kaydetmek bir dar boğaz oluşturabilir. Sürekli veri toplanan sıcaklık, nem, ışık, ağırlık gibi çeşitli sensörlerden gelen veriler verinin sıklığına göre yüksek trafik oluşturabilir. Hassas ölçümler gerektiren yerlerde bu sıklık artacağından veri trafiği de artacaktır. Verilerin toplandığı noktada kaydedilecek veri miktarı uzun kuyruklar oluşturabilir. Sistemin stabil çalışabilmesi için hızlı veri kaydedebilecek bir veritabanına ihtiyaç duyulacaktır.

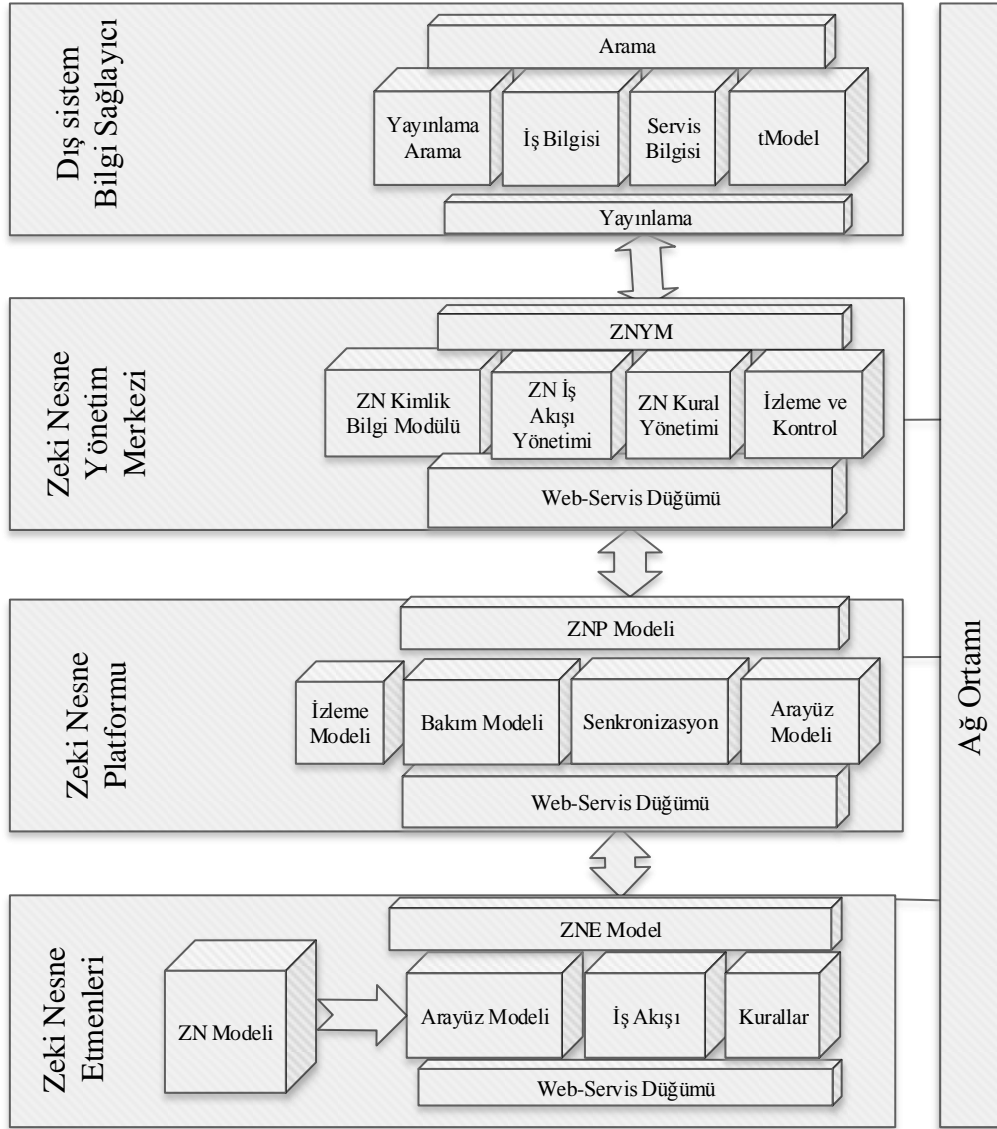
Verilerin çok farklı kaynaklardan geldiği düşünülürse bu verileri belirli bir yapıya sokmak mümkün olmayacaktır. Bu nedenle ilişkisel olmayan bir veritabanı kullanmak bu problemi gidermek için uygun bir çözüm olacaktır.

NoSQL veritabanları hızlı yazma kabiliyetleri sayesinde ilişkisel veritabanlarına göre oldukça hızlıdır. Bu çalışmada veri depolama için MongoDB veritabanının kullanılması önerilmiştir. Kolay kurulum ve geniş dil desteği ile entegrasyonu kolaydır.

Verilerin gösterimi veritabanında kaydedilen veriler ile sağlanmamalıdır. Gecikmenin minimum olması açısından gelen verinin direk ekranda gösterilmesi gerekir. Bu gösterim gelen sinyallerin gösterilecek ekrana direk yansıtılması ile mümkün olur.

3.5. Etmen Tabanlı Zeki Nesne Yönetim Sistemi

Bu bölüm Şekil 3.2. Web servis tabanlı Zeki Nesne Yönetim Sistemi mimarisi'nde görülen web servisi tabanlı mimariyi ve zeki nesne yönetim sisteminin çalışma mantığını tartışır. Tasarlanan zeki nesne yönetim sistemi aşağıda tanımlandığı gibi belli sayıda temel web servis elemanlarını içerir.



Şekil 3.2. Web servis tabanlı Zeki Nesne Yönetim Sistemi mimarisi

3.5.1. Zeki nesne etmenleri servis düğümü

Her bir temel zeki nesne diğer nesnelerin sistem ile iletişimini sağlayan bir araçtır. Bu temel zeki nesneler ZNP'na verileri eş zamanlı olarak sunarlar. Diğer zeki nesneler tek başlarına sistem ile direk iletişimde değildirler. Bu yüzden diğer kurumsal uygulama sistemleri ile doğrudan iletişime geçemezler. Etmenler kendi aralarında iç ilişkilerini yönetebilecek kadar zekidirler ve dış sistemler (zeki nesne platformu) ile iletişim kurabilirler. ZNE'ni aktive etmek için 3 bileşene ihtiyaç vardır. Bu 3 bileşen şu özellikleri kazandırır:

- Zeki nesnelere yazılımlarını sağlar ve bu yazılımların temel ayarlarını göndermek için aracı olur.
- Özel iş mantıklarını zeki nesnelere için sağlar. Bu iş mantıkları her bir zeki nesne için farklı iş akışları içerebilir.
- Zeki nesnenin yeteneği (barkod okuma, sıcaklık ölçme vb.), kapasitesi (saniyedeki okuma miktarı) ve yükleme profillerini (algılanan nesne türü) içerir. Böyle bir bilgi, gerçek zamanlı çizelgeleme ve diğer karar aktiviteleri için kullanışlıdır.

Bu katman zeki nesnelere durumlarına göre davranışlarını ayarlamak için çeşitli kurallar içerir. Bu kuralların diğer sistemler ve aygıtlarla paylaşılabilmesi için veri belirli bir formattadır. Katman;

- Filtreleme ve etiket sayımı gibi bir dizi fonksiyonu gerçekleştirme yeteneğine sahiptir.
- Sistem üzerinde veya iç nesnelere oluşan olaylara kimin tepki vereceğini ve nasıl davranacağı bilgisini içerir.

3.5.2. Zeki nesne platformu servis düğümü

Bir işletmede genellikle birçok zeki nesnelere vardır. Kolay yönetim ve kontrol için zeki nesnelere benzer fonksiyonlara sahiptirler veya aynı lokasyonda gruplanmışlardır ve her grup fiziksel olarak bir bilgisayarda bulunur. Bilgisayar zeki nesnelere sunucusudur. Zeki nesnelere ve sunucuları, dört bileşen içeren bir Zeki Nesne Platformu oluşturur. Platform şu fonksiyonları içerir:

- İzleme: Çalışma periyodu süresince ZNE'nin gerçek zamanlı bilgisi ZNP'dan izlenebilir.
- Bakım: Bakım operatörleri için yazılımsal hataları düzeltmek için bir takım uzaktan yöntemler sunar.
- Senkronizasyon: Bu bileşen ZNE'den veriyi gerçek zamanlı almak için bazı senkronize metodları sağlar.

- Arayüz: ZNYS arayüzüne benzer olarak, bu bileşen ZNE, ZNP, ZNYS ve EtmenGTKE arasında iletişim köprüsü görevi üstlenir.

3.5.3. Zeki nesne yönetim merkezi servis düğümü

Her bir kurum için sadece bir tane zeki nesne yönetim merkezi olmalıdır. Genel olarak zeki nesne yönetim merkezi zeki nesne platformunun işlemlerini direk olarak, zeki nesnelerinkini ise dolaylı olarak yönetmekten sorumludur. 4 anahtar bileşenden meydana gelir: Bu bileşenler şunlardır:

- Zeki nesne kimlik bilgisi, zeki nesnelerin kimlik bilgilerini tanımlayan bileşendir. Hangi nesnenin temel, hangilerinin sensör, hangilerinin cevap verici olduğu gibi bilgileri sağlar. Diğer bileşenler bu bileşen aracılığı ile zeki nesnelerin kimlik bilgilerini öğrenir.
- Zeki nesne iş akışı yönetimi bileşeni, zeki nesnelerin iş süreçlerindeki iş akışı dosyalarını yönetmek ve tanımlamak için kullanılır. Kurum, kendi özel işletme süreçlerine göre bu iş akışı dosyalarını düzenleyebilir.
- Zeki nesne kural yönetimi, zeki nesnelerin olaylarının kurallarını yönetme ve tanımlama için kullanılır. Kurum ayrıca kendi özel gereksinimlerine göre bu kuralları tanımlayabilir ve düzenleyebilir.
- İzleme ve kontrol: Zeki nesne etmeni bir kez çalıştığında, şef ve yönetici zeki nesne yönetim merkezinden zeki nesne etmenlerini izleyebilir ve kontrol edebilir. İzleme bileşeni gerçek zamanlı çalışma durumlarını gösterir. Kontrol bileşeni ise yöneticiye istisna durumu gerçekleştiğinde zeki nesne etmenini direk olarak yönetme ayrıcalığını sağlar.

3.5.4. Dış sistem bilgi sağlayıcı

Dış sistem bilgi sağlayıcı katmanı; dış sistemlerin, sistem içindeki fonksiyonları tanımlayabilmesi için gerekli bilgileri sunar. Bu bileşen sistemin, dış dünya ile iletişim kurmasını sağlar. Bu katman şu fonksiyonları içerir:

- Yayınlama ve Arama: Bu bileşen WSDL ve SOAP kullanarak sistemin web servisleri ile dış dünyaya tanıtılmasını ve dış dünya ile iletişim kurulmasını sağlar.
- İş Bilgisi: Bu bileşen servisi, yapılmakta olan iş hakkında iş ismi, tanım, tanımlayıcılar vb. gibi bilgileri içeren “iş nesnesi” yapısı içinde bulunur.
- Servis Bilgisi: İş nesnesinde tanımlanmış olan iş tanımlarının hangi web servisleri aracılığı ile gerçekleştirildiği bilgisini sağlar. Bu bilgi bir grup web servislerinden oluşan bir yapı olacağı gibi tek bir web servisi de olabilir.
- tModel: Bu bileşen servisler için özellikleri tanımlar. Bağlantı şablonu özelliklerini veya arayüzleri belirtir.

Şekil 4.1. Montaj hattı öncelik diyagramına bağlı olarak öncelik matrisi

Tablo 4.1. Öncelik matrisi ile gösterilmiştir. Bu montaj hattını 140 sn'lik çevrim zamanı için dengelersek elde edilen optimal hat dengesi Şekil 4.2 İş merkezi dağılımı gibi olur. Probleme ilişkin diğer göstergeler Tablo 4.2. Göstergelerdeki gibi olacaktır.

Tablo 4.2. Göstergeler

	İstasyon						
	1	2	3	4	5	6	7
Çevrim Zamanı	140	140	140	140	140	140	140
İstasyon Zamanı	125	130	95	120	120	120	70
İstasyon Boş Zamanı	15	10	45	20	20	20	70

Denge gecikmesi: $DG = (100 \times TBZ) / (M \times C)$

$$DG = (100 \times 200) / (7 \times 140) = \%20,4$$

Hat etkinliği: $HE = (100 \times TGS) / (M \times C)$

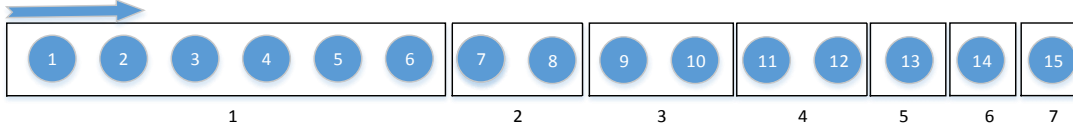
$$HE = (100 \times 780) / (7 \times 140) = \%79,6$$

Düzensizlik indeksi: $Dİ = \sqrt{\sum_{j=1}^M (IZ_{max} - IZ_j)^2}$

$$\begin{aligned}
 Dİ &= \sqrt{(130 - 125)^2 + (130 - 130)^2 + (130 - 95)^2 + (130 - 120)^2} \\
 &\quad + (130 - 120)^2 + (130 - 120)^2 + (130 - 70)^2 \\
 &= \sqrt{5150} \\
 &= 71,76
 \end{aligned}$$

Uygulamada Şekil 4.1. Montaj hattı öncelik diyagramında gösterilen örnek kullanılmıştır. Uygulama ile montaj hattı diyagramda gösterilen örnek ürün montajı simüle edilmiştir. 15 numaralı işlemden gösterilen nihai ürünün oluşabilmesi için iş merkezlerinin belli bir sırada diyagramdaki işlemleri işlemesi gerekmektedir. 10 numaralı işlemin gerçekleşebilmesi için 6, 7, 8 ve 9 numaralı işlemlerin önceden hazır olması gerekmektedir. Aynı şekilde 14 numaralı işlemin gerçekleşebilmesi için 11, 12 ve 13 numaralı işlemlerin gerçekleşmiş ve parçaların iş merkezinde hazır olması gerekmektedir. Hat dengeleme problemlerinde kullanılan öncelik diyagramları, oluşacak olan ürünün aşamalarını temsil etmektedir. Montaj hattının

etkin kullanılabilmesi için iş merkezlerine bu işlerin düzgün dağıtılmış olması gerekir. Uygulamada iş merkezlerine örnek bir dağılım yapılmıştır. Yapılan bu dağılım Şekil 4.2 İş merkezi dağılımında gösterilmiştir.



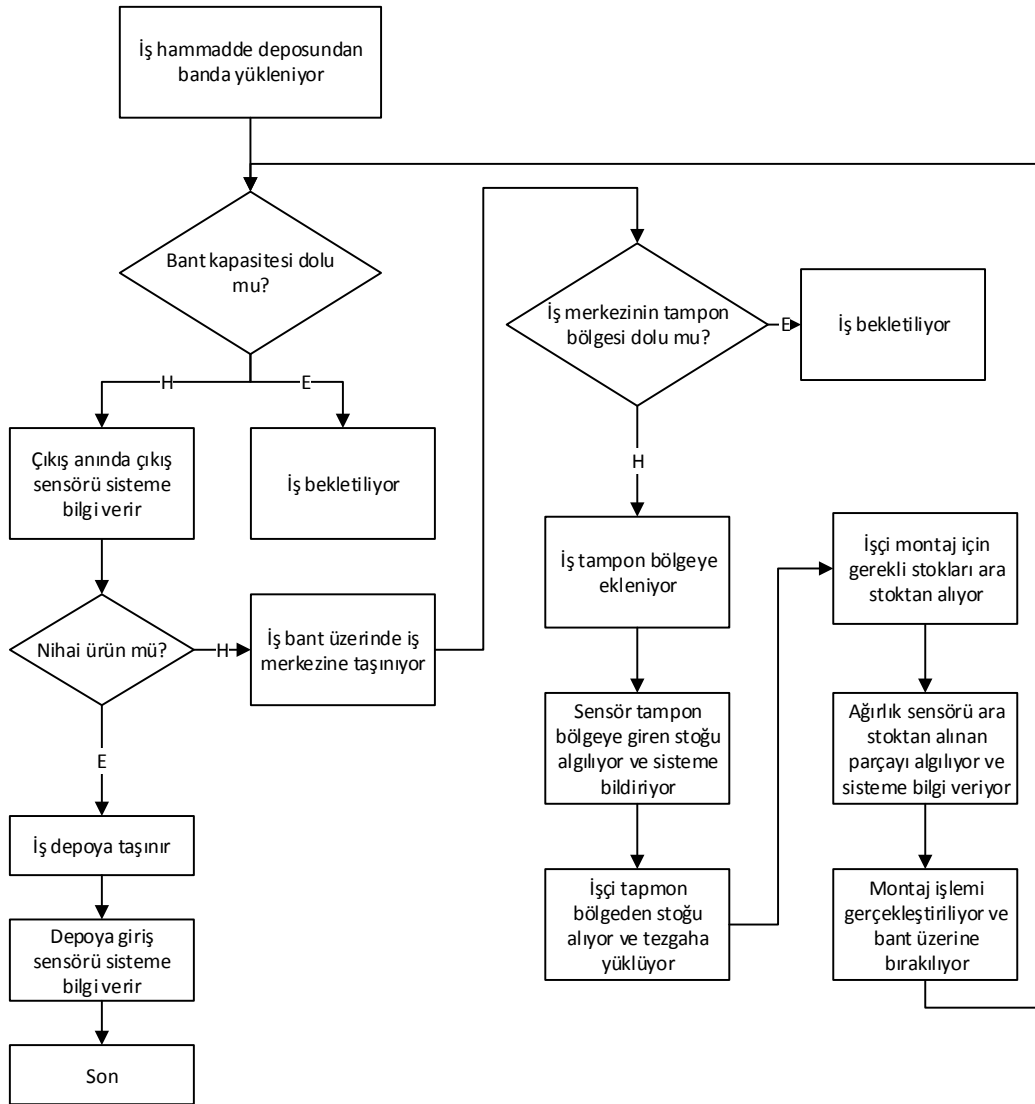
Şekil 4.2 İş merkezi dağılımı

1 numaralı iş merkezinde 6 adet işlem yapılmaktadır. Bu nedenle 1 numaralı iş merkezi diğerlerine göre daha fazla ara stok bulundurmaktadır. Yapılan işlemler toplamı 125 saniye olacak şekilde ayarlanmıştır. 2 numaralı iş merkezi için istasyon zamanı 130 saniye, 3 numaralı iş merkezi için 95 saniye 4, 5 ve 6 numaralı iş merkezleri için 120'şer saniye ve son olarak 7 numaralı iş merkezi 70 saniyedir.

Bu uygulamada, bu örnek için istasyonların boş kalma zamanlarının ve yoğunluklarının benzetimi yapılmıştır. Uygulama çalışırken elde edilecek çıktılar montaj hattının verimliliğinin belirlenmesinde kullanılabilir.

1 numaralı iş merkezi toplam 6 adet işlemi kendi bünyesinde gerçekleştirmektedir. Bunun için bant üzerinden gelen hammadde giriş kuyruğuna bırakılır ve işlemler başlar. İş merkezi meşgul ise gelen parça giriş kuyruğunda bekletilir. Giriş tamponunun bir kapasitesi vardır. Bu kapasite dolduğunda banttan iş merkezine herhangi bir aktarım yapılamaz. Giriş tamponlarında olduğu gibi ara stokların tutulduğu depoların da kapasiteleri mevcuttur. Montaj işleminin yapılabilmesi için tutulan ara stokların depoları boşaldığında o iş merkezi çalışmasını durdurur. Lojistik sınıfı ile kritik seviyeye ulaşan deponun ihtiyacı kadar sayıda ürün lojistik birimi tarafından depolara getirilir ve iş merkezi çalışmasına devam eder. İş merkezi içinde bu 6 adet montaj işlemini yapabilmek için ara stoklar mevcuttur. 1. işlem için giriş kuyruğundan alınan hammadde işleme alınır ve gerekli olan ara stok iş merkezindeki ilgili yerden alınarak montaj işleminin ilk adımı gerçekleştirilir. 1. işlem bittikten sonra 2. işlemi devam edilebilmesi için yine ilgili ara stoktan gerekli olan malzeme veya parça alınır ve 2. işlem gerçekleştirilir. 6. işleme kadar devam eden bu aşamaların sonunda bu iş merkezindeki işlemler tamamlanmış olup çıkış kuyruğuna bırakılır.

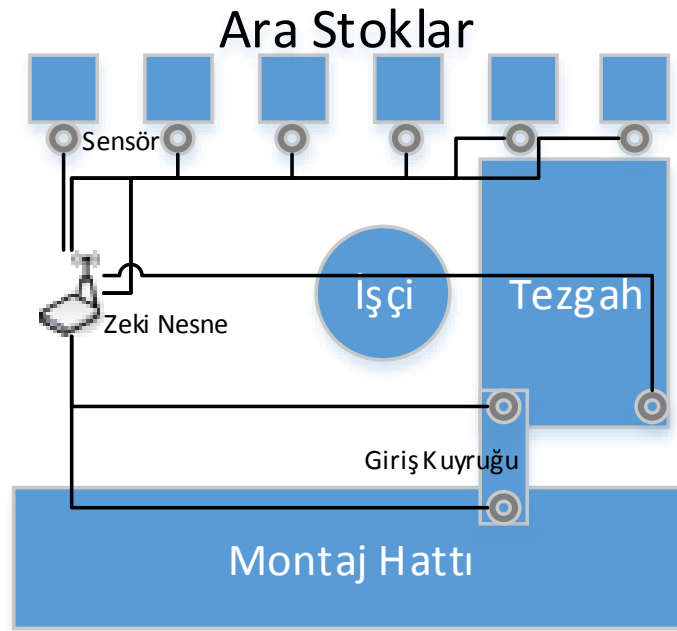
İş merkezinden çıkan ürünler çıkış tamponuna verilir. Çıkış tamponunun kapasitesi dolu ise iş merkezi çıkış tamponunun boşalmasını bekler ve çalışmayı durdurur. Çıkış tamponu ne zaman banda bir ürün verir ve çıkış tamponunu boşaltırsa o zaman iş merkezi tekrar çalışmaya başlar. Çıkış tamponuna bırakılan ara montaj parçası bir diğer iş merkezinde işlenilmek üzere banda verilir. Montaj parçası bir iş merkezinden diğerine giderken bant ile bir süre taşınır. Bu süre uygulamamızda dikkate alınmış ve 2 sn olarak belirlenmiştir. Montaj parçası bant üzerinde taşınarak tüm iş merkezlerinde işlenir ve nihai ürün, son iş merkezinin çıkış tamponuna verilir. Çıkış tamponundan banda aktarılan nihai ürün depolarda tutulur.



Şekil 4.3. Montaj hattı akış diyagramı

Her bir iş merkezinde birer adet zeki nesne vardır. Zeki nesnelerde, ortamdaki bilgi toplamak için kullanılan kuyruk girdi sensörü, kuyruk çıktı sensörü, ağırlık sensörü ve iş merkezinden çıkış sensörü mevcuttur. Her bir sensörün ayrı bir görevi vardır.

- Kuyruk girdi sensörü; iş merkezinin girdi kuyruğuna yeni bir yarı mamül girdiğinde, giren nesne sensör aracılığı ile algılanır.
- Kuyruk çıktı sensörü; iş merkezinin işleme başlamak için kuyruktan aldığı yarı mamülü algılar.
- Ağırlık sensörü; iş merkezlerindeki ara stokların toplam ağırlığını algılar ve toplam ağırlıktan kaç adet stok bulunduğunu hesaplar. Yeni stoklar eklendiğinde veya işleme girmek üzere stoklar çıkarıldığında ağırlık sensörü bu değişimi algılar.
- Çıkış sensörü; İşlemi biten yarı mamül veya ürün iş merkezinden ayrılıp banda konulduğunda çıkış sensörü bu olayı algılar.



Şekil 4.4. İş merkezi örneği

Algılanan bilgi kablosuz sensör ağı aracılığıyla sisteme aktarılır. Sistem, zeki nesnelere alınan verileri değerlendirir ve okunabilir formata dönüştürür. Bu format, sistem içerisinde belirlenmiş olan Mesaj sınıfı olarak tanımlanmıştır. Bu

uygulamada her bir mesaj bir tetikleyici olmuştur. Olay tabanlı bir sistem ortaya çıkmıştır. Tüm bu sensörler yardımıyla gerçek zamanlı olarak bilgi toplanır.

İş merkezi, bant, ham madde ve depo nesnelерinin her biri uygulama içinde birer iş parçacığı (threat) olarak çalışırlar. Threatler birbirlerinden bağımsız ve paralel çalışabilen kod parçacıkları olarak tanımlanırlar. Gerçek imalat ortamının simüle edilebilmesi için iş parçacıklarının kullanımı büyük bir kolaylık sağlar. Prosedürel programlamada birbirini takip eden fonksiyonlar çalışır. Benzetim uygulaması için ise bu istenmeyen bir durumdur. Prosedürel programlamaya göre birden fazla fonksiyonun paralel olarak işlem yapması gerçek dünyaya daha yakındır. Her birinin ayrı ayrı çalışması bir avantaj iken diğer taraftan da programlama açısından dezavantajdır. İşlemler arasında bir senkronizasyon sağlanması gerekir. Aksi takdirde işlemler birbirinden bağımsız hareket ettikleri için istenilen çıktı doğru bir şekilde elde edilemeyecektir. Bu problemi aşabilmek için ise iş parçacıkları arasında senkronizasyonu sağlayan sinyalleşme kullanılır. Bu sayede iş parçacıkları birbirleri ile haberleşebilir.

Yukarıda bahsedildiği gibi montaj hattında bulunan kuyrukların kapasiteleri vardır ve bu kapasiteler aşıldığı takdirde sistem bu kuyrukları besleyemeyecektir. Bu durumda gösterge ekranına getirilecek olan mesajlar, montaj hattının neresinde bekleme olduğunu gösterirler. İş merkezlerini besleyecek olan kuyrukların boş olması durumunda iş merkezi herhangi bir iş yapamayacak ve dolayısıyla durma konumuna geçecektir. Zincirleme olarak diğer iş merkezleri de duruma göre aynı şekilde durma konumuna geçebilirler. Gösterge ekranında tüm bu olaylar tarih, saat formatında kaydedildiği için olaylar sırası ile görülebilir. Böylelikle problemin nereden başladığı ve nereleri etkilediği detaylı olarak analiz edilebilir. Geleneksel imalat ortamlarında, karşılaşılan bir takım problemler anında tespit edilemeyip, çözüm geliştirilememektedir. Yapılan geç tespitler sonucunda bulunan çözümler gerçekleşen zararı kapatamamaktadır. Bu nedenle bu uygulama bu probleme bir çözüm önerisi getirmektedir. Gerçek zamanlı olarak takip edilebilen bir imalat ortamını ile anlık durum takibi kolaylıkla gerçekleştirilmektedir.

Uygulama şu katmanlardan meydana gelmektedir:

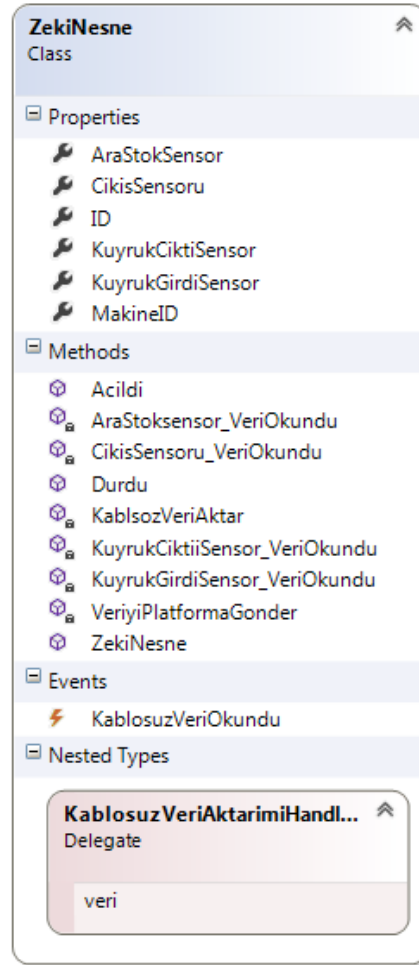
- Zeki nesne etmenleri
- Zeki nesne platformu
- Zeki nesne yönetim merkezi
- Gösterge

Uygulamaya ait örnek sınıflar eklerde verilmiştir.

4.1. Zeki Nesne Etmenleri

Zeki nesne etmenleri katmanı en altta bulunan katmandır. Bu katmanda ZekiNesne adında bir sınıf oluşturulmuştur. Bu sınıf, gerçek imalat ortamındaki zeki nesnelere temsil etmektedir. İmalat ortamından bilgiyi toplamakla ve üst katmanlara iletmek ile sorumludur.

Zeki nesnelere, kendi içinde çeşitli sensörler barındırılırlar. Bir iş merkezi için bir adet zeki nesne ve bu zeki nesne içinde de 4 adet sensör bulunmaktadır. Her bir sensörden veri gelmesi durumunda KablosuzVeriOkundu olayı tetiklenecek ve ilgili fonksiyonlar çalıştırılacaktır. Bu fonksiyonlar verinin filtrelenmesi, biçimlendirilmesi ve üst katmanlara iletilmesinden sorumludurlar.



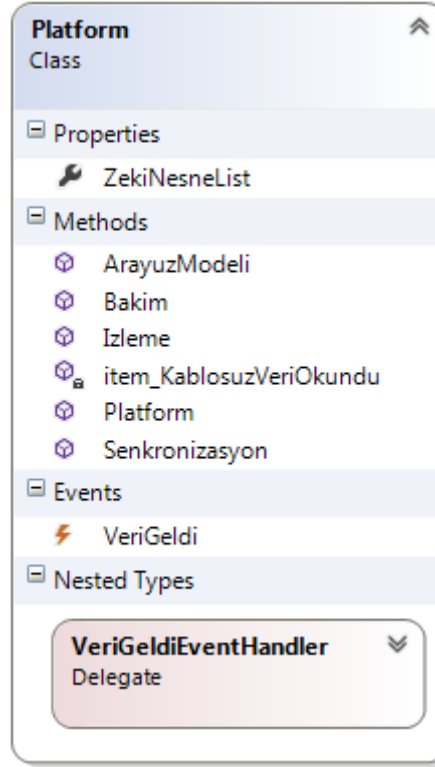
Şekil 4.5. ZekiNesne sınıfı

4.2. Zeki Nesne Platformu

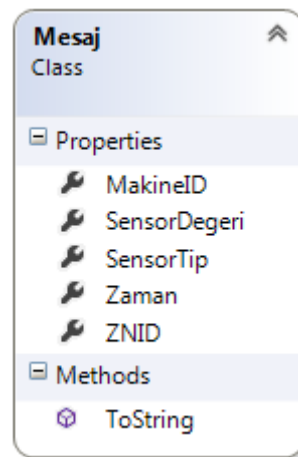
Zeki nesne platformu, zeki nesne etmenleri katmanının üstünde bulunan bir katmandır. Bu katman içerisinde 2 sınıf barındırır. Mesaj ve Platform sınıfları, zeki nesne platformunun görevlerini üstlenir.

Zeki nesne platformu zeki nesnelere koordine edildiği merkezdir. Zeki nesnelere bakım, izleme, senkronizasyon gibi fonksiyonları bu katman aracılığı ile yönetilir. Zeki nesnelere gelen mesajlar bu katmanda toplanarak bir Mesaj nesnesine dönüştürülür. Böylelikle üst katmanlara aktarılacak olan veriler bir nesne yardımı ile aktarılmış olur.

Bir mesajda, mesajın hangi makineden geldiğini, ne zaman geldiğini, hangi sensörden hangi verinin geldiğini gösteren bilgiler mevcuttur. Bu mesajlar gerçek zamanlı elde edilen bilginin temelini teşkil eder.



Şekil 4.6. Platform sınıfı



Şekil 4.7. Mesaj sınıfı

4.3. Zeki Nesne Yönetim Merkezi

Zeki nesne yönetim merkezi, zeki nesnelere toplanan mesajların değerlendirilip ilgili diğer uygulamalara dağıtılmasından sorumludur. Mesajların değerlendirilmesi, diğer etmenlere gönderilmek üzere mesajların oluşturulması, uygulamalara iletilecek olan bilginin uygun formata getirilmesi gibi temel görevleri vardır. İş akışı yönetimi, izleme ve kontrol, kural yönetimi sınıflarını içerir.

İş akışı yönetimi sınıfı, işletmenin gerçekleştireceği işin tanımına göre değişebilir. Gerçekleşen fonksiyon gelen mesajların değerlendirilip ilgili yerlere iletilmesi üzerine kuruludur. Bir işletme tanımlayacağı iş akışına göre mesajların akışını kontrol edebilir.

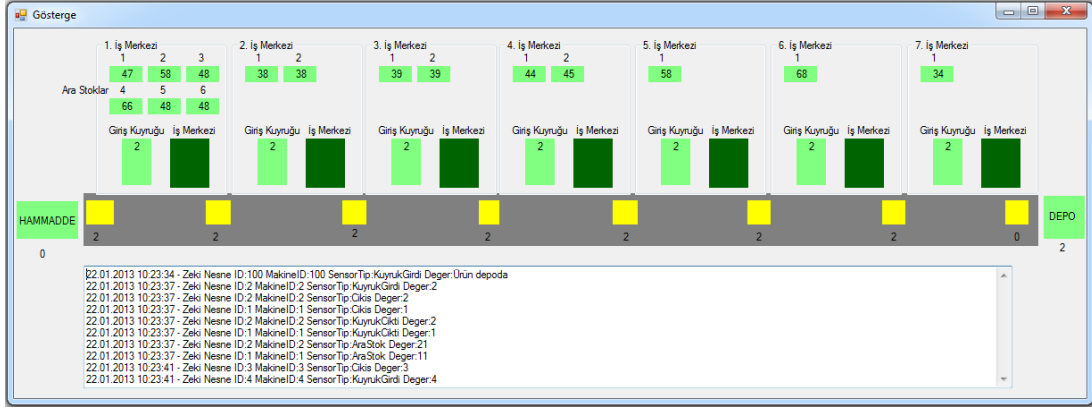
Kural yönetimi sınıfı ile işletme kendi kurallarını tanımlayabilir ve bu kurallar çerçevesinde iş akışını yönetebilir. Bunun sonucunda etkilenecek olan mesajlardır. İzleme ve kontrol sınıfı mesajların gerçek zamanlı olarak izlenebilmesini sağlar.

Aynı zamanda kontrol edilecek bir nesne var ise kontrol edilecek olan nesneye komut göndermekle sorumludur. İzleme arayüzü görsel bir arayüz olabilir. Bu uygulamada bu sınıf gösterge arayüzüne veri sağlamaktadır.

4.4. Gösterge

Bu uygulamada tanımlanan iş merkezleri, taşıma bandı, ham madde deposu ve nihai ürün deposu birer şekil ile gösterge ekranında temsil edilmektedir. İş merkezlerinin her biri Gösterge ekranında kutu şeklinde temsil edilir. Bu şekil yeşil durumunda olduğunda iş merkezinin çalıştığını, kırmızı durumunda ise iş merkezinin durduğunu gösterir. İş merkezinin giriş kuyruğu bir sayaç ile temsil edilmektedir. Montajda kullanılacak stoklar iş merkezlerinin üzerinde birer kutu ile temsil edilmektedir. Bu kutunun üzerinde bulunan sayaç kutunun içindeki parça adedini göstermektedir. Bandın üzerinde bulunan kutular ise bandın anlık olarak taşıdığı stok miktarını gösterir.

Tüm bu işlemler ekranın en altında gösterilmektedir. Gösterilen bilgiler mesajların içeriğini temsil eder. Mesajın gelmesi durumu montaj hattında bir olayın gerçekleştiğini bildirir. Bu olay ekranda ilgili şekil ile temsil edilir. Gerçek zamanlı yapılan bu işlemler hattın anlık durumu hakkında kolaylıkla bilgi edinilmesini sağlar. Herhangi bir problem anında problemin nedeni ekranda görülebilir.



Şekil 4.8. Gösterge ekranı

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bir ileri imalat teknolojisi olarak ortaya çıkan kablosuz imalat, kablosuz cihazlarla (RFID ya da Auto-ID sensörleri ve kablosuz bilgi ağları) donatılarak atölyelerden veri toplama ve senkronize etme işlemlerini gerçek zamanlı olarak yapar. Kablosuz imalat sistemleri geleneksel takip sistemlerindeki elle yapılan işlemleri geride bırakarak montaj hattında gerçek zamanlı, otomatik takip sistemlerinin oluşturulmasını mümkün kılmıştır. Bu çalışmada zeki nesne ve onların etmenlerinden gelen gerçek zamanlı geri besleme verileri ile imalat ortamında üretim planlama ve kontrol döngüsünün kesintiye uğramadan tamamlanması sağlanmıştır. Ağ ve bilgi teknolojilerinin kullanımı ile servis tabanlı yönetim modelinin bilişim altyapısı hazırlanmıştır. Bu sistem ile geleneksel tipteki imalat sistemleri bilgi teknolojileri ile zekileştirilip sistemde birer etmen haline getirilmiştir. Sistem mevcut atölyelerin köklü değişiklikler yapılmasına gerek kalmadan geliştirilmesine ve ortamlarından gerçek zamanlı verinin yakalanmasına izin vermektedir. Tasarlanan servis yapısı ile yakalanan verinin uygulama katmanlarına kadar taşınması mümkün kılınmıştır. Sadece uygulama katmanına veri taşıma değil aynı zamanda tüm katmanlar arasında hem dikey hem de yatay iletişim mümkün kılınmıştır. Kablosuz imalat sistemleri ile geleneksel planlama sistemlerine, yeniden planlamayı gerçek zamanlı yapabilme becerisi kazandırılmıştır.

Montaj hattında oluşabilecek uzun kuyrukların sebep olabileceği yığılmaların önlenmesi ve iş yükünün dengelenmesi için tasarlanan model, bir bilgi altyapısı sağlar. Zeki nesne etmenleri ile sadece gerçek zamanlı veri toplama değil aynı zamanda bu etmenler birer gerçek zamanlı kontrol aracı olabilirler. Bu sayede kablosuz imalat ortamı imalat planlama ve kontrol döngüsünün tamamlanmasını sağlar. Süreç içi stok yönetimi imalat ortamının iyileştirilmesi açısından önemli bir

rol oynar. Bu çalışmada önerilen model ile süreç içi stokların iyileştirilmesi mümkündür.

Bu çalışmada yapılan uygulama ile imalat ortamlarında karşılaşılan dar boğazlar benzetilmeye çalışılmış ve bu dar boğazların kablosuz sensör ağları ile tespiti için önerilen model, katmanlar şeklinde yazılım ile gerçekleştirilmiştir. Uygulama çalıştırıldığında dar boğazlar kolaylıkla izlenebilir. İmalat ortamının hangi noktalarında problem olduğu anlık olarak görülebilmektedir. Aynı zamanda sensörler ile elde edilen imalat durum bilgisi ara stoklar hakkında da bilgi verir. Daha önceden yapılan planlamalar sonucunda makinelere açılan iş emirleri çeşitli nedenlerden dolayı gerçek ortamda gerçekleşemeyebilir. Bu sistem ile işletmede önceden yapılmış olan planın anlık olarak neresinde bulunduğu saptanabilir. Herhangi bir zamanda gerçekleşen problem planın sapmasına neden olabilir. Bu durumun geçmişe yönelik olarak takip edilebilmesi gerçekleştirilmiş olan bu uygulamada mümkündür.

Uygulamada tüm olaylar mesajlar yardımı ile kayıt altına alınmaktadır. Bu mesajlarla elde edilen gerçek zamanlı verilerin bir veritabanında kaydedilmesi gerekir. Fakat verilerin yapısının belli bir formatta olmaması ve veri trafiğinin yoğun olması sebebiyle geleneksel veri depolama sistemlerini kullanmak bir dar boğaz oluşturacaktır. Toplu veri kaydederken yaşanan gecikmeler ve gelen verilerin yapısının belirsiz olması bu çalışmada önerilen veritabanı NoSql veri tabanlarıdır.

Yapılan sistem servis tabanlı mimariye sahip olması nedeniyle karar destek uygulamaları, çizelgeleme, malzeme ihtiyaç planlama, talep tahmini gibi diğer sistemler ile entegrasyonu oldukça kolaydır. Atölyede meydana gelen insan gözü ile fark edilemeyecek olayların anlık olarak yakalanıp bir karar verme mekanizması ile değerlendirilip ilgili noktalara haber verilmesi mümkün olmuştur. Bu sayede insanlardan kaynaklanabilecek hataların önüne geçilmiştir.

5.2. Öneriler

Bu uygulamada elde edinilen gerçek zamanlı mesajlar sadece yedi adet iş merkezi için oluşturulmuştur ve binlerce mesaj üretilmektedir. Bunun gerçek bir imalat ortamında gerçekleştirildiği düşünülürse bu mesaj sayısı saatlik yüz binlere ulaşabilir. Bu veri işletmeler için çok değerlidir ve bu verilerden çeşitli bilgiler edinilebilir. Bu nedenle bu verileri kaydetmek gerekir. Günümüzde kullanılan ilişkisel veritabanları böylesine büyük bir veri trafiğini kaldıramazlar. İlişkisel veritabanları yerine yüksek performans gösteren şemasız NoSql veritabanları önerilebilir [35].

İmalat ortamındaki gecikmelerin daha detaylı olarak incelenmesi için işçilerin kıyafetlerine sensörler yerleştirilerek işçilerin hareketleri gerçek zamanlı olarak yakalanabilir. Bu sayede iş ve metot etütleri otomatik olarak gerçekleştirilebilir ve optimize edilebilir. İşçilerin yapacağı yanlış hareketler çeşitli uyarı mekanizmaları ile engellenebilir.

Bu çalışmada geliştirilen model ile veriler yakalanarak uygulama katmanına aktarılmıştır. Üretim planlama ve kontrol sisteminin gerçek zamanlı çalışabilme kabiliyeti uygulamaların kabiliyeti ile sınırlı olacaktır. Karar verme, planlama gibi üst düzey uygulamaların algoritmaları yenilenerek sisteme gerçek zamanlı işlevsellik kazandırılabilir.

Verilerin gerçek zamanlı yakalanırken ağdaki aktarım gecikmeleri önemli ise endüstriyel ethernet protokolü olan PROFINET kullanılabilir. PROFINET, TCP/IP ve IT standartlarını kullanarak gerçek zamanlı veri aktarımını otomasyon alt yapısı için sağlar.

KAYNAKLAR

- [1] ESTRIN DEBORAH, ROMESH GOVINDAN, JOHN ILEIDEMANN, and SATISH KUMAR, "Next century challenges: scalable coordination in sensor networks," *ACM MobiCom'99*, pp. 263-270, 1999.
- [2] I.F. AKYILDIZ, W. SU, Y. SANKARASUBRAMANIAM, and E. CAYIRCI, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, pp. 393-422, 2002.
- [3] XINGFA SHEN, ZHI WANG, and YOUXIAN SUN, "Wireless Sensor Networks for Industrial Applications," in *5th World Congress on Intelligent Control and Automation*, Hangzhou, 2004.
- [4] KAY SOON LOW, WIN NU NU, and MENG JOO ER, "Wireless Sensor Networks for Industrial Environments," in *Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation*, 2005, pp. 271-276.
- [5] SUN-JIN KIM, JUNG HAC SEO, JONNALAGADDA KRISHNA, and SUN-JOONG KIM, "Wireless Sensor Network based Asset Tracking Service," in *Management of Engineering & Technology, 2008. PICMET 2008. Portland International Conference*, 2008, pp. 2643-2647.
- [6] Lei Zhang and Zhi Wang, "Integration of RFID into Wireless Sensor Networks: Architectures, Opportunities and Challenging Problems," in *Grid and Cooperative Computing Workshops*, 2006, pp. 463-469.
- [7] A Mason, A Shaw, and A I Al-Shamma'a, "Inventory Management in the Packaged Gas Industry Using Wireless Sensor Networks," *Advances in Wireless Sensors and Sensor Networks*, pp. 75-100, 2010.
- [8] Hongcheng Yu, Haiping Zhu, Fei He, and Yunlong Wan, "Design of the Remote Monitoring System for Workshop Based on ZigBee Wireless Sensor Networks," *Internet of Things*, no. 312, pp. 33-40, 2012.
- [9] Nghia Truong Van, Seung Joon Lee, Chang Won Lee, Ki Hwan Eom, and Kyung Kwon Jung, "An Implementation of Laundry Management System Based on RFID Hanger and Wireless Sensor Network," in *Ubiquitous and Future Networks*, 2012, pp. 490-493.
- [10] HUANJIA YANG and SHUANG-HUA YANG, "Connectionless Indoor

- Inventory Tracking in Zigbee RFID Sensor Network," in *Industrial Electronics, 2009. IECON '09. 35th Annual Conference of IEEE*, Porto, 2009, pp. 2618-2623.
- [11] PATRICK KINNEY, "ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works," in *Communications Design Conference*, 2003.
- [12] <http://zigbee.org/About/FAQ.aspx> Erişim Tarihi:20.10.2012
- [13] RAMANATHAN KARTHIKEYAN, "Routing Strategy Selection for Zigbee Mesh Networks," *Scientific Research*, vol. 3, no. 7, pp. 608-611, July 2010.
- [14] PETER JONES, COLIN CLARKE-HILL, PETER SHEARS, Daphne COMFORT, and DAVID HILLIER, "Radio Frequency Identification in the UK: Opportunities and Challenges," *Journal of Retail & Distribution Management*, vol. 32, no. 3, pp. 164-171, 2004.
- [15] REBECCA ANGELES, "Rfid Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues," *Information Systems Management*, pp. 51-65, 2005.
- [16] ALAN D. SMITH, "Exploring Radio Frequency Identification Technology and Its Impact on Business Systems," *Information Management & Computer Security*, vol. 13, no. 1, pp. 16-28, 2005.
- [17] RUSTY JUBAN and DAVID WYLD, "Would You Like Chips with that?: Consumer Perspectives of RFID," *Management Research News*, vol. 27, pp. 29-44, 2004.
- [18] HARVEY BRUCE PINE, "RFID and the Importance of Integration and Software," *ABI Research*, 2005.
- [19] EDMUND W. SCHUSTER, DAVID L. BROCK, STUART J. ALLEN, PINAKI KAR, and MARK DINNING, *Enabling ERP Through Auto-ID Technology.*: Stanford University Press, 2005.
- [20] ÖMÜR Y. SAATÇIOĞLU, "RFID TEKNOLOJİSİ: FIRSATLAR, ENGELLER ve ÖRNEK UYGULAMALAR," *Ege Akademik Bakış*, vol. 6, no. 1, 2006.
- [21] <http://www.techneon.com.tr/rfid-nedir.html> Erişim Tarihi:05.11.2012
- [22] JAMES A. TOMPKINS and JERRY D SMITH, *The Warehouse Management Handbook*, 2nd ed.: Tompkins Press, 1998.
- [23] SUSAN D'HONT, "Smart Pallet System Improves Warehouse Productivity," *Sensor Review*, vol. 16, no. 4, pp. 21-24, 1996.
- [24] Philips, TAGSYS ve Texas Instruments Inc., "Item-Level Visibility in the

Pharmaceutical Supply Chain: A Comparison of HF and UHF RFID Technologies," *White Paper*, 2004.

- [25] MIKKO KÄRKKÄINEN, "Increasing Efficiency in the Supply Chain for Short Shelf Life Goods using RFID Tagging," *International Journal of Retail & Distribution Management*, vol. 31, no. 10, pp. 529-536, 2003.
- [26] PETER JONES, COLIN CLARKE-HILL, DAVID HILLIER, and DAPHNE COMFORT, "The Benefits, Challenges and Impacts of Radio Frequency Identification Technology (RFID) for Retailers in the UK," *Marketing Intelligence & Planning*, vol. 23, no. 4, pp. 395-402, 2005.
- [27] S.A. ELSHAYEB, K. HASNAN, and A.B. NAWAWI, "RFID technology and Zigbee networking in improving supply chain traceability," in *Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME)*, 2009, pp. 1-3.
- [28] HUANJIA YANG and SHUANG-HUA YANG, "Connectionless indoor inventory tracking in Zigbee RFID Sensor network," in *Industrial Electronics, 2009. IECON '09. 35th Annual Conference of IEEE*, 2009, pp. 2618- 2623.
- [29] MIKKO SALLINEN, ESKO STRÖMMER, and ARTO YLISAUKKO-OJA, "Application Scenario for NFC: Mobile Tool for Industrial Worker," , Cap Esterel, 2008, pp. 586-591.
- [30] YINGFENG ZHANG, T. QU, OSCAR K. HO, and GEORGE Q. HUANG, "Agent-based Smart Gateway for RFID-enabled real-time wireless manufacturing," *International Journal of Production Research*, pp. 1337-1352, 2011.
- [31] RAY Y. ZHONG, Q. Y. DAI, T. QU, G. J. HU, and GEORGE Q. HUANG, "RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, pp. 283-292, 2012.
- [32] E. W. T Ngai et al., "Design and development of an intelligent context-aware decision support system for real-time monitoring of container terminal operations," *International Journal of Production Research*, vol. 12, no. 49, pp. 3501-3526, 2011.
- [33] Hai Ning Li, Shu Dong Sun, and Ying Feng Zhang, "Using Auto-ID Technologies to Implement Real-Time Manufacturing Resources Tracking and Tracing," *Applied Mechanics and Materials*, no. 121 - 126, pp. 1574-1578, 2011.
- [34] Hangbae Chang, Jonggu Kang, Yanghoon Kim, Jeahwan Lim, and Youngsub Na, "A Case Study on Cooperative Real-time Quality Monitoring Service

- Utilizing Sensor Networks," *Computer Science and Convergence*, no. 114, pp. 203-210, 2012.
- [35] Baran Kaynak, Sümeyye Şen, İhsan Hakan Selvi, İsmail Hakkı Cedimoğlu, and Orhan Torkul, "Comparison of Relational and Document Based Databases for Object-Oriented Modeled Manufacturing Information System," in *IMS 2012*, Antalya, 2012.
- [36] ALAN D. SMITH, "Exploring Radio Frequency Identification Technology and Its Impact on Business Systems," *Information Management & Computer Security*, vol. 13, no. 1, pp. 16-28, 2005.
- [37] PETER JONES, COLIN CLARKE-HILL, PETER SHEARS, DAPHNE COMFORT, and DAVID HILLIER, "Radio Frequency Identification in the UK: Opportunities and Challenges," *International Journal of Retail & Distribution Management*, vol. 32, no. 3, pp. 164-171, 2004.
- [38] S.C. ERGEN, "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary," , 2004.
- [39] <http://www.techneon.com.tr/rfid-nedir.html> Erişim Tarihi:20.10.2012
- [40] <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano> Erişim Tarihi:30.10.2012

EKLER

EK A. Sensör Sınıfı.

```
public class Sensor
{
    public delegate void VeriOkunduEventHandler(string deger);
    public event VeriOkunduEventHandler VeriOkundu;

    public void Oku(string deger)
    {
        if (VeriOkundu!=null)
        {
            VeriOkundu(deger);
        }
    }
}
```


EK B. Ağırlık Sensörü Sınıfı.

```
public class AgirlikSensoru : Sensor
{
    public delegate void VeriOkunduEventHandler(string deger);
    public event VeriOkunduEventHandler VeriOkundu;

    public int Adet { get; set; }
    public void Azalt()
    {
        Adet--;
        Oku();
    }

    public void Arttir()
    {
        Adet++;
        Oku();
    }

    public void StokYukle(int adet)
    {
        Adet += adet;
    }

    public void Oku()
    {
        if (VeriOkundu != null)
        {
            VeriOkundu(Adet.ToString());
        }
    }
}
```

EK C. Zeki Nesne Sınıfı.

```

public class ZekiNesne
{
    public int ID { get; set; }
    public int MakineID { get; set; }
    public Sensor KuyrukGirdiSensor { get; set; }
    public Sensor KuyrukCiktiSensor { get; set; }
    public AgirlikSensoru AraStokSensor { get; set; }
    public Sensor CikisSensoru { get; set; }
    public ZekiNesne(int id, int makineID)
    {
        ID = id;
        MakineID = makineID;

        KuyrukGirdiSensor = new Sensor();
        KuyrukGirdiSensor.VeriOkundu += KuyrukGirdiSensor_VeriOkundu;
        KuyrukCiktiSensor = new Sensor();
        KuyrukCiktiSensor.VeriOkundu += KuyrukCiktiiSensor_VeriOkundu;
        AraStokSensor = new AgirlikSensoru();
        AraStokSensor.VeriOkundu += AraStoksensor_VeriOkundu;
        CikisSensoru = new Sensor();
        CikisSensoru.VeriOkundu += CikisSensoru_VeriOkundu;
    }

    void CikisSensoru_VeriOkundu(string deger)
    {
        VeriyiPlatformaGonder("Cikis:" + deger);
    }

    void AraStoksensor_VeriOkundu(string deger)
    {
        VeriyiPlatformaGonder("AraStok:" + deger);
    }

    void KuyrukCiktiiSensor_VeriOkundu(string deger)
    {
        VeriyiPlatformaGonder("KuyrukCikti:" + deger);
    }

    void KuyrukGirdiSensor_VeriOkundu(string deger)
    {
        VeriyiPlatformaGonder("KuyrukGirdi:" + deger);
    }

    public void Durdu(string deger)
    {
        VeriyiPlatformaGonder("IsMerkeziDurdu:" + deger);
    }
}

```

```
public void Acildi()
{
    VeriyiPlatformaGonder("IsMerkeziAcildi:" + "Acildi");
}

/// <summary>
/// Kablosuz sensörler için veriyi hazırlar
/// </summary>
/// <param name="veri"></param>
private void VeriyiPlatformaGonder(string veri)
{
    veri = "ZNID:" + ID + ",MakineID:" + MakineID + "," + veri;
    KablosuzVeriAktar(veri);
}

public delegate void KablosuzVeriAktarimiHandler(string veri);
public event KablosuzVeriAktarimiHandler KablosuzVeriOkundu;

private void KablosuzVeriAktar(string veri)
{
    if (KablosuzVeriOkundu!=null)
    {
        KablosuzVeriOkundu(veri);
    }
}
}
```

EK D. Mesaj Simfi.

```
public class Mesaj
{
    public int ZNID { get; set; }
    public int MakineID { get; set; }
    public string SensorTip { get; set; }
    public string SensorDegeri { get; set; }
    public DateTime Zaman { get; set; }

    public override string ToString()
    {
        string result = Zaman.ToString() + " - Zeki Nesne ID:" + ZNID.ToString() +
" MakineID:" + MakineID.ToString() + " SensorTip:" + SensorTip + " Deger:" +
SensorDegeri;
        return result;
    }
}
```

EK E. Bant Sınıfı.

```

public class Bant
{
    static List<IsMerkezi> IsMerkeziList = new List<IsMerkezi>();
    static Depo Depo;
    public static readonly List<ConcurrentQueue<Stok>> CikisKuyrukList = new
List<ConcurrentQueue<Stok>>();
    List<Rota> IslemList = new List<Rota>();
    List<Rota> UretilenList = new List<Rota>();
    //public readonly AutoResetEvent signal = new AutoResetEvent(false);
    public static readonly List<AutoResetEvent> SignalList = new
List<AutoResetEvent>();
    public static int TasimaSuresi = 2;
    public static int KuyrukKapasitesi { get; set; }

    public Bant(IzlemeveKontrol izlemekontrol)
    {
        KuyrukKapasitesi = 2;
        IzlemeveKontrol izlemeVeKontrol = izlemekontrol;

        Rota rotaBilgisi = Bisiklet.BisikletBilgisi();
        ZekiNesne hammaddeZN =
izlemeVeKontrol.Platform.ZekiNesneList.Single(x => x.ID == 0);
        Uretec uretec = new Uretec(rotaBilgisi, this, hammaddeZN);

        ZekiNesne depoZN = izlemeVeKontrol.Platform.ZekiNesneList.Single(x =>
x.ID == 100);
        Depo = new Depo(depoZN);

        int[] kritikSeviye = new int[10] { 20, 16, 40, 20, 80, 100, 20, 24, 36, 100 };
        foreach (RotaParçasi item in rotaBilgisi.RotaList)
        {
            ZekiNesne zn = izlemeVeKontrol.Platform.ZekiNesneList.Single(x =>
x.ID == item.Sira);
            IsMerkezi isMerkezi = new IsMerkezi(item.Sira, rotaBilgisi, this, zn,
kritikSeviye[item.Sira - 1]);

            IsMerkeziList.Add(isMerkezi);
        }

        izlemeVeKontrol.IsMerkeziListTanimla(IsMerkeziList);

        //Her bir rotaparçası kadar banda çıkış kuyruğu ekle (arastok)
        for (int z = 0; z < 8; z++)
        {
            ConcurrentQueue<Stok> queue = new ConcurrentQueue<Stok>();
            CikisKuyrukList.Add(queue);
            SignalList.Add(new AutoResetEvent(false));
        }
    }
}

```

```

    }

    foreach (IsMerkezi item in IsMerkeziList)
    {
        Thread threadIsMerkezi = new Thread(item.Start);
        threadIsMerkezi.Start();
    }

    int i = 0;

    foreach (var item in CikisKuyrukList)
    {
        Thread threadBant = new Thread(new
ParameterizedThreadStart(Bant.Start));
        threadBant.Start(i);
        i++;
    }

    Thread threadUretec = new Thread(uretec.Start);
    threadUretec.Start();
}

public void Uret(Rota rota)
{
    IslemList.Add(rota);
    IslemList.Remove(rota);
    UretilenList.Add(rota);
}

public static void Start(object ID)
{
    int id = (int)(ID);

    //Bu threadin sorumlu olduğu bant kuyruğu
    ConcurrentQueue<Stok> araStok = CikisKuyrukList[id];
    //Depo ise
    if (id == 7)
    {
        while (true)
        {
            Thread.Sleep(TasimaSuresi);
            Stok item = null;
            if (araStok.IsEmpty)
            {
                SignalList[7].WaitOne();
            }
            while (araStok.TryDequeue(out item))
            {
                Depo.DepoKuyruk.Enqueue(item);
            }
        }
    }
}

```

```

        Depo.signal.Set();
        Bant.SignalList[id].Set();
    }
}
else
{
    //Bu kuyruktan alacak olan ismerkezi;
    IsMerkezi isMer = IsMerkeziList.Single(x => x.ID == id + 1);
    while (true)
    {
        //SignalList[id - 1].WaitOne();
        Thread.Sleep(TasimaSuresi);
        bool eldeMi = true;
        while (eldeMi)
        {
            //Bir sonraki iş merkezinin tamponu doluyorsa bu iş merkezinden
            gelecek olan sinyali bekle
            if (isMer.TamponGiris.Count >= isMer.KuyrukKapasitesi)
            {
                isMer.signal.WaitOne();
                eldeMi = true;
            }
            else
            {
                Stok item = null;
                while (araStok.TryDequeue(out item))
                {
                    Bant.SignalList[id].Set();

                    isMer.TamponGiris.Enqueue(item);
                    isMer.ZekiNesne.KuyrukGirdiSensor.Oku(item.Adi);
                    isMer.signal.Set();
                    eldeMi = false;
                }
            }
        }
    }
}
}
}

```

EK F. İş Merkezi Sınıfı.

```

public class IsMerkezi
{
    public readonly AutoResetEvent signal = new AutoResetEvent(false);
    public readonly AutoResetEvent signalAraStok = new AutoResetEvent(false);
    public readonly AutoResetEvent signalStokCikis = new AutoResetEvent(false);
    public readonly AutoResetEvent signalIslem = new AutoResetEvent(true);

    public int ID { get; set; }
    public string Ad { get; set; }
    public readonly ConcurrentQueue<Stok> TamponGiris = new
ConcurrentQueue<Stok>();
    Queue<Stok> AraStok = new Queue<Stok>();
    private readonly double SureKatsayisi;
    private Rota RotaBilgisi = null;
    private int Sira;
    private RotaParcasi RotaParcaBilgisi = null;
    private Bant Bant = null;
    public ZekiNesneEtmenleri.ZekiNesne ZekiNesne { get; set; }
    public int KritikStokSeviyesi { get; set; }
    public int Kapasite { get; set; }
    public bool Yukleniyor { get; set; }
    private bool IslemdeMi { get; set; }
    public int KuyrukKapasitesi { get; set; }

    public IsMerkezi(int sira, Rota rotaBilgisi, Bant bant,
ZekiNesneEtmenleri.ZekiNesne zn, int kapasite)
    {
        Kapasite = kapasite;
        KritikStokSeviyesi = Convert.ToInt32(Kapasite / 4);

        KuyrukKapasitesi = 1;
        ZekiNesne = zn;
        //Arastogu başlangıç için besle
        for (int i = 0; i < 20; i++)
        {
            AraStok.Enqueue(new Stok(555, "555", 123));
            zn.AraStokSensor.Arttir();
        }
        ID = sira;
        Sira = sira;
        RotaBilgisi = rotaBilgisi;
        SureKatsayisi = 1.0;
        IslemdeMi = false;
        RotaParcasi rotaParcaBilgisi = RotaBilgisi.RotaList.Single(x => x.Sira ==
Sira);
        RotaParcaBilgisi = rotaParcaBilgisi;
        Bant = bant;
    }
}

```



```

}

public void IslemeAl(object stok)
{
    Islem islem = RotaParcaBilgisi.Islem;
    Islem(islem, (Stok)stok);
}

private void Islem(Islem islem, Stok girdiStok)
{
    IslemdeMi = true;
    List<Stok> eldeOlan = new List<Stok>();
    for (int i = 0; i < RotaParcaBilgisi.MontajGirdiAdet; i++)
    {
        if (AraStok.Count == 0)
        {
            signalAraStok.WaitOne();
        }
        Stok montajStok = AraStok.Dequeue();
        ZekiNesne.AraStokSensor.Azalt();
        eldeOlan.Add(montajStok);
    }

    TimeSpan bekleSure = new TimeSpan(0, 0, (int)(islem.Sure.TotalSeconds *
SureKatsayisi));
    Thread.Sleep(bekleSure);
    // islem.Sure kadar bekle

    Stok cikti = new Stok(RotaParcaBilgisi.Cikti.ID, RotaParcaBilgisi.Cikti.Adı,
RotaParcaBilgisi.Cikti.Sira);

    CikisYap(cikti);
    IslemdeMi = false;
    signalIslem.Set();
}

private void CikisYap(Stok cikisStok)
{
    //İşlem sonucunda çıkan stoğun bant kuyruğuna eklenmesi lazım
    //Bant kuyruğu dolu mu?
    bool eldeVarMi = true;
    while (eldeVarMi)
    {
        if (Bant.CikisKuyrukList[this.ID].Count >= Bant.KuyrukKapasitesi)
        {
            //İşlem durdu mesajı gönder
            ZekiNesne.Durdu("Bant kuyruğu dolu");
            Bant.SignalList[this.ID].WaitOne();
        }
    }
}

```

```

        else
        {
            eldeVarMi = false;
        }
    }
    Bant.CikisKuyrukList[this.ID].Enqueue(cikisStok);
    ZekiNesne.CikisSensoru.Oku(cikisStok.Adi);
    //Bant Tetikle
    Bant.SignalList[this.ID].Set();
}

public void AraStokBesle(object paket)
{
    List<Stok> stokPaket = (List<Stok>)paket;
    stokPaket.ForEach(x =>
    {
        AraStok.Enqueue(x);
    });
    ZekiNesne.AraStokSensor.StokYukle(stokPaket.Count);
    signalAraStok.Set();
}

public void Start()
{
    while (true)
    {
        if (IslemdeMi == false)
        {
            if (TamponGiris.IsEmpty)
            {
                ZekiNesne.Durdu("Tampon boş!");
                signal.WaitOne();
            }
            else
            {
                Stok item = null;
                while (TamponGiris.TryDequeue(out item))
                {
                    this.signal.Set();
                    ZekiNesne.KuyrukCiktiSensor.Oku(item.Adi);
                    IslemeAl(item);
                    this.signal.Set();
                }
            }
        }
    }
}
}

```

ÖZGEÇMİŞ

Baran KAYNAK, 1988 yılında Balıkesir’de doğdu. İlköğrenimini Amasya’da, orta öğrenimini de Aydın’da tamamladı. 2006 yılında Aydın Adnan Menderes Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. 2011 yılında Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü’nden mezun oldu. ERASMUS öğrenci hareketliliği kapsamında lisans eğitiminin 3. sınıfını İsveç’in Umeå Üniversitesi’nde tamamladı. 2008 ve 2011 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Uzaktan Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezine öğrenci asistan olarak çalışmıştır. 2011 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği’nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2012 yılının Ocak ayından itibaren Sakarya Üniversitesi Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi’nde yazılımcı olarak çalışmaktadır.