

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ

RFID VE NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI
TEDARİK ZİNCİRİ BİLGİ YÖNETİMİ

DÖNEM PROJESİ

TOLGA EVGEN

DENİZLİ, HAZİRAN - 2017

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ



RFID VE NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI
TEDARİK ZİNCİRİ BİLGİ YÖNETİMİ

DÖNEM PROJESİ

TOLGA EVGEN

DENİZLİ, HAZİRAN - 2017

YÜKSEK LİSANS PROJE ONAY FORMU

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisans, Öğrencisi Tolga EVGEN, tarafından hazırlanan “**RFID VE NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI TEDARİK ZİNCİRİ BİLGİ YÖNETİMİ**” başlıklı Yüksek Lisans Projesi tarafımdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından Yüksek Lisans Projesi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Olcay POLAT

Danışman

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Müdür

Bu dönem projesinin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

TOLGA EVGEN

ÖZET

RFID VE IOT TABANLI TEDARİK ZİNCİRİ BİLGİ YÖNETİMİ
TEZSİZ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI DÖNEM PROJESİ
TOLGA EVGEN
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ
(DANIŞMANI:YRD. DOÇ. DR. OLCAY POLAT)

DENİZLİ, HAZİRAN - 2017

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçiler, üreticiler, dağıtımıcılar ve müşterilerden oluşan kapsamda malzeme, bilgi ve finansal akışların yönetimini içermektedir. Hızla değişen piyasa koşullarında rekabet edebilmek hatta ayakta kalabilmek için sürekli mücadele içinde olan işletmeler son yıllarda tedarik zinciri yönetiminin bir avantaj yarattığını keşfetmişlerdir.

Tedarik zinciri yönetiminde bulunan firmalar açısından bilişim teknolojilerinin kullanılması işgücü, emek ve zaman tasarrufu sağlayarak şirketlerin karlılığını artırmaktadır. Bilgi teknolojileri kullanımı, işletmeye, işletmenin çevresinde ortaya çıkabilecek olan risklerin azaltılması hatta engellenmesinde yardımcı olmaktadır.

Nesnelerin İnterneti (IoT), çevremizdeki fiziksel olayları kontrol etmemizi ve olayları takip ederek analiz etmemizi sağlayan cihaz, yazılım ve erişim hizmetlerini kapsayan bir iletişim ağıdır. Ayrıca radyo frekansı ile tanımlanmış etiketler (RFID), kablosuz sensörler kullanarak, insan müdahalesi olmaksızın ürünlerin tanımlanmasına ve veri iletimine olanak sağlarlar. Gıda endüstrisinde, gıda zincirinin her bağlantısı nihai ürünün kalitesini etkilediği için tedarik zinciri yönetiminde gıda güvenliğini garanti altına almak şarttır. Bu çalışmada gıda tedarik zincirinin gerçek zamanlı ortam sıcaklığını izleme, yönetme ve soğuk zincir içerisindeki sıcaklığa duyarlı ürünlerin raf ömrünün tahmin edilmesi aracılığıyla tüm aktörlerin karar desteklerini geliştirmeye yardımcı olan IoT erişimli gıda zincir lojistiği gösterilmektedir. Radyo Frekansı Tanımlama teknolojisi gıda tedarik zincirinde verimlilik, doğruluk, görünürlük ve güvenlik sağlamakla beraber zincirin herhangi bir aşamasında üretici, tedarikçi, dağıtıcı ve perakendeciler tarafından paylaşılabilen gerçek zamanlı bilgi (stok, lojistik, teslimat) sağlamaktadır. Bu yazıda, gıda tedarik zincirinin kavramı ve araçları analiz edilmektedir. Ayrıca bu konu hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Tedarik Zinciri Bilgi Yönetimi, Radyo Frekansı Tanımlama, Nesnelerin İnterneti

ABSTRACT

SUPPLY CHAIN INFORMATION MANEGEMENT BASED ON RFID AND INTERNET OF THINGS

MSC (NON-THESIS)

TOLGA EVGEN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

INDUSTRIAL ENGINEERING

ENGINEERING MANAGEMENT

(SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. OLCAY POLAT)

DENİZLİ, JUNE 2017

Supply chain management with the scope of suppliers, manufacturer, distributor includes the management of materials, information and financial flowing. Companies in a constant struggle discovered that supply chain management creates an advantage in recent years to compete in a rapidly changing market conditions and even to survive.

Using information technologies in the firms which are involved in supply chain management provides opportunity to those firms in order to save more labor, workface and time and eventually help to raise profitability of the company. Information technologies help enterprizes to minimise and also avoid risks appeared within enterprizes and their environment.

Internet of Things (IoT) is the communication network that allows us to control the physical events in our environment and to analyze with monitoring them, which is covering with software, access services and devices. Also RFID tags, which uses the wireless sensors to identify the product and to provide the communication data without human intervention. In food industry, supply chain management is essential to guarantee food safety because each link in the chain affects the quality of final products. This work demonstrates IoT enabled food supply chain logistics that helps to enhance the decision support of all actors through managing, monitoring the real-time ambient temperature of the supply chain and predicting the shelf-life of temperature sensitive products inside the cold chain. Radio Frequency Identification which can be defined as a strategic technology tool for providing food safety in the food supply chain, is an innovative system and provides efficiency, accuracy, visibility and security on supply chain and real time information (inventory, logistics, delivery) which can be shared at any stage of supply chain by supplier, manufacturer, distributor and retailer. In this paper, the concept and tools of food supply chain are analyzed. Moreover are given detailed information about this issue.

KEYWORDS: Supply Chain Information Manegement, Radio Frequency Identification, Internet of Things

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ	3
2.1 Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları.....	5
2.2 Tedarik Zincirinde Bilgi Paylaşımının Önemi	6
2.3 Kapalı Döngü Tedarik Zinciri	6
3. RFID TEKNOLOJİSİ	9
3.1 RFID Sistemi	9
3.1.1 RFID Etiket.....	10
3.1.2 RFID Anten.....	10
3.1.3 Okuyucu-Programlayıcı.....	11
3.1.4 Denetleyici Sorgulayıcı	12
3.1.5 Arakatman Yazılımı/Sistem Arayüzleri.....	12
3.2 Kablosuz İletişim Teknolojileri.....	12
3.3 RFID Kullanımının Avantajları.....	14
3.3.1 RFID'nin Tedarik Zinciri Yönetiminde Faydaları.....	15
3.3.2 RFID Avantajlarının Literatür Araştırması.....	17
3.4 İşletmelerde RFID Kullanımının Dezavantajları.....	18
3.5 RFID Modellerinin Karşılaştırılması.....	19
3.6 Lojistik İşletmesinde RFID Kullanımı ile İlgili Bulgular	19
3.7 RFID Teknolojisinin Gelişememe Nedenleri.....	20
4. NESNELERİN İNTERNETİ	22
4.1 Nesnelerin İnterneti Sistemi	23
4.2 Nesnelerin İnternetinde Kullanılan Teknolojiler.....	26
4.2.1 IPv6.....	27
4.2.2 Wsn (Wireless Sensor Networks).....	27
4.3 IoT ve RFID Teknolojileri Arasındaki Farklar	28
4.4 Makineler Arası İletişim.....	28
4.4.1 M2M Uygulamaları	30
4.4.2 M2M Mimarisi.....	30
4.5 Nesnelerin İnterneti Uygulamaları	34
4.6 Nesnelerin İnternetinin Tedarik Zincirlerine Faydaları.....	42
4.7 Nesnelerin İnternetinin Dezavantajları.....	43
5. GIDA TEDARİK ZİNCİRİNDE RFID VE IOT	46
5.1 Gıda Tedarik Zincirinin Önemi	46
5.2 Gıda Tedarik Zincirinde İzlenebilirlik.....	48
5.3 Gıda Tedarik Zincirinde RFID ve Nesnelerin İnternetinin Önemi	51
5.4 Gıda Tedarik Zincirinde RFID ve IoT Literatür Taraması.....	54
5.5 Gıda Tedarik Zincirinde RFID ve IoT Uygulamaları.....	58

5.5.1	Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları.....	58
5.5.2	Gıda İzlenebilirliği Uygulamaları.....	59
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
7.	KAYNAKLAR.....	65
8.	ÖZGEÇMİŞ.....	75

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: RFID etiket ve okuyucusu (Bozdoğan 2015).	10
Şekil 4.2: Kahve makinesinin anlık bir görüntüsü (Kutup 2011).	23
Şekil 4.3: Nesnelerin interneti üç ana bileşeni (Yılmaz 2015).	24
Şekil 4.4: Nesnelerin interneti (Torğul 2015).	25
Şekil 4.5: Nesnelerin interneti katmanları.....	26
Şekil 4.6: Mimo baby ve vitality glowcaps (Atakul 2015).	34
Şekil 4.7: Air quality egg ve bigbelly (Atakul 2015).	35
Şekil 4.8: Waterbee (Atakul 2015).	36
Şekil 4.9: Philips hue (Atakul 2015).	38
Şekil 5.10: Gıda izlenebilirliği	49
Şekil 5.11: TZY RFID modeli (Konespe ve Pohl 2004, Chen ve diğ. 2014). ..	59
Şekil 5.12: RFID sıcaklık sensörleri, sensörlü sığır eti paketleri.....	60
Şekil 5.13: Balık kutularında RFID uygulaması (Abad ve diğ. 2009).	61
Şekil 5.14: Sıcaklık ve nem grafikleri (Albayrak 2017).	62
Şekil 5.15: Mobil cihaza gelen bildirimler (Albayrak 2017).	62

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Algılama teknolojilerin karşılaştırılması (Köse ve diğ. 2004).....	14
Tablo 3.2: Algılama teknolojilerin karşılaştırılması (Köse ve diğ. 2004).....	19
Tablo 4.3: RFID ve IoT arasındaki farklar (He ve diğ. 2010).	28
Tablo 4.4: M2M gelişim ve değişim süreci	29
Tablo 4.5: Hizmetin türüne göre seçilebilecek şebeke yapıları	33
Tablo 4.6: Hizmetin türüne göre seçilebilecek şebeke yapıları	33
Tablo 5.7: Ürün evrelerinde oluşan kayıp.....	48

KISALTMALAR LİSTESİ

IoT Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)

RFID Radyo Frekansı Tanımlama

TZ Tedarik Zinciri

TTZ Tersine Tedarik Zinciri

TZY Tedarik Zinciri Yönetimi

İTZ İleri Tedarik Zinciri

KDTZ Kapalı Döngü Tedarik Zinciri

GPRS Genel Paket Radyo Servisi

GPS Global Konumlandırma Servisi

M2M Makineler Arası İletişim

WiFi Kablosuz Bağlantı Alanı

WLAN Kablosuz LAN

WSN Kablosuz Sensör Ağları

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkıları ile beni yönlendiren proje danışmanım Yrd. Doç. Dr. Olcay Polat'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca, çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Tedarik zinciri, hammadde temini yapan, onları ara mal ve nihai ürünlere çeviren ve nihai ürünleri müşterilere dağıtan, üretici ve dağıtıcıların oluşturduğu bir ağıdır (Lee ve Billington 1992).

Tedarik zinciri yönetimi hem işletme içindeki bilgi akışının ve lojistik faaliyetlerin hem de tedarik zincirine dâhil diğer işletmelerin planlama ve kontrolünü kapsamaktadır. Günümüzde rekabet giderek artmaktadır. Gelecekte daha da artarak devam edecektir. Bu da işletmeler arasında değil, işletmelerin dahil olduğu tedarik zincirleri arasında gerçekleşecektir.

Tedarik zinciri etkin olarak yönetilebilmesi tedarik zincirinin üyeleri arasında bilgi paylaşımı ve koordinasyon sağlamadan mümkün olmamaktadır. Bilgi paylaşımı tedarik zincirinin yönetiminde temel unsurdur. Tedarik zincirinin üyeleri faaliyetlerini kontrol edebilmek için gerekli bilgiye zamanında ulaşabilmelilerdir. Bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte işletmeler arasında bilgi paylaşımı çok daha kolaylaşmış ve bilgi paylaşımını etkin olarak gerçekleştiren İşletmelerin tedarik zincirinin bütünleştirilmesinde önemli başarılar sağladıkları görülmüştür (Yüksel 2002).

Endüstri 4.0 ve akıllı işletme kavramlarının yer aldığı hayatımızda tedarik zinciri bilgi yönetiminde yer alan ve yer alması gereken yenilikçi “Nesnelerin İnterneti (IoT)” ve RFID sistemleridir. Tedarik zincirinde bilgi akışında ve kapalı döngü tedarik zincirinde yaşanan bazı sorunlar vardır. Kapalı döngü tedarik zincirindeki imalatçı, dış tedarikçilerden satın aldığı yeni parçalar ile geri dönen ürünlerden kurtarılan parçaları kullanarak hem üretim hem de yeniden üretim faaliyetlerini gerçekleştirir. Fakat geri dönen ürünlerin miktarı, kalitesi ve zamanı oldukça belirsiz olduğundan yeniden kullanım, yenileme, yeniden imalat, geri dönüşüm gibi farklı ürün kurtarma seçeneklerinin uygulama oranları sürekli değişmektedir. Tersine akıştaki bu belirsizlikler ileri akışı da etkileyerek tüm zincirin planlanmasını zorlaştırır.

Burada bahsedilen belirsizliklerin süreç içerisinde takip edilmesi için lojistik bilişim sistemleri uygulamalarından faydalanılarak süreçler anlık olarak takip edilebilmektedir. Bu çalışmanın kapsamında RFID teknolojilerinin yanı sıra son yıllarda gelişmekte olan nesnelerin interneti yaklaşımından faydalanılmaktadır. Ağdaki benzersiz şekilde tanımlanabilen nesnelere ifade eden bu sistem sayesinde tüm nesnelere izlenebilmekte ve etkili bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Amaç, bilgi yönetimini başarısını arttırmak, belirsizliklerle başa çıkmak üzere, nesnelerin interneti sistemini ve RFID sistemini uygun karşılaştırmalarla sisteme optimize edip seçim yerlerine uygulamaktır. Ayrıca bu sistem tarafından sağlanan bilgilerle hem pahalı işçilik ve demontaj işlemlerini ortadan kaldırmak hem de geri dönen her ürünü etkili bir şekilde değerlendirebilmek ve kullanabilmektir. Depolama, yük taşıma gibi tedarik zinciri noktalarında anlık bilgilerin kullanıcılara aktarılmasında RFID ve nesnelerin interneti teknolojileri önemli bir potansiyel sağlayacaktır. Bu sayede tedarik zinciri ya da lojistik operasyonu olan tüm şirketler için “Nesnelerin İnterneti” müşterilere özel teslimat seçeneklerinden, daha verimli depolama ve nakliyeye kadar düzen değiştireci bir etki yaratacaktır.

Bu proje kapsamında “Tedarik Zinciri Bilgi Aktarımı” süreçlerinin daha iyi yönetilmesi adına alternatif olan RFID ve Nesnelerin İnterneti teknolojilerinin incelenmesi yapılacaktır. Projenin giriş bölümünden sonra ikinci bölümde tedarik zinciri yönetiminde bilgi yönetimi, üçüncü bölümde RFID teknolojisi, dördüncü bölümde ise Nesnelerin İnterneti hakkında bilgi verilmiştir. Son bölümde ise gıda tedarik zincirlerinde RFID ve nesnelerin interneti sistemleri üzerine bir çalışma yapılmıştır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tedarik zinciri yönetimi (TZY), ürünlerin ve bilgilerin tedarik zinciri boyunca devam eden hareketlerinin gözlenmesi ve yönlendirilmesi anlamına gelir (Chopra ve Meindl 2007). Başka bir tanımla ise firmalar müşterilerini tatmin edebilmek için yer aldıkları değer zinciri içindeki bütün üyelerle (tedarikçi, üretici, perakendeci vb.) iş birliği yollarını geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu iş birliği sürecinin adı Tedarik Zinciri Yönetimi olarak konmuştur (Houlihan 1985).

Müşteri taleplerini karşılayabilmek için çok miktarda bitmiş ürün stoku bulundurmak çok pahalı bir yöntemdir. Böyle bir durumda müşterinin ürün ile ilgili beklentileri değiştiğinde yani ürünün değişmesi gerektiğinde modası geçmiş bu ürünler boşa harcanmış kaynaklar olarak ortaya çıkacaklardır. Bu da hiçbir organizasyonun tercih etmeyeceği bir durumdur. Bu yüzden işletmeler tedarik zinciri planlamalarını bu tip tahminleri önceden yapabilecek şekilde oluşturmalıdırlar (Stadler ve Kilger 2000).

İyi bir tedarik zinciri yönetimi için aşağıdakilere dikkat edilmelidir (Metz 1998).

Müşteri odaklılığına önem verilmesi: Tüm tedarik zincirinde yapılan uygulamalar son müşteriler dikkate alınarak uygulanmalı ve buna göre kararlar alınmalıdır.

Bilgi teknolojilerinin kullanımı: Veri ve bilgilerin tüm tedarik zinciri üyeleri boyunca çok iyi paylaşılması ve yönetilmesi gereklidir.

Performans yönetiminin sayısallaştırılması: Çoklu performans faktörlerinin ölçümü tedarik zincirindeki her bölümde vardır.

Çoklu fonksiyonel takımların kullanımı: Birbirleri ile ilişkili ancak farklı organizasyonlarda yer alan çalışanlar bir araya gelip takımlar oluşturarak normal organizasyonlarda bulunan mesafeleri ortadan kaldırmalıdırlar.

Etkin tedarik zinciri, işletme içindeki ve dışındaki birçok faktöre bağlıdır. Uyumlu bir tedarik zinciri elde etmek için talep, tedarik ve teknolojiye belirsizlik

dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerdendir. Müşteri gereksinimlerindeki değişikliği anlayarak, müşteriye ürün ve hizmetin sunulmasında tedarik zincirinin buna göre tasarlanması, işletmelerin daha iyi rekabet edebilmesini sağlayabilmektedir. Mevcut tedarik zincirinin değişen müşteri gereksinimlerine göre değiştirilmesinde üst yönetimin desteği çok önemlidir. Ayrıca, işletme içi iletişim, işletme içi bölümlerin karşılıklı iletişim şekli ve tedarikçilerin katılımı da etkin bir tedarik zincirinin belirleyici noktalarıdır (Chopra ve Meindl 2007).

Bilgi teknolojilerinin tedarik zincirine tam olarak bütünleştirilmesi de önemli konulardan biri olarak kabul edilmektedir. Stratejik bilgi sistemi planlaması, klasik işletmelerin gereksiniminden farklı olarak tedarik zinciri yönetimi bilgi sistemi altyapısının stratejik amaçlarını da kapsamalıdır. İletişimin etkin olmasında gerekli süreç dönüşümünü sağlayan işletmeler arası sistemler çok önemlidir. İş birliği içindeki işletmelerin yeteneklerindeki farklılık, bilgi teknolojisi olanaklı tedarik zinciri yönetimine geçişteki direnç ve düşük düzey tedarik zinciri bütünleşmesi, tedarik zinciri bütünleşmesinde bilgi teknolojileri kullanımına engeller olarak gözükmektedir (Chopra ve Meindl 2007).

Son yıllarda tedarikçi, üretici ve müşteri bütünleşmesine verilen önemde artış görülmektedir. Tedarikçilerin tedarik zinciri ile etkin bütünleşmesi, işletmenin rekabet gücünün artmasında önemli faktörlerden birisidir. Tedarik zinciri bütünleşmesi ile tedarik zinciri elemanı olan müşteri, tedarikçi ve işletmeyi içine alan ağın oluşturulmasından söz edilmektedir. Tedarik zincirinin bütünleşmesini etkileyen birçok değişken bulunmaktadır. Bunlardan önemli olanları şunlardır (Narasimhan ve diğ. 2002):

Bilgi paylaşma: Bilgi paylaşmak işletme, müşteri ve tedarikçi arasında bilgi alışverişinde bulunmak demektir. Bilgi alışverişindeki bilgi, değişik teknolojik düzeylerde kullanılabilir şekilde dönüşüme ve kullanıma uygun olmalıdır. İşletmenin ve tedarik zinciri içindeki diğer işletmelerin veri depoları ile işletme uygulamaları arasındaki bilgi bağlantısı daha hızlı talep tahminine ve planlamaya olanak tanır. Ayrıca, internet teknolojisi ve e-ticaret daha akıllı bütünleşik tedarik zinciri oluşturulması fırsatını sağlar. Paylaşılan bilginin miktarı işletme ile tedarikçi arasındaki bağlantının ölçüsünü gösterir. Bilgi ağının oluşturulması müşteri-işletme arasındaki bağı güçlendiren bilgi paylaşımına yardımcı olur.

İç bütünleşme: Tüm işletme fonksiyonlarını içine alan bütünleşik bir ağ tedarik zincirinin performansını belirlemede önemli bir ölçüttür. Klasik yöneticiler sadece kendi bölümlerinin işlevleriyle ilgilenirler. Ancak, bu durum tedarik zincirinin başarısını engeller. Başarıyı yakalamak için işletmede fonksiyonlar arası iş birliği ve bütünleşme sağlanmalıdır.

2.1 Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları

Tedarik Zinciri Yönetimi, etkin bir şekilde tasarlanıp yönetildiğinde işletmenin aşağıda belirtilen amaçlara ulaşması hedeflenmektedir (Yegül 2002):

1. Üretimi düzenli şekilde gerçekleştirecek kesintisiz malzeme, servis ve bilgi akışını gerçekleştirmek,
2. Stok maliyetlerini ve kayıpları en düşük seviyede tutmak,
3. Ürünün kalitesini korumak,
4. Güvenilir tedarikçiler bulmak ve korumak,
5. Elde edilen hammadde, yardımcı madde, parça ve servisi standart hale getirmek,
6. Gerekli olan hammadde, yardımcı madde, parçaları ve hizmetleri en düşük maliyetle sağlamak,
7. İşletmenin pazarlık ve rekabet gücünü yükseltmek,
8. İşletme içindeki diğer gruplarla iyi ilişkiler kurmak,
9. En düşük yönetim gideri ile çalışmak.

2.2 Tedarik Zincirinde Bilgi Paylaşımının Önemi

Teknolojik gelişmeler ile birlikte işletmeler için bilgi ürettikleri ürünler ve hizmetler kadar önemli bir konuma gelmiştir (Bhatt ve Emdad 2001). Tedarik zincirini işletmeler için bir rekabet avantajı durumunda getirebilme de ilk adım tedarik zincirinin birilerinin açık bir biçimde bilgi paylaşımına istekli olmalarıdır. İşletmeler bilgi paylaşımına güçlerini kaybetmelerine neden olacağını düşünmelerinden ye dolayı olumlu bakmaya bilmektedirler. Bu anlayış tedarik zincirinde bilgi akışında sorunları neden olmaktadır.

Tedarik zincirinin üyeleri arasında bilgi akışını malzemelerin ve ürünlerin fiziksel akışına göre daha öncelikli olarak gerçekleşmesinden dolayı stokların azalması ve kaynakların daha etkili kullanılması olanağını arttır (Graham 2000). İşletmeler sipariş büyüklüğünü azaltırken sipariş sıklığını arttırmaya yönelmektedir. Bu da malzeme taşıma faaliyetlerin artmasına neden olmaktadır ve bağlı olarak işletmeler arasında bilgi akışı da önem kazanmaktadır (Brockmann 1999).

Bilgi teknolojileri tedarik zinciri yönetiminde kritik role sahiptir. Bilgi teknolojilerinin tedarik zincirinde stratejik düzeyde planlama, taktik düzeyde planlama ve işlemsel düzeyde planlama olmak önemli etkileri bulunmaktadır (Talluri 2000).

Stratejik düzeyde planlama, dağıtıcılarının belirlenmesi ve benzeri konuların saptanmasını kapsayan tedarik zinciri ağ tasarımını içermektedir.

Taktik düzeyde planlama, üzerinde ürünlerin ve hizmetlerin akışının en iyileşmesini içeren tedarik planlamasını kapsamaktadır.

İşlemsel düzeyde planlama, günlük veya saatlik fazla tüm işletmelerde üretim planlama yapılmasını içermektedir.

2.3 Kapalı Döngü Tedarik Zinciri

Tedarik zinciri yönetimi literatüründe ileri tedarik zinciri; ürünlerin tedarikçiden üreticiye, üreticiden dağıtıcıya, dağıtıcıdan perakendeciye ve son olarak tüketiciye iletilmesini sağlayan işlemler olarak ele alınır.1990 yılından bu yana

çalışmalar yapılan tersine lojistik ise hammaddelerin, halen süreçte bulunan envanterin, bitmiş malların ve bunlar hakkındaki bilginin tüketim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve maliyet avantajlı akışını planlama, yürütme ve kontrol etme sürecidir (Şengül 2009).

Kapalı Döngü Tedarik Zinciri ile ilgili araştırmaların yaklaşık 20 yıllık bir geçmişi bulunmaktadır. KDTZ kavramının doğuşu tersine lojistik literatüründen kaynaklanmaktadır. Ürün geri dönüşlerinin yönetimi klasik tedarik zinciri yapısından farklı bir işleyiş gerektirmesi nedeniyle tersine lojistik sistemi gelişmeye başlamıştır. Bu süreçte ürünlere artı değer eklenmesi ile tersine lojistik sisteminin etkililiğinin klasik tedarik zinciri sistemi ile bütünleşmiş biçimde çalışması ile birlikte daha verimli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu iki farklı yapının bütünleşik çalıştığı sistemlere KDTZ adı verilmektedir (Özmen 2013).

KDTZ, hammadde tedarikçilerinden başlamak üzere ürünlerin üretim tesislerinde üretilip çeşitli dağıtım kanalları ile müşterilere ulaştırılması ve müşteriler tarafından kullanılan ürünlerin toplama kanalları ile geri dönüşüm, demontaj, toplama merkezi vb. gibi tesislerde yeniden kazanımı ile üretim sürecine dâhil olmasını sağlayan ileri ve tersine lojistik faaliyetlerinin bir bütünü olarak düşünülebilir. KDTZ, klasik TZ'nin sağladığı faydaların yanında kullanılmış ürünleri yeniden şebekeye dâhil etmeyi sağlayan tersine lojistik faaliyetleri ile hızla kirlenen dünyamıza çevreci bir değer sağlamaktadır (Budak 2012).

Kapalı döngü tedarik zinciri aşağıdaki öğeleri içerir.

İleri lojistik ve doğrudan tedarik zinciri yönetimi; bu, merkezi dağıtım ve depolama sistemindeki son ürünleri, parçaları ve malzeme akışını içeren doğrudan lojistik akışının kontrolünü, koordinasyonunu ve üst yönetimini içerir. Yani bölgesel ve yerel tedarik noktalarından son kullanıcıya ya da satın alıcıya doğru aşağı yönlü bir fiziksel akıştır.

Tersine lojistik; bu sistem ya kapalı döngü sisteminin bir alt yapısı ya da bağımsız bir sistem olarak kurulur. Bu sistem tam bir koordinasyon ve kontrol toplama ve malzeme, Tersine lojistik hammadde, yarı mamul, nihai ürün ve ilgili bilgilerin

tüketim noktasından üretim noktasına doğru, değer kazanımı veya uygun şekilde yok edilmesini amaçlayan planlama, uygulama ve kontrol aktivitesidir.

Genel bir KDTZ beş grup işlemi kapsar. Bunlar;

Toplama(Collection): Kullanılmış ürünlerin bazı alanlara fiziksel hareketini içerir. Toplama işlemlerinde; kullanılmış ürün elde edilmesi, nakliyesi ve depolanması işlemleri yapılır.

Muayene ve Ayıklama (Inspection and Separation): Toplanan ürünlerin üreticinin eline geçmeden önce hangi şartlarda olduğunun kontrol edilip en karlı geri kazanım faaliyeti için yönlendirilmesi işlemidir. İlk önce tedarik zincirine girmemesi gereken ürünler ayklanır. Böylece değer elde edilemeyecek ürünler için gereksiz sevk, idare, yükleme ve boşaltma giderleri önlenmiş olur. Bu aşamada geri gelen ürünlere, test etme, demontajlama, küçük parçalara ayırma, sınıflandırma ve depolama işlemleri yapılır.

Yeniden İşleme (Re-processing): Bu aşamada tekrar kullanılacak düzeydeki ürün uygun işlemlere (demontaj, küçük parçalara ayırma, yenisi ile değiştirme, geri dönüşüm, tamir) tabi tutularak yeniden kullanılabilir duruma getirilir.

Elden Çıkarma(Disposal): Teknik ya da ekonomik nedenlerden dolayı yeniden kullanılamayan ürünler veya zararlı maddelerin uygun bir biçimde (gömme, yakma gibi), çevreye zarar vermeden ortadan kaldırılmasıdır.

Yeniden Dağıtım (Re-Distribution): Yeniden kullanılabilir malzemelerin pazarlara nakliyesi işlemleridir. Yeniden dağıtım aşaması satış, nakliye, depolama ve kiralama işlemlerini içerir (Şengül 2009).

3. RFID TEKNOLOJİSİ

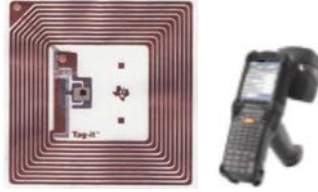
RFID (Radio Frequency Identification), içerisinde mikroişlemci ve anten bulunan bir etiket taşıyan nesnenin, bu etikette taşıdığı bilgiler ve kullanılan kablosuz iletişim teknolojisi (RF sinyalleri) sayesinde hareketlerinin izlenebilmesine imkân veren bir teknolojidir. RFID sistemlerinde, kablosuz iletişim teknolojileri kullanılarak herhangi bir nesnenin otomatik olarak tanımlanabilmesi, izlenebilmesi, nesneye ait dinamik bilgilerin ya da verilerin oluşturulması, toplanması ve yönetilmesi amacı güdülmektedir. Bu teknoloji ve iletişim altyapısı ile, veri toplama, hizmet dağıtımı, nesne takibi, sistem yönetimi insan müdahalesi olmadan, nesne görünürlüğü sağlanmadan kablosuz iletişim kullanılarak gerçekleştirilmekte; hata oranı azaltılıp servis hızı ve kalitesi artırılmaktadır (Jones ve diğ. 2008). RFID iletişim teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda, nesnelere ait veriler dinamik olabilecek; daha kesin, daha detaylı, daha hızlı ve güvenli bir şekilde veri akışı sağlanabilecektir (Syed 2008).

3.1 RFID Sistemi

Bu radyo frekansı ile yapılan sorguları almaya ve cevaplamaya olanak tanıyan etiket, okuyucu ve alınan bilgilerin depolandığı veri tabanından oluşmaktadır. Okuyucu radyo frekans sinyallerini gönderir. Okuyucunun radyo frekans alanına girmiş bulunan etiket, haberleşmesi için gerekli olan enerjiyi buradan alır. Etiket haberleşmesi için gerekli olan enerjiyi aldığı anda, üzerinde depolanmış veriyi göre taşıyıcı sinyali modüle eder. Modüle edilmiş taşıyıcı etiketten okuyucuya gönderilir. Okuyucu modüle edilmiş sinyali algılar, şifresini çözer ve okur. Son olarak alınan bilgi veri tabanının bulunduğu bilgisayara ve bulut sisteme aktarılır. Bir RFID sisteminin kurulması için farklı yazılım ve donanım gereksinimleri bulunmaktadır. Bunlar başlıklar halinde incelenmiştir.

3.1.1 RFID Etiket

RFID etiket, nesne hakkındaki bilginin depolanmış olduğu bir mikroçip, çipe bağlı bir anten ve bunların üzerini kaplayan koruyucu film tabakasından oluşur. Birçok şekil ve ebata sahip etiketler bulunmaktadır. RFID etiketler, elektronik veri taşıyıcıları olarak kullanılır ve buldukları değişik noktalarda farklı bilgiler yazılıp okunabilir. RFID etiketindeki mikroçip 64 bit'den 8 MB'a kadar veri depolama özelliğine sahip olabilir ki bu da üzerinde bulunduğu nesnenin üretim-sevk tarihi, sipariş numarası, müşteri bilgileri, kurum/personel bilgileri, seri numarası gibi önemli verileri kolayca taşıyabileceği anlamına gelir. RFID etiketler enerji kaynağına göre pasif (pilsiz), aktif (pilli) ya da yarı pasif olabilir. Aktif etiketler haberleşmek ve işlem yapabilmek için kendilerine fiziksel olarak entegre edilmiş bir enerji kaynağından yararlanırken, pasif etiketler bu enerjiyi haberleşme alanına girdikleri okuyucudan sağlamaktadır (Jones ve diğ. 2008, Sarma 2001).



Şekil 3.1: RFID etiket ve okuyucusu (Bozdoğan 2015).

3.1.2 RFID Anten

RFID antenler, elektromanyetik dalgaları bir sistemden alıp çevreye veren ya da çevresindeki elektromanyetik dalgalardan aldığı işaretlerle bir sistemi besleyen, kablosuz haberleşme performansını artırmak için kullanılan cihazlardır. Anten çift yönlü bir dönüştürücüdür. Bazı uygulamalarda bir anten hem alıcı hem de verici olarak çalışabilir (Kraus ve Marhefka 2002, Ranasinghe ve diğ. 2006).

RFID anten, “etiket-okuyucu-wifi-wimax-gprs” gibi farklı kablosuz iletişim teknolojileri içerisinde veri haberleşmesini sağlayan donanımdır. Birçok durumda etiket okuma menzilleri çok düşük olduğu için anten kullanımı çok önemlidir. Konsept olarak basit olmasına rağmen, antenlerin düşük güçlerde en iyi sinyal alımlarını gerçekleştirmeleri ve özel koşullara uyum sağlamaları gerekir. Antenler uygulamaların

çalışacağı ortamın özelliklerine ve uygulamanın gerektirdiği mesafelere bağlı olarak, en iyi performansı sağlamak için farklı boy, şekil ve frekans aralıklarında tasarlanmalıdır (Rao ve diğ. 2005).

RFID Antenleri İçin Kullanılan Frekanslar: RFID teknolojisinin pratikte kullanılan uygulamaları temel olarak,

Düşük Frekans (LF: <135 KHz) = Okuma Aralığı <0,5 m,

Yüksek Frekans (HF:13.56 MHz) = Okuma Aralığı 1m,

Ultra Yüksek Frekans (UHF: 868 MHz-915MHz) = Okuma Aralığı 3 m,

Mikrodalga (2.45 GHz, 5.8 GHz) = Okuma Aralığı 10 m,

Olmak üzere dört ana frekans bandında çalışmaktadır. Genel bir kabul olarak frekansın artmasıyla birlikte algılama ve okuma mesafesinin de arttığını söylemek doğru sayılabilir (Bhatt ve Glover 2006).

3.1.3 Okuyucu-Programlayıcı

Okuyucu, RFID etiket üzerindeki antenden sinyal olarak etiket bilgisini okuyabilen, radyo frekansı aracılığıyla üzerindeki antenden etikete sinyal yayan, gerektiğinde etikete yeni bilgilerin yazılmasını sağlayabilen bir donanımdır. RFID okuyucu, iletmek istenen bilgiyi elektriksel işarete dönüştürür ve gerekli işlemleri yaparak yayılacak duruma getirir. Bu işaret bir iletim hattı ile RFID antene verilir, anten de bu işareti em dalga biçiminde haberleşme ortamına aktarır. Ortamdaki dalgalar alıcı RFID anten tarafından alınarak mikroçipe aktarılır ve bilgi işareti elde edilir. Okuyucular sabit, portatif ve mobil olmak üzere üç çeşittir (Koyuturk ve diğ. 2006, Leong ve diğ. 2006).

3.1.4 Denetliyci Sorgulayıcı

Bir sorgulayıcı, üzerinde veri tabanı yazılımı, RFID sistem yönetim ve denetleme yazılımları, web servisleri, RFID uygulama ara yüzleri ya da arakatman yazılımları gibi hizmetlerin/servislerin çalıştığı bir bilgisayar, sunucu ya da bu tür cihazların bağlı olduğu bir ağ sistemi olabilir. Sorgulayıcılar RFID sisteminin beyinleridir ve RFID ara katman yazılımını kontrol eder. Çoklu sorgulayıcıları ağ ortamında birbirine bağlamak ve merkezi olarak bilgileri işlemek için de kullanılır. Sorgulayıcı, okuyucular tarafından toplanan bir alandaki bilgileri kullanır. Sistem boyunca nesnelerin hareketlerini izleme, imkanlar dahilinde bunları düzenli olarak yeniden yönlendirme (üretim uygulamalarında bantlı taşıyıcı sistemleri), sisteme yetkisiz erişimleri ya da sahtekarlıkları önlemek için etiketleri yetkilendirme, etiket kimlik doğrulaması ve denetimi yapma (kurumlarda anahtarsız giriş sistemleri), veri bütünlüğünü korumak için verileri şifreleme, hesap oluşturma, ürün stokunu tutma ve yeni ürün stokuna ihtiyaç duyulduğunda tedarikçileri uyarma vb. özellikleriyle uygulanabilir.

3.1.5 Arakatman Yazılımı/Sistem Arayüzleri

Arakatman yazılımları RFID sistemlerinin entegre edildiği kablolu ya da kablosuz iletişim ağları içerisinde bulunan etiketlerden, okuyuculardan, denetleyicilerden, ağ cihazlarından, kablolu ya da kablosuz iletişim hizmetlerinden gelen verileri yönetir. Bu verileri ağ içerisinde belli noktalarda konuşlanmış veritabanı yönetim sistemlerine aktararak ağ içerisinde veri akışını yönetir. Elektronik nesne koduna ait bilgi hizmetleri, keşif hizmetleri ve firmaların var olan bilgi sistemleri ile iletişim için temel okuma bilgisini yöneten ve çeşitli uyarılar sağlayan bir yazılım teknolojisidir (Chen ve diğ. 2005).

3.2 Kablosuz İletişim Teknolojileri

İletişim teknolojilerindeki büyük gelişmelerle birlikte, kablosuz iletişim sistemleri tüm dünyada hızla yayılmakta, mobil sistemler her an, her yerden birbirleriyle iletişim kurmayı ve internete ulaşmayı istemektedirler. Bu nedenle,

kablosuz ağ servisleri ve RFID sistemleri, yer ve zaman kısıtlaması olmadan konumları ne olursa olsun, nesnelerin mobil sistemler aracılığı ile tanımlanabilmesini, izlenebilmesini ve nesnelere hakkında bilgiye erişimi kolaylaştırmayı sağlayabileceklerdir.

Wi-Fi: Wi-Fi olarak bilinen 802.11 standardı, IEEE tarafından kablosuz yerel ağlar için geliştirilmiş standarttır. Wi-Fi, Bluetooth teknolojisi gibi 2.4 GHz'lik spektrumda çalışır. Tüm Wi-Fi uyumlu cihazlarla 300 Mbps gibi yüksek hızlarda veri alışverişi gerçekleştirmektedir.

ZİGBEE: Arıların çiçekten çiçeğe dolaşırken diğer arıların kaynaklara nasıl ve nereden ulaştığı bilgileri ile hareket ettikleri zigzag yolundan esinlenerek isimlendirilen IEEE 802.15.4 standardını temel alan düşük güç tüketen bir kablosuz iletişim teknolojisidir. Zigbee Alliance tarafından ilk Zigbee genel standardı belirlenmiştir (Bozdoğan 2015). Zigbee aygıtları uykuya dalarak enerji tasarrufu sağlarlar.

WiMAX: Geniş bant haberleşme sistemlerinin kurulum maliyetinin yüksekliği nedeniyle ulaşamadığı kırsal bölgelerde ve veri haberleşme konusunda yeterli hizmeti alamayan alanlarda, WiMAX teknolojisi alternatif olmaktadır. Uzun menzilli ve yüksek bant genişliğine sahip kablosuz internet erişimi sağlayan WiMAX, kullanıcılara hız ve maliyet yönünden değerlendirilmesi gereken bir imkân sunmaktadır.

GPRS: GPRS, verilerin mevcut GSM şebekeleri üzerinden saniyede 28.8- 115 kb'lık hızlarda iletilebilmesine imkân veren, cep telefonu ve mobil cihaz kullanıcılarına kesintisiz İnternet bağlantısı sunan paket tabanlı bir mobil iletişim servisedir. GPRS, mobil iletişim teknolojisinde halen kullanılan devre anahtarlamalı teknik (kullanıcıya tahsis edilen bir tek hat üzerinden sürekli bağlantı) yerine paket anahtarlamalı (aynı hattı birden çok kullanıcının paylaştığı bir bağlantı) teknik kullanan teknolojidir (Mullner ve diğ. 2004, Rezvan ve diğ. 2003).

Dördüncü Nesil (4G) Sistemler: 4G sistemler daha yüksek veri hızı ve haberleşme kapasitesi yanında aynı zamanda daha fazla hareketlilik (mobility), servis kalitesi (QoS), güvenlik (security) imkânı ile düşük gecikme süresi (latency) sunar. 4G

sistemler mobil kullanıcılar için 1 Gbps-100 Mbps gibi yüksek hızlarda veri transferine imkân sağlar. 4G sistemlerin yaygınlaşması ile kullanıcılara ultra geniş bant internet erişimi, internet üzerinden multimedya içerikli eğlence, yüksek kaliteli ses ve yüksek çözünürlüklü video gibi yeni nesil mobil servislerden faydalanma imkânı sağlayacaktır. (Osseiran ve diğ. 2011, Ahmadi ve diğ. 2011).

Tablo 3.1: Algılama teknolojilerin karşılaştırılması (Köse ve diğ. 2004).

Özellik	Zigbee	Gprs/Gsm	Wifi
Odaklanma Alanı	İzleme ve Kontrol	Geniş alan ses ve veri	Web, E-posta, Görüntü
Sistem Kaynağı	4-32 Kb	16 Mb +	1 Mb +
Pil Ömrü (Gün)	100-1000 +	01.Tem	0,5-5
Ağ Boyutu (adet)	Sınırsız	1	32
Ağ Veri Genişliği (kb/s)	20-250	64-128 +	11000 +
Kapsama Alanı (metre)	1-100 +	1000 +	1-100
Başarı alanları	Dayanıklılık, Maliyet, Güç Tüketimi	Ulaşılabilirlik, Kalite	Hız, Esneklik

3.3 RFID Kullanımının Avantajları

RFID kullanımının çok farklı alanlarda gerçekleştiği göz önüne alındığında ve geleneksel bilgi sistemleri ile ilgili yukarıda açıklanan üstünlükleri dikkate alındığında, RFID ile birçok faydanın elde edilebileceğini söylemek zor olmayacaktır. RFID ile elde edilen faydalar teslimat zamanlarının azalması, teslimat zamanlarının önceden belirlenmesi, tekrarlanan işlerin azaltılması, işgücü ile gerçekleşen işlemlerin otomasyonla gerçekleşmesi sonucunda hataların azalması ve işgücü maliyetlerinde azalma, üretimden satış noktasına kadar ürünle ilgili detaylı bilginin elde edilmesiyle tedarik zincirinde oluşabilecek problemlere karşı önlem alınabilmesi, tedarik zincirindeki değişime hemen cevap verebilme, sonuç olarak tedarik zinciri kontrolü ve yönetiminin etkinleşmesi, ürünlerin depo ve dağıtım alanlarında yerleşimin etkin

biçimde gerçekleşmesinin sağlanması, firelerin azalması, ürünlerin çıkış/giriş kontrol sürelerinin azalması, ürün satışlarının anında belirlenmesi nedeniyle rafların etkin düzenlenmesi, hırsızlığın azaltılması, son kullanım tarihlerinin izlenebilmesi, ürünlerin yetkili olmayan kanallara gönderilmesinin engellenmesi, bütün bu sayılan faydaların sonucunda ürünleri izleme için geçen zamanın azalması, müşteri hizmetlerinin geliştirilmesi, müşterilerin satın alma davranışlarının izlenmesi sonucu hedef müşterilerin belirlenmesinde sağlanan kolaylıklar ve müşteriye ilgilenmek için daha fazla zaman ayrılması olarak açıklanabilir (Jones ve diğ. 2005).

3.3.1 RFID'nin Tedarik Zinciri Yönetiminde Faydaları

Sıralı Veri İle Ürün Takibi: Ham madde ya da yarı mamul üzerine yerleştirilen akıllı RF etiketler ile parçaların üretim süreci boyunca hangi ürün içerisinde kullanıldığı, kim tarafından hangi aşamada monte edildiği gibi güncel veriler, veri tabanında tutulabilir. Bu sayede, ilgili parçanın kullanıldığı ürünler otomatik olarak tespit edilip gerekli işlemlere tabi tutulabilir.

İnsan Müdahalesini Azaltma: RF etiketler ile üretim hattından sağlıklı bilgiler temin edilebilir, hatalı ürünlerin üretim bandındayken belirlenip diğer işlemlere tabi tutulması önlenebilir ve belirlenen rota dahilinde yönlendirilebilir. RFID etiketi, ürün üzerine yerleştirildiğinde stok takibi, nakliye, teslimat ve faturalama gibi kritik iş süreçleri planlanabilir, ürün hayatının değişik evrelerinde insan müdahalesi olmadan kullanılabilir. Bu sayede zaman ve işgücü kaybı en aza indirilebilir.

Etkin Tedarik Zinciri Yönetimi: Tedarik zinciri yönetiminde RFID uygulamalarının faydaları, stok hareketlerinin gerçek zamanlı takibi sonucu etkin lojistik yönetimi, etkin satın alma ve tedarikçi yönetimi, gerçek zamanlı bilgi aktarımı ile hem firma içinde, hem tedarikçilerle, hem de müşterilerle daha doğru ve hızlı iletişim, bayi ağında izlenebilirlik sağlanması ve kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi, teslimat zamanlarının azalması, teslimat zamanlarının önceden belirlenmesi, tekrarlanan işlerin azaltılması, işgücü ile gerçekleşen işlemlerin otomasyonla gerçekleşmesi sonucunda hataların azalması ve işgücü maliyetlerinde azalma, üretimden satış noktasına kadar ürünle ilgili detaylı bilginin elde edilmesiyle tedarik zincirinde oluşabilecek problemlere karşı önlem alınabilmesi, tedarik

zincirindeki değişime hemen cevap verebilme, sonuç olarak tedarik zinciri kontrolü ve yönetiminin etkinleşmesi olarak açıklanabilir (Smith 2005, Angeles 2005).

Gerçek Zamanda Bilgi Yakalama: Ham madde, yarı mamul ve üretim bandına yerleştirilen RF etiketler ile ürünün hangi üretim safhasında olduğu, kim tarafından ne zaman ve ne kadar sürede üretildiği gibi kritik veriler dinamik olarak çalışanlara iletilebilir, üretim ile ilgili bilgilere/verilere gerçek zamanlı olarak ulaşılabilir. Üretim bantlarındaki durumun gerçek zamanlı izlenmesi sonucunda kapasite optimizasyonu yapılabilir, maliyetler azalır, satışlar gelişir, nakit akışı artar, özelleştirilmiş servis hizmetleri ve üst düzey müşteriler için üretim geliştirilerek büyük pazar payı yakalanır ve işçi başına, müşteri başına genel aktifleştirme geliştirilir.

Stok/Ürün İzlemede RFID'nin Esasları: RFID sistemleri ile firmaların nereye, ne kadar, hangi tarihte ürün veya hizmet sağlamaları gerektiğinin kararı, etkileşimli olarak hangi üründen ne kadar ve hangi süreyle stok bulunduracağıнын yönetimi, elektronik ortamda alıcı ve satıcılar arasında etkileşimin sağlanması gibi avantajlar elde edilir. Bu nedenle RFID sistemler sayesinde müşterinin hangi mala talep duyduğu yönünde bir veri tabanı oluşturulmasına imkân sağlayabilmektedir. Bu kapsamda işletmeler müşteri taleplerini veya satış reyonlarını yönlendirme şansını da elde edebilmektedir (Syed 2008, Angeles 2005).

Güvenliği Artırma: RFID çiplerinin kopyalanması oldukça zordur. Her etiket, güvenlik amacıyla üretici firma tarafından belirlenen ve değiştirilemeyen bir kimlik koduna sahiptir. Etiketdeki bilgiler üzerine birden fazla koruma seviyesi eklenmektedir. Yeni Gen 2 standardındaki 32 bitlik şifreleme sayesinde yetkisiz kişilerin çip içerisindeki bilgilere ulaşması engellenmekte, çip kilitlenmekte ve gerekirse kullanılmaz hale getirilmektedir. RFID'nin güvenliği artırması mal teslimini ve kontrolünü geliştirir, maliyetlerde önemli azalmalara götürür, hırsızlığı azaltmanın yanında anti-sahtecilik önlemlerini artırır, kullanıcı hatalarını azaltır, yanlış bilgi girişi elimine edilir, benzer ürün ve benzer kodlara sahip ürünler arasındaki karışıklıklar önlenir (Garfinkel ve diğ. 2005).

İşlem Hızı ve Verimlilik Artışı: RFID, bir faaliyet alanında (satış, depolama, üretim vb) insan hatalarını en aza indirmek ve işlem hızını artırmak amacıyla da kullanılır. RFID sisteminde bilgiler elektronik yöntemlerle aktarıldığından manuel

sisteme göre çok daha hızlı işlem yapılabilmektedir. Veri girişlerindeki hız artışıyla, işgücü verimliliği de artmakta ve çalışanlar daha üretken oldukları alanlara kaydırılabilmektedir. Ayrıca RFID kullanımının bir diğer yararı da ekonomik olmasıdır. Zira, doğru veri girişi ve veri girişindeki hızın yükselmesi o işle ilgili istihdam edilen personel sayısında azalma yaratacağından dolayı sistemi daha ekonomik hale getirmektedir.

Bilgilerin Zamanında Güncellenmesi: RFID kullanımıyla muhasebe ve veri tabanı sistemlerinde yer alan bilgiler zamanında güncellenir, raporlama ve analiz için gerekli olan doğru bilgiler zamanında elde edilir. RFID, ürünün faturalanması, gönderilmesi, fiziksel stok takibi ve varlık hesaplarının izlenmesi gibi birçok potansiyel etkinliğe sahip olur. RFID sistemiyle entegre çalışan bir stok takip programıyla bilgilere/verilere kolaylıkla ulaşılabilir, veriler dinamik olarak güncellenerek stoklar takip ve kontrol edilir, ambar ve satış denetimi yapılabilir, herhangi bir tarihte stoktan çekilen ve stokta kalan maddeler maliyetleriyle birlikte izlenebilir ve etkin stok yönetimi yapılabilir.

Uygulama Kolaylığı ve Maliyet Azalımı: RFID uygulaması veri giriş formlarını elimine ederek hem kırtasiye hem de depolama maliyetlerini düşürür. RFID etiketi için karmaşık bir ekipmana gerek kalmadığından veri kaydetme/depolama işlemi oldukça kolay ve diğer otomatik tanıma teknolojilerine göre düşük maliyetli olmaktadır. Kullanımda meydana gelebilecek hasar, eskime, yırtılma vb. faktörler sebebiyle diğer autoid teknolojilerine oranla daha dayanıklı ve kolay uygulanabilir.

3.3.2 RFID Avantajlarının Literatür Araştırması

Açıklanan faydaların gerçekleşmesi sonucu elde edilecek rakamsal değerler ile ilgili birçok tahminler ve araştırmalar yapılmaktadır. Örnek olarak, ABD'deki bazı tekstil mağazalarında gerçekleştirilen araştırmalarda mağazada bulunan giysilerin kontrolünün artmasından dolayı satışlarda %7 oranında artış olduğu belirlenmiştir (Jones vd. 2005).

Toshiba Bilgi Sistemleri Amerika Bölümü RFID ile verimliliğini %25 artırmış, dağıtım maliyetlerini %44 azaltmış ve stoklardaki sapmaları %0.01'den daha aza

indirmiştir (LaVie 1998). ABD'deki üretim ve perakende sektörleri tedarik zincirlerinin etkin olmaması sonucu yıllık kayıplarını 70 milyar \$ olarak belirtmektedir. Tedarik zincirindeki kayıpların nedeni olarak raflarda istenen ürünün bulunmaması, tedarik zinciri içinde herhangi bir yerde oluşacak hırsızlık ve ürün bilgilerinin yanlış kaydedilmesi olarak ifade edilmektedir (Reid 2004).

RFID'nin tedarik zinciri yönetiminde kullanılmasıyla birlikte, birçok kolaylık ve yenilikte ortaya çıkmıştır. 2003 yılında, Wal-Mart, tarafından RFID teknolojisi tersine lojistik ağında kullanmaya başlanmıştır. Elektronik ürün atıklarını elektronik kod yardımıyla iyileştirme seçenekleri için yeni bir bilgi platform sistemi geliştirmiştir (Zhidian 2005). Visich ve diğ. (2007) KDTZ' de RFID'nin geri dönüş sürecinde karar vermeye yardımcı olmak ve geri kazanım değerini arttırmak için etkili bir şekilde kullanılabilmesini önermiştir. Jun ve diğ. (2009) ürüne gömülü bir bilgi cihazını tanımlayarak ürün yaşam döngüsü yönetiminde RFID uygulamaları için genel bir çerçeve sunmuşlardır. Ondemir ve diğ. (2012), Ürün, bileşen ve materyal talebini karşılamak üzere geri dönen ürünleri nasıl işleyeceğine RFID etiketi ve sensörler aracılığıyla elde edilen statik ve dinamik verileri kullanarak karar veren ve toplam maliyeti minimize eden bir karma tam sayılı doğrusal programlama modeli önermiştir.

3.4 İşletmelerde RFID Kullanımının Dezavantajları

RFID teknolojisiyle, müşterilerin bilgisi olmadan müşterilerle ilgili bilgi toplama oldukça kolaylaşmıştır. Bunun yanında etiket üstündeki kişisel bilgilerin satıştan sonra kalması ile ilgili kaygılar önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Müşteri dükkândan çıkmadan önce RFID etiketleri çıkarılmaz veya etkisiz hale getirilmezse müşteri satın aldığı eşyaların algıladığı radyo sinyalleriyle kontrol edilebilir. Verilerin yanlış kullanımı, yetkisiz kişiler tarafından erişimi müşterilerin satın alma davranışı ile ilgili bilgilerin üçüncü taraflara transferi, sonuç olarak müşterilerin satın alma davranışları ile ilgili verilerin üçüncü taraflara transferi, sonuç olarak müşterinin her hareketinin izlenmesi ortaya çıkabilecek sorunlara örnek olarak verilebilir (Kim ve diğ. 2007).

3.5 RFID Modellerinin Karşılaştırılması

Tablo 3.2: Algılama teknolojilerin karşılaştırılması (Köse ve diğ. 2004).

RFID	Düşük frekans	Yüksek Frekans	Ultra yüksek frekans	Mikrodalga Frekansı
Frekans aralığı	125–134 KHz	13.56 MHz	860–930 MHz	2.45 GHz
Okuma aralığı (pasif)	0,5 m	1,0 m	3,0 m	10 m
Etiketler boyutu (pasif)	Büyük	Büyük	Küçük	Küçük
Tipik uygulama	Kartlı geçiş kontrolü, hayvanları izleme	Havayolu bagajı işleme, kitaplık takibi, elektronik makale gözetimi	Tedarik zinciri takibi, depo yönetimi	Elektronik ücret toplama, demiryolu izleme
Etiket maliyeti	Yüksek	DF etiketlerden daha düşük	En düşük	Yüksek

Tablodan çıkarılacak sonuç; RFID sistemlerinde güvenlik istenildiği durumlarda okuma aralığı küçük olan, yüksek maliyetli, büyük boyutlu tip seçilmesi gerekmektedir. Daha çok izleme ve takip amaçlı kullanımlarda ve mesafede okuma aralığının sorun olmadığı durumlarda ise maliyeti-boyutu küçük tiptekiler tercih edilebilir.

3.6 Lojistik İşletmesinde RFID Kullanımı ile İlgili Bulgular

RFID teknolojisinin kullanılması işletmelere birçok yarar sağlamıştır. Horoz Lojistik işletmesinde RFID teknolojisinin kullanımı yeni yeni yaygınlaşmaya başlamıştır. RFID teknolojisi kullanılmadan önce, lojistik merkezlerde yüklemeler ve stok kontrolleri, gelişigüzel bir şekilde yapılmıştır. Hatta bazı durumlarda yanlış

ürünler yanlış araçlara yüklenerek hatalı sevkiyatlar ve çapraz yükleme ile ürün kayıpları yaşanmıştır. Bunun sonucunda da bu aksaklıklar işletmeye ürün kayıp maliyetlerinin yanında, iş gücü ve zaman maliyetlerini de getirmiştir. Bu durumu ortadan kaldırmak için Horoz Lojistik işletmesinde, RFID teknolojisini kullanılmaya başlanmıştır. Halen bütün lojistik merkezlerinde RFID teknolojisi aktif olmasa da ilk uygulamalar sonucu elde edilen yararları şu şekilde sıralamak mümkündür:

RFID kullanılmasının en önemli faydası kâğıt üzerinde yapılan kontroller nedeniyle insanlardan kaynaklanan hataların azaltılması kayıtların daha iyi tutulması sonucu daha hızlı ve daha etkin olma olarak açıklanabilir.

Geleneksel sistemde malzemelerin bir noktadan başka bir noktaya gittiği durumlarda, çalışanların kontrol edebilmesi için paletler doldurulmakta ve barkod ile okuma sağlanmakta iken, RFID etiketleri ise, paletlerin doldurulmasına gerek olmadan bilgi okunmakta ve zamandan kazanç sağlanmakta, kullanılan iş gücü azaltılmakta ve hatalar ortadan kaldırılmaktadır. Bunun yanında etiketler hataların oluştuğu konumlara dönmeyi kolaylaştırmaktadır.

RFID teknolojisinin bir başka faydası da ürünlerin anlık olarak nerede olduğunun bilinmesine imkân sağlamakla açıklanabilir. Müşteriler bu sayede, stoklarda bulunan ürünün verilen siparişe göre yüklenip yüklenmediğini WebHonest programında kendilerine ait sayfalarda kontrol edebilirler (Sevinç 2008).

3.7 RFID Teknolojisinin Gelişememe Nedenleri

RFID teknolojisi ile ilgili uygulama sayısının artmasını engelleyen birçok neden bulunmaktadır (Jones ve diğ. 2004).

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.

Elde edilen faydanın artması için uygulamanın tedarik zincirine yayılması gereklidir. Maliyet ve faydalarla ilgili tartışmaların yoğunluğu nedeniyle projeye başlamak oldukça zordur.

RFID teknolojisi standart değildir. Standartlarla ilgili birçok öneri olmasına ve birçok standart üzerinde çalışılmasına rağmen gelecekte hâkim olacak standart ile ilgili belirsizlik hakimdir. Dolayısıyla, standartlar konusundaki belirsizlik RFID'ya yapılan yatırımların azalmasında önemli bir etkendir.

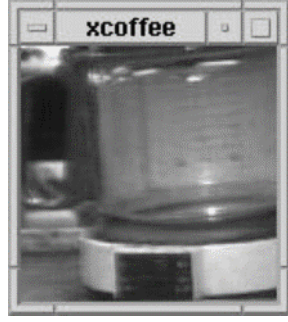
RFID teknolojisiyle ilgili hatalar teknolojinin yaygınlaşmasını engellemektedir. Bu hatalar radyo dalgalarının çalışması, ürünlerin farklı özellikleri nedeniyle farklı etiketlerin kullanılmasının gerekliliği, herhangi bir ülkede bir etiketle işlem gören frekansın başka bir ülkede çalışmamasıdır.

RFID teknolojisinin yaygınlaşmasını engelleyen bir diğer neden ise, etiket maliyetidir. Etiket maliyetlerinin önemli bir etken olması her malzemeye etiket takılması söz konusu olduğundan, önemini arttırmaktadır.

4. NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin İnterneti kavramı ile ilgili literatürde pek çok tanım yer almaktadır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından yapılan tanımla, herhangi bir zamanda herhangi bir yerde her nesnenin birbirine bağlanabileceği bir teknolojidir. Bazı kaynaklarda nesnelerin interneti yerine her şeyin interneti olarak da yer alabilmektedir. Var olan tanımlardan yola çıkılarak Nesnelerin İnterneti, tüm nesnelerin çeşitli haberleşme protokolleri ve algılama yöntemleri aracılığıyla tanımlanarak birbirleri ile iletişime geçebileceği, internet ortamına çıkabilecekleri akıllı ağlardan oluşan bir teknoloji olarak tanımlanabilir (Lu ve Liu 2012).

“Nesnelerin İnterneti” (Internet of Things) kavramı ilk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından Procter & Gamble şirketi için hazırlanan bir sunumda kullanılarak şirketin tedarik zincirinde RFID teknolojisi uygulamasının firmaya faydaları sıralanmış ve kullanımı önerilmiştir (Kutup 2011). Ancak tarihteki ilk Nesnelerin İnterneti uygulaması, 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'ndeki bir grup akademisyen tarafından kameralı bir sistem ile bir kahve makinesinin görüntülerinin internet üzerinden paylaşılmasıdır (Armentia ve diğ. 2012). 1991 yılında, Cambridge Üniversitesindeki akademisyenler onlarca merdiveni çıkıp binadaki tek kahve makinesini boş bulmaktan rahatsız olur ve kahve makinesinin her bir dakikada, üç adet görüntüsünü yakalayarak bilgisayarlarına aktaran bir sistem tasarlarlar. Bir video kamerayla, görüntü yakalama yazılımı ve protokollerin yazılmasından sonra her akademisyen ekranında kahve demliğindeki kahve miktarını çevrimiçi ve gerçek zamanlı olarak görebilmiştir. 1993 yılına gelindiğinde internet ortamına taşınan bu uygulama günde milyonlarca kez izlenmeye başlanmış. Bu kahve makinesi “Nesnelerin İnterneti” ve bağlı nesnelerin varlığının ilk ispatı ile birlikte örneğini oluşturmuştur (Torğul 2015).



Şekil 4.2: Kahve makinesinin anlık bir görüntüsü (Kutup 2011).

2005 yılında Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU)'nun konuya dair ilk raporunu yayımlaması ve 2009 yılında IBM'in CEO'su Samuel J.Palmisano tarafından Smart Planet kavramının önerilmesi ile ilgi odağı haline gelmiştir (Liu ve Zhou 2012). IoT teknolojisi ilk ortaya atıldığı tarihten itibaren giderek gelişmektedir.

4.1 Nesnelerin İnterneti Sistemi

Nesneler, algılayıcılar ve elektronik devreler ile donatıldığında, “düşünme”, “hissetme” ve “konuşma” özellikleri elde etmeye başlarlar. Böylelikle, bizlerle iletişime geçerek durum bilgilerini güncelleyebilecek yetiye erişirler (Kutup 2011).

Standart ve birlikte çalışabilir iletişim protokollerine dayalı nesnelerin interneti sistemi, akıllı iletişim ara yüzleri kullanarak akıllı alanlarda çalışan, benzersiz kimliklere sahip nesneler tarafından oluşturulmaktadır (Kadlec ve diğ. 2014).

Nesnelerin interneti aygıtı gömülü akıllı nesneler;

Benzersiz bir kimliğe sahiptir,

Çevresi ile etkili iletişim yeteneğine sahiptir,

Kendisi ile ilgili veri elde etme ve depolama özelliğine sahiptir,

Özelliklerini, üretim taleplerini vb. göstermek için bir dil konuşlandırır,

Kendi kaderi ile ilgili karar verme yeteneğine sahiptir (McFarlane ve diğ. 2012).

Nesnelerin İnterneti üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

Nesnelerin İnterneti kavramının “nesnelere” kısmını ifade eden varlıklar,

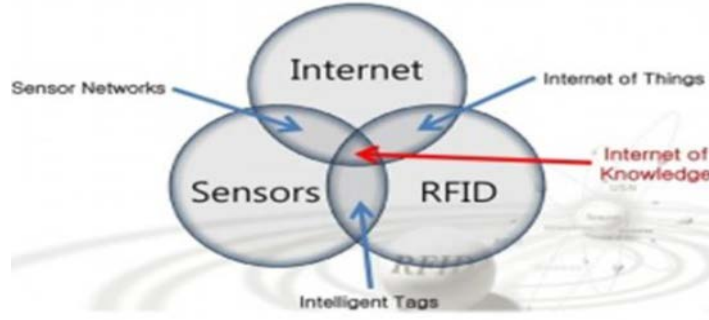
Bu nesnelere birbirine bağlayan iletişim ağları,

Nesnelere gelen verileri kullanan bilgisayar sistemleri (Yılmaz 2015).



Şekil 4.3: Nesnelere İnterneti üç ana bileşeni (Yılmaz 2015).

Radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketleri ve sensör gibi bir takım algılayıcı cihaz yerleştirilmiş nesnelere birbirleri ve çevreleriyle İnternet üzerinden iletişim kurarak nesnelere İnterneti sistemini oluşturur. RFID bu sistemin temel bileşeni ve etkinleştiricisi olarak kabul edilir. Pasif RFID etiketleri ürünü izleme için yeterli olsa da sensör gömülü aktif RFID etiketleri her nesnenin kullanımı/durumu hakkında çok daha fazla bilgi sağlayabilir (Ondemir ve Gupta 2014). Sensör, sıcaklık, basınç, titreşim, nem gibi değerlerdeki değişimleri saptar ve kaydedilmesi için sinyallere dönüştürür. Ürünün seri numarası, modeli, malzeme listesi, üretim tarihi, satış tarihi gibi statik bilgileri içeren RFID etiketi ürüne bağlanır ve her bakım, iyileştirme gibi işlemlerden sonra güncellenebilir. Ürünün kullanımı sırasında oluşan çevresel koşullar, ürünün çalışma süresi ve sıklığı gibi dinamik bilgiler ise sensörler yardımıyla kaydedilir. Böylece nesnelere İnterneti tarafından sağlanan bu bilgiler sayesinde hem pahalı ön muayene ve demontaj işlemleri ortadan kalkar hem de geri dönen her ürün etkili bir şekilde değerlendirilebilir ve kullanılabilir.



Şekil 4.4: Nesnelerin interneti (Torğul 2015).

Nesnelerin İnterneti kavramının temelini, Makineler Arası İletişim (M2M) oluşturduğu düşünülmektedir. M2M teknolojisinde insan müdahalesine gerek duyulmadan makinelerin birbirleri ile iletişimde bulunabilirler (Yiğitbaşı 2011). IoT, M2M teknolojisinden daha geniş kapsamlı bir teknolojidir. Makineler arası iletişimde sürece insan müdahalesi gerekmezken IoT teknolojisinde insan-makine etkileşimi de dahil olabilir.

Bu ağda bulunan cihazlar ve algılayıcılar insan-makine, makine-makine iletişimi kurabilen organizmalardır. Bu cihazlar tek bir sensörden oluşabileceği gibi birçok sensörden ve çok sayıdaki kontrol sisteminden meydana gelen ağ ortamlarından da oluşabilir. İlgili sensörden gelen veriler toplanarak “Büyük Veriyi (Big Data)” oluşturur ve bu veriler “Bulut Bilişim (CC)” sistemlerinde saklanabilir. Daha sonra bu veriler analiz edilirler. Bu sayede verimliliğin ve üretkenliğin artması hedeflenmektedir.

Şekil 4.5.'te nesnelerin interneti organizmasının katmanları gösterilmiştir. Nesnelerin interneti çekirdeği doğal çevreyi ve sıcaklık, konum, ağırlık, ışık şiddeti, nabız sayısı, tansiyon, sertlik, karbondioksit oranı, nem, ph değeri, ses şiddeti vs. gibi fiziksel büyüklüklerin bulunduğu ortamı ifade eder. Çekirdek katmanında her türlü ölçülebilir büyüklük ham halinde bulunur. Cihaz katmanında bu ham veriler algılanarak analog veya sayısal sinyallere dönüştürülürler. Doğadan alınan bu verilerin işlenmesi için iletilmesi gerekmektedir ve insan-makine, makine-makine iletişimi için gerekli olan RFID, Zigbee, 802.5.4, NFC, Kızılötesi, Bluetooth, ModBus, M-Bus, Gprs ve Gsm, elektrik hattı taşıyıcıları, Ethernet gibi kablosuz ve kablolu iletişim

altyapısı ve iletişim protokolleri iletişim katmanında yer alır. Daha sonra bu veriler ilgili iletişim protokolleriyle Bilinç olarak adlandırılan veri işleme merkezine gönderilirler. Burada küçük çaptaki veri işleme işlemleri gömülü sistemler ile gerçekleşir. Daha büyük uygulamalarda ise bu veriler depolanmak üzere bulut bilişim sistemlerine iletilir. Burada depolanan veriler artan yığınlar halinde büyük veriyi oluştururlar. Verimliliğin artırılabilmesi için bu büyük miktardaki verinin analiz edilmesi gerekmektedir ve bu da makine öğrenimi yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilir. Güvenlik, gizlilik, kimlikleme, tanıma gibi işlemler bu katmanda gerçekleştirilir (Bozoklu 2016).



Şekil 4.5: Nesnelerin interneti katmanları

4.2 Nesnelerin İnternetinde Kullanılan Teknolojiler

Nesnelerin interneti uygulamalarında iletişim için birçok farklı teknoloji (IPv6, ZigBee, Bluetooth, RFID, NFC, 3G, Wi-Fi, GSM, 4G/LTE, Wimax vb.) kullanılabilmesi yeni iş modellerini de beraberinde getirmektedir. Bilgisayar ağlarından aşına olduğumuz geleneksel iletişim altyapısının, IoT bileşenleri için birebir uygulanmasında yetersiz kalmaktadır. Henüz standartlaştırılmış bir yapının olmamasından dolayı da farklı protokollerde çalışan IoT ağlarının birbirleri ile beraber çalışabilirliği konusunda problemler yaşanabilmektedir.

IoT teknolojisi ile dünya üzerindeki her türlü nesnenin internete bağlanabileceği hedeflenmektedir. IoT teknolojisinde nesnelerin haberleşme yapabilmeleri için mutlaka bir IP adresine sahip olmaları gerekmektedir. IPv4'ün gelecekte bu konuda yetersiz kalacağından daha fazla IP adresi ve daha olumlu özellikler sağlayabilen IPv6 sistemine geçiş önem kazanmıştır.

4.2.1 IPv6

İnternet Protokolü (IP), ağdaki cihazların birbirleri ile iletişim kurabilmek için kullanıldıkları ortak kurallardır (Aydoğan ve diğ. 2011). Bu protokol kapsamında ağdaki her cihazın iletişim kurabilmek için edindiği haberleşme adresine IP adresidir. Bu adres, gönderilen bilginin doğru hedef ile iletişim kurabilmesini sağlar. Cihazların internet ortamına çıkabilmeleri için IP adresine sahip olmaları gerekir.

Araştırmalara göre gelişen teknoloji ile birlikte yapılan internete bağlı nesne sayısı yeryüzündeki toplam insan nüfusundan daha fazla olduğu ve bu rakamın 2020 'de 20 milyarı üzerine çıkması beklenilmektedir (Köse 2011).

Nesnelerin İnterneti teknolojisinde her nesne internete çıkmayabilir fakat her nesnenin iletişim için mutlaka bir ip adresine sahip olması gerekir. IoT teknolojisi ile birlikte çok fazla IP adresine ihtiyaç duyulacağından, mevcut IPv4 sisteminin gelecekteki IP adresi sayısını karşılayamayacak olacağından 32 bitlik adres alanı olan IPv4'ün yerine 128 bitlik adresleme sağlayan IPv6 sistemine geçişe gerek duyulmuştur. IPv6 protokolüne geçiş ile, IP çakışmalarının önüne geçilmesini adına önemli bir engeli ortadan kaldırılması sağlanmıştır. IPv6 sistemine geçiş ile gelecekte beklenen büyüme desteklenerek, IP adreslerinde yaşanacak eksiklik giderilerek çok daha fazla cihazın IP adresine sahip olup birbirleriyle iletişim kurması sağlanabilecektir (Bozoklu 2016).

4.2.2 Wsn (Wireless Sensor Networks)

Sensörler, IoT teknolojisinde önemli bir rol oynamaktadır. Isı, sıcaklık vb. nesne durum bilgilerinin algılanması sağlarlar. Kablosuz sensör ağlardaki en büyük problem sensörlerin kısıtlı güç kaynağına sahip olmalarıdır. Askeri savunma, biyomedikal, gıda, uzaktan kontrol gibi pek çok alanda kullanılırlar (Bozoklu 2016).

4.3 IoT ve RFID Teknolojileri Arasındaki Farklar

Tablo 4.3: RFID ve IoT arasındaki farklar (He ve diğ. 2010).

	RFID	IoT
Güncellik	İnternet ve okuyucular mevcut olduğunda	Gerçek zamanda
İşlevsellik	Tanımlama, adresleme ve veri depolama	Tanımlama, adresleme, veri depolama ve bilgi değişikliğini aktif algılama
Zekâ	Az	Uygun seviyede
Güvenlik	Güvenli, Yakın mesafelere ulaşmadan bilgi erişimi yok, Kopyalanma riski düşük	Güvenilirliği az, Siber saldırılara açık, Fazla bilgi içerdiği için koruma sistemi gerekli

4.4 Makineler Arası İletişim

Nesnelerin İnterneti kavramının omurgasını, Makineler Arası İletişim (Machine to Machine Communication-M2M) oluşturmaktadır. M2M kavramı; iki cihazın birbiri arasında belirli protokoller aracılığı ile veri alışverişi yaparak etkileşim içerisinde çalışmalarını sağlayan sistemlerin genel adıdır. M2M, insanların aracılığı olmaksızın (ya da sınırlı katkısı ile) makinelerin birbirleri ile iletişim halinde olması şeklinde de tanımlanabilir. Karar için genellikle merkezi bir bilgisayarda kontrol sistemi bulunur. M2M hem kablolu hem de kablosuz sistemlerin aynı yetenekteki diğer cihazlar ile iletişim kurmasına izin verir. M2M ile içinde insanların olmayacağı, yalnızca makineler arası bilgi akışının sağlanacağı özel iletişim ortamlarıyla, gelecekte bugünkünden çok daha hızlı bağlantılarla büyük miktarlarda veri üretilip tüketileceği öngörülmektedir (Ulaş 2015).

Başlangıçta bilgi teknolojileri ve elektronik haberleşme olgusu, insanlar arası ya da insan-makine (sunucu) arası iletişim için kurgulanmışken artık bazı hizmetlerde insan ya hiç devrede değil ya da izleyici konumdadır. Birçok uygulamada makineler

doğrudan birbirleriyle iletişim kurmaktadır. Söz konusu gelişim ve değişim süreci Tablo 4.4'te verilmiştir (Ulaş 2015).

Tablo 4.4: M2M gelişim ve değişim süreci

İnsan'dan İnsan'a (P2P)	İnsan'dan Makine'ye (P2M)	Makine'den Makine'ye (M2M)
Telefon (ses görüntü) Mesajlaşma Karşılıklı oyun	Elektronik/uzaktan eğitim Elektronik Ticaret / Bankacılık Arama Motorları Elektronik Kanu Hizmetleri	Telemetri (Uzaktan ölçüm) Telematik (Ulaşımında M2M) Akıllı Yollar/Araçlar Akıllı evler, binalar İş gören makinalar/robotlar

M2M cihazları kapalı sistem otomasyon cihazları olabilecekleri gibi (operatör müdahalesi gerektirmeyen) kullanıcı yönetimi gerektiren cihazlarda olabilirler. Uzaktan yönetim haricinde cihazların çalışma durumlarına ilişkin verilerin uzaktan takip edilebilmesi, arıza vs. gibi durumlarda uzaktan arıza tespiti ile işletme maliyetlerini düşürmekle birlikte hizmet kalitesini ve/veya cihazdan elde edilecek faydanın en üst düzeye çıkarılmasını sağlayacaktır.

GSM/GPRS teknolojisiyle internet üzerinden gerçekleştirilebilen veri alışverişi sayesinde arabaların konum bilgileri, elektrik/doğalgaz sayaç verileri, elektronik cihazların arıza ve alarm durumları, otomatik sulama ve su ölçüm sistemleri verileri gibi birçok uygulamanın uzaktan izlenmesi ve kontrol edilebilmesi bilgisayarlar ve gömülü sistemler aracılığıyla otomatik olarak gerçekleşebilecektir. M2M ile birlikte, toplanan verilerin işlenmesi, bunlardan anlamlı sonuçlar üretilmesi ve bu sonuçlar doğrultusunda karar oluşturup ve işlem başlatılması şeklinde özetlenebilecek yapay zekâ uygulamaları da hızlı gelişimini sürdürmektedir (Ulaş 2015).

4.4.1 M2M Uygulamaları

Dünya’da M2M sistemlerinin genel kullanımı şu şekildedir;

-**Lojistik ve taşımacılık sektöründe;** GPS ile takip sistemlerinde, araç ve filolara ait güzergâh takibi, konum belirleme, algılayıcı özelliklerinin takibi gibi bilgi alma yöntemleri için,

- **Uzaktan takip sistemlerinde;** verilerin alınması, veri gönderilmesi, verilerin analizlerinin yapılması ve gerekli görevlerin çalıştırılması şeklinde çözümler için,

- **Sayaç okuma sistemlerinde;** su, doğal gaz, elektrik gibi bir sayaç ile tutulan verilerin; alınması, raporlanması ve komut gönderilmesi için,

- **Emniyet birimleri tarafından;** belli bölgelerin takibi, uzaktan bilgi alınması, acil durumların bildirilmesi gibi konularda veri alınması için,

- **Savunma sanayinde;** uzaktan yönetilebilen silahların kullanılabilmesi, insanların yaklaşmaması gereken deneylerin, testlerin yapılabilmesi için,

- **Fabrikalarda;** stokların tutulması, üretim bantların çalıştırılması, belli sürelerde raporların alınması gibi konularda,

- **Tarım ve hayvancılıkta;** doğal olayların takibinde, hava, nem, basınç gibi anlık değişim gösteren durumların analizinde, hayvanların bulunduğu konumların alınabilmesi, takibinin yapılabilmesi için,

- **Sağlık sektöründe;** özellikle ciddi sağlık sorunları olan ve takip edilmesi gereken hastalıklarda ölçümlerin alınması ve depolanmasında ve birçok benzer sektörde ve çözümde kullanılır (Ulaş 2015).

4.4.2 M2M Mimarisi

İdeal bir M2M uygulaması dünyanın herhangi bir yerinde hiç beklemeden güvenli bir İnternet bağlantısı sağlamaya imkân tanınmalıdır. Buna ek olarak hem bina içinde hem de bina dışında erişim sağlamaya imkân vermeli, herhangi bir menzil ya

da gecikme sorunu yaşatmamalı, mümkün olduğunca az enerji harcamalı ve sınırsız çıktı verebilirken maliyetleri minimumda tutmayı başarmalıdır. Fonksiyonel açıdansa hem bilgi güvenliği ve gizliliğini temin etmeli hem de bilgiye kolay erişim sağlarken bilgi yönetimini de verimli olarak gerçekleştirmelidir. Ne yazık ki yukarıda sayılan tüm bu şartları sağlayabilen herhangi bir teknoloji ne M2M alanında ne de başka bir alanda var olabilmıştır. Dolayısıyla her teknolojinin faydasına ek olarak maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu fayda maliyet analizleri verilmek istenen M2M hizmetinde kullanılacak şebeke teknolojisinin seçimini zorlaştıran en önemli etkidir. Kullanılacak şebeke teknolojisinin seçiminde etkili olan bazı genel şartlar ve bu şartların oluşturduğu maliyetler aşağıda açıklanmaktadır (Ulaş 2015).

Menzil: Menzil arttıkça güç kullanımı artmakta ve sağlıklı çıktı sayısı azalmaktadır.

Güç Tüketimi: Pil ve bataryayla çalışan cihazlar için güç tüketimi düştükçe çalışma süresi artmaktadır ancak düşük güç, düşük sağlıklı çıktı sayısı ve düşük menzile neden olmaktadır.

Sağlıklı Çıktı Sayısı: Sağlıklı çıktı sayısının artması sadece M2M için değil tüm diğer sistemler için de ulaşılmaya çalışılan ideal bir noktadır. Ancak daha fazla sağlıklı çıktı için uzun ömürlü pil ve bataryalar ile daha kısıtlı bir kapsama alanı gerekmektedir.

Desteklenen Cihaz Sayısı: Bir bölgedeki cihaz sayısı arttıkça ortak kaynak kullanımı artmakta olup bu da performansı etkilemektedir.

Cihazlarca Desteklenen Şebeke Mimarisi: Cihazlarca farklı şebeke mimarilerinin desteklenmesi daha fazla esneklik sağlayacağı için tercih edilen bir özelliktir. Ancak yıldız, ağaç, ağ ve kişiden kişiye gibi değişik isimler alan bu mimarilerin her biri kullanım alanı, çıktı kalitesi ve menzil bakımından kendi içerisinde bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Dolayısıyla herhangi bir cihaz daha çok sayıda mimariyi desteklemeye başladıkça hem bu mimarilerin problemlerinden etkilenecek hem de maliyetler yükselecektir.

Açık veya Kapalı Sistem Seçimi: Kullanılan verinin herkese açık olup olmayacağı olacaksa hangi protokoller ışığında hangi güvenlik ilkelerinin

uygulanacağı uygulamadan uygulamaya değişmekte olup, kapalı sistemler açık sistemlere göre daha hızlı ve güvenli olmakla birlikte diğer sistemlerle birlikte çalışabilirliği düşük sistemlerdir.

Beklenen Kullanım Süresi: Beklenen kullanım süresinin uzun olması tercih edilen bir özelliktir ancak teknoloji her geçen gün ivmelenerek değişmekte olduğu için, uzun kullanım ömürlü cihazların teknik yeterlilikleri belli bir süre sonra yetersiz kalabilir.

Yerel veya Küresel Kullanım: Bazı teknolojiler belirli düzenlemeler ve kurallar neticesinde sadece bazı ülkelerde kullanılabilmekte olup sunulması düşünülen M2M hizmetinin sunulacak ülkenin kural ve düzenlemeleriyle uyumlu olmasına özen gösterilmelidir. Ancak bu durum küresel çapta bir standardizasyonun önüne geçebilmektedir.

Desteklenen Uygulama Türleri: M2M uygulamalarında kullanılan cihazların desteklediği uygulama sayısı arttıkça, esneklikleri artarak kullanım alanları genişlemektedir. Ancak bu durum fiyatla doğru orantılıdır.

Mobilite: Mobiliteye ihtiyaç olup olmadığı iyi planlanmalıdır. Çünkü aynı işlevi görebilecek kablolu yapılar genellikle mobil yapılara göre daha ucuzdur.

Güvenlik ve Gizlilik: M2M uygulamaları, bireylerin ya da şirketlerin dışarıyla paylaşmayı sakıncalı bulabileceği çeşitli verilerini, çeşitli platformlarda kullanabileceği için, güvenlik ve gizliliğin nasıl ayarlanacağı hem teknik hem de hukuki anlamda önemli bir konudur.

M2M mimarisi ise temel olarak 3 alandan oluşmaktadır. Bunlardan ilki uygulama alanı olarak adlandırılmakta olup, hizmetin başlangıç noktasını temsil etmektedir. Buna göre M2M uygulamasında kullanılan makinelerden biri kendi başına (otonom olarak) ya da bir kullanıcının tetiklemeyle talep edilen hizmet için gerekli girdiyi sağlamaktadır. Kullanılan şebeke yapısı ve uygulanan değişik protokoller aracılığıyla elektronik bir forma dönüştürülen veri ikinci alan olan şebeke yönetim alanına taşınmakta ve bu alan vasıtasıyla haberleşerek diğer makineye/makinelere iletilmektedir. Diğer makine/makinelerin bulunduğu alan M2M cihaz alanı olarak adlandırılmakta olup hizmetle ilgili girdinin işlenerek asıl işlemin yapıldığı alan

burasıdır. Girdiler değerlendirilip gerekli işlem gerçekleştirildikten sonra hizmetin türüne göre bu alandan uygulama alanına yine şebeke yönetim alanı aracılığıyla geri bildirim yapılabilmektedir (Ulaş 2015).

Temel mimari içerisinde bahsi geçen üç alan da verilecek hizmetin içeriğine ve türüne göre şekillenmektedir. Girdi noktası olan uygulama alanı ile çıktı noktası olan cihaz alanında kullanılan yazılım ve donanım ağırlıklı olarak hizmetin içeriğine, iletim noktası olan şebeke yönetim alanında tercih edilecek teknoloji ise temel olarak hizmetin türüne bağlıdır. İçerikten kasıt M2M uygulamasının içerdiği fonksiyonlardır. Bir örnek vermek gerekirse meteoroloji alanında kullanılan bir M2M uygulamasının hangi verileri hangi sıklıkta merkeze ileteceği o uygulamanın içeriğini göstermektedir. Türden kasıt ise bir önceki bölümde anlatılan alanlardan hangisine uyduğudur. Bu uygulama bir izleme uygulaması olup, muhtemelen kablolu şebekenin gidemeyeceği çok farklı noktalardan veri toplayacaktır dolayısıyla da verileri sağlıklı iletebilmek için yerel bir kablolu şebekeden ziyade ulusal bir kablosuz şebekeye ihtiyaç duyacaktır. Tablo 4.5 verilecek hizmetin türüne göre seçilmesi muhtemel şebeke yapılarını göstermektedir (Ulaş 2015).

Tablo 4.5: Hizmetin türüne göre seçilebilecek şebeke yapıları

	<i>Sabit Cihazın Bağlantısı</i>	<i>Sabit Olmayan Cihazın Bağlantısı</i>
<i>Dağınk</i>	PSTN	2G/3G/4G
	Sabit Genişbant	Uydu
	2G/3G/4G	
	Enerji Hattı İletişimi	
<i>Merkezi</i>	Kişisel Kablosuz Ağ Alanı (WPAN)	Wi-Fi
	Kablolu Şebekeler	Kişisel Kablosuz Ağ Alanı (WPAN)
	Bina İçi Enerji Kabloları	
	Wi-Fi	

Tablo 4.6 ise bir önceki tablonun tanımlaması içerisinde verilebilecek alternatif hizmetleri örnek olarak içermektedir (Ulaş 2015).

Tablo 4.6: Hizmetin türüne göre seçilebilecek şebeke yapıları

	<i>Sabit Tür</i>	<i>Mobil Tür</i>
<i>Dağınk</i>	Akıllı sayaçlar	E-sağlık
	Uzaktan izleme hizmetleri	Lojistik hizmetleri
		Araba otomasyonu
<i>Merkezi</i>		Taşınabilir elektronik cihazlar
	Akıllı evler	Yerinde lojistik hizmetleri
	Fabrika otomasyonu	
	E-sağlık	

4.5 Nesnelerin İnterneti Uygulamaları

Bugün internete 10-11 milyar cihazın bağlı olduğu tahmin edilmektedir. 2020 yılına gelindiğinde, bu rakamın 50 milyar seviyesine çıkacağı tahmin edilmekte, bazı diğer tahminler ise 100 milyar rakamlarını öngörmektedir (Kutup 2011).

Milyonlarca sensörün ve çeşitli cihazların oluşturduğu sürekli akış halindeki verilerden beslenen nesnelerin interneti; Sağlık, Ev Otomasyonu, Akıllı Çevre, Akıllı Su, Akıllı Tarım, Akıllı Hayvancılık, Akıllı Enerji, Akıllı Şehirler, Akıllı Ölçüm, Endüstriyel Kontrol, Güvenlik ve Acil Durumlar, Alışveriş, Lojistik gibi uygulamalarda kullanılır. Bu alanlarda daha kaliteli hizmet vermek, verimliliği ve üretkenliği arttırmak için sensörlerden ilgili veriler toplanır. Bu veriler büyük veriyi oluşturarak Bulut Bilişim sistemlerinde depolanır. Makine Öğrenimi yöntemleriyle analiz edilirler ve ilgili iyileştirmelerin yapılmasına katkı sağlarlar. Uygulama alanlarından bazıları aşağıda belirli maddelerle bahsedilmiştir.

Sağlık Alanındaki Çalışmalar: Nesnelerin interneti, sağlık durumuna bağlı olarak önlem alma, görüntüleme ve teşhis koyma aşamasında çeşitli çözümler sunuyor. Cihazlar, bireylerin kilo, gövde kitle, uyku düzeni ve günlük aktivite oranı gibi kendi sağlık durumlarını denetlemelerinde yardımcı olmaktadır.

Bebeklerin uyku düzenini, yemek saatlerini takip edebilen ürün Mimo Baby ve aynı şekilde Lively gibi yaşlıların günlük hareketlerini takip eden ürünler gibi. Vitality GlowCaps adlı bir ilaç şişesi, kullanıcıları ilaç alma zamanı geldiğinde uyarır. Kapağın açılıp kapanma hareketini algılayan şişe, ilaç alınana kadar her türlü hatırlatıcıya (sms, telefon çağrısı, sesli hatırlatma, ikaz ışığı) başvurmaktadır (Atakul 2015).



Şekil 4.6: Mimo baby ve vitality glowcaps (Atakul 2015).

Ev Otomasyonu Alanındaki Çalışmalar: Ev otomasyonu için kullanılan Nesnelerin İnterneti uygulamaları ağırlıklı olarak su ve enerji tüketimiyle ilgili çalışmalardır (Kim 2016). Bunun yanında uzaktan kontrol uygulamaları, özellikle müzeler için saldırı ve hırsız tespit sistemleri kurulmaktadır. Bu sistemler kurulurken birtakım riskleri de beraberinde getirir.

Ev otomasyonu sistemlerinin güvenliği ve kullanıcı gizliliği en önemli risk faktörleridir, yapılan bir çalışmada toplamda 32 risk faktörü belirlenmiş, bunlardan dördü ciddi riskler olarak tanımlanmıştır. Bu ciddi riskler yazılım bileşenlerine ve insan davranışlarını bağlı risklerdir: risk analizi, güvenlik, gizlilik, güvenlik ve gizlilik tasarımı. Bu risklerin ortadan kaldırılması için tasarım aşamasında güvenliğin ve gizliliğin entegre edilmesi gerekmektedir (Jacobsson ve diğ. 2015).

Ev otomasyonu sisteminde bulunan tüm nesnelere birbirleriyle kablosuz ağlar veya kablosuz sensör ağları yardımıyla haberleşmektedirler. Bu haberleşmelerin gerçekleşmesi için makine-makine (M2M) uygulama tabanlı bir akıllı ev ve güvenlik sistemi kurulabilir (Jiang ve diğ. 2012).

Çevre Alanındaki Çalışmalar: Sensörler aracılığı ile su kirliliği, hava kirliliği gibi çevre koşulları incelenerek ilgili merkezlere iletilebilir. Ayrıca deprem, sel vb. doğal afetlere karşı erken uyarılarda bulunabilir.

Air Quality Egg adlı cihaz yaşam alanlarındaki hava kalitesi ölçümlenebilmektedir. BigBelly adlı bir çöp konteyniri dolduğu görevlilere haber göndermekte ve kutularının hareketlilik seviyesini kontrol ederek gerçekleştirilmektedir (Atakul 2015).



Şekil 4.7: Air quality egg ve bigbelly (Atakul 2015).

Modern Tarımdaki Çalışmalar: Modern tarımda da Nesnelerin İnterneti platformunu kullanan uygulamalar mevcuttur. Bu uygulamalar, topraksız tarım, bitki sağlığının ve meyvelerdeki şeker oranının kontrolü için toprak neminin ve gövde çapının izlenmesi, seralardaki mikro-iklim koşullarının kontrolüyle meyve ve sebze kalitesini ve üretimini maksimize etmeye yönelik çalışmalar, besi yemlerinin üretiminde oluşabilecek mantar ve mikrobik maddeleri önlemek için yonca, ot ve samanlardaki nem ve sıcaklık seviyelerinin kontrolü, su kaynaklarının verimli kullanılması anlamında kuru bölgelerdeki seçici sulama faaliyetleri, özellikle don, kar, yağmur, kuraklık ve rüzgâr değişikliklerinin tahmin edilmesi ve hava koşullarının incelenmesi uygulamalarıdır. Yapılan bir çalışmada hassas tarım ürünlerinin gerçek zamanlı bilgileri kablosuz sensör ağları ile gerçek zamanlı olarak mobil telefonlardan izlenmiştir (Lihua ve diğ. 2010). Tarım uygulamalarından biri olan dikey çiftlikler de kentsel bölgelere göç nedeniyle tarımın geleceği olarak kabul edilir. Kablosuz sensör ağlarına bağlı yaygın bilişim tarımda da hızlı işlem ortamları için ortaya çıkmaktadır. Nesnelerin İnterneti arasındaki anlamsal birlikte çalışabilirlik olmadan dikey çiftlikler için sistemin kurulması karmaşıktır. Bu yüzden yapılan bir çalışmada dikey çiftlikler için yaygın sensör ağlarını kullanan bir ontoloji modeli önerilmiştir (Saraswathi ve diğ. 2013).

Waterbee adıyla geliştirilen akıllı sulama sistemi, sensörler yardımıyla su tüketimini azaltma ve toprağın durumu hakkında bilgi verme konusunda kolaylık sağlar. Sistem, topladığı veriyi analiz edip, sulama sisteminin kurulduğu alandaki toprağın ihtiyacına göre sulama işlemini gerçekleştirmektedir.



Şekil 4.8: Waterbee (Atakul 2015).

Modern Hayvancılıktaki Çalışmalar: Modern Hayvancılıkta özellikle büyük alanlarda GPS veya RFID ile hayvanların takibi, süt kalitesi ve verimliliğinin takibi, yavruların bakımında gerekli koşulların sağlanması ve havalandırma ve hava kalitesi çalışmalarındaki dışkılardan gelen zehirli gaz düzeylerinin incelenmesi için Nesnelerin İnternetinden faydalanılmaktadır.

Kore’de yapılan bir araştırmada domuz çiftliklerinde hayvanların ağırlığına göre yemleme yapılması Nesnelerin İnterneti sayesinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada ortamdaki karbondioksit ve nem seviyeleri, tüketilen su ve süt miktarı da incelenmiştir. Bunun neticesinde de doğum kazaları ve yavruların benimsenmesi çalışması deneysel olarak gözlemlenmiştir (Kang ve diğ. 2015). Birçok kuruluş tarafından hayvan sahiplenilmesine teşvik olmasına rağmen, başıboş hayvanların sahiplenme oranı Tayvan'da sadece %3,8'dir. Tayvan hükümeti ötenaziye her yıl daha da fazla para harcamaktadır. Bu nedenle sahiplenme artış oranının artması için hayvanların daha iyi bir çevrede ve sağlıklı yaşamaları için bir izleme algoritması önerilmiştir. Bu çalışma nesnelerin interneti ile gerçekleştirilmiştir. RFID, hayvanları tanımlamak için kullanılmıştır. Kablosuz algılayıcı ağları kurularak algoritma aracılığıyla veriler analiz edilmiştir (Huang ve diğ. 2015).

Enerji Yönetim Sistemleri Çalışmaları: Nesnelerin İnterneti sayesinde ev ortamında kullanılan cihazların faaliyetlerini belirlemek ve kullanılmayan bir cihazı kullanıcıya bildirmek veya otomatik olarak kapatmak mümkündür. Kurulan sistemle cihazların kullanım alışkanlıkları geliştirilerek elektrik tasarrufunda verimlilik artırılabilir (Cho ve diğ. 2013). Bina enerji yönetimiyle ilgili bir diğer çalışmada Zigbee kullanarak bir ağ oluşturulmuştur. Enerji yönetimi teknolojisi, performans izleme teknolojisi ve bilgi iletişim teknolojisi ile uygulamaları entegre etmek için, enerji sistemlerinin verimliliğini artırılabilir ve konut veya ticari binalarda enerji tüketimini azaltabilir olduğu görülmüştür (Li 2014). Ev otomasyonu ve bina enerji yönetim sistemleriyle ilgili detaylı bir çalışmada onların önemi ve sınırlamaları ile literatürdeki hesaplama yöntemleri anlatılmakta, enerji maliyetinin azaltılabilir bileşenleri ve onların özellikleri belirtilmekte, bir birleşik maliyet optimizasyonu çerçevesi önerilmekte ve akıllı şebekelerdeki genel yerleşim enerji maliyet optimizasyonu problemine bağlı zorluklar giderilmektedir (Alam ve diğ. 2016).

Ev ve ofis ortamında kullanabileceğiniz aydınlatma sistemleri (Philips Hue) gibi hali hazırda enerji tüketimini optimize eden cihazlardır.



Şekil 4.9: Philips hue (Atakul 2015).

Akıllı Şehirler ile İlgili Çalışmalar : Akıllı şehirlerdeki başlıca uygulamalar şöyle olabilir: şehirlerdeki boş park yerlerini saptayan akıllı park sistemleri, özellikle köprülerde ve tarihi yapılar ve binalardaki titreşim ve malzeme koşullarının takibi sistemleri, gerçek zamanlı olarak bar alanları ve şehir merkezleri gibi merkezi bölgelerde gürültü haritası çıkarılması, baz istasyonları ve Wifi yönlendiriciler tarafından yayılan elektromanyetik alan seviyelerinin ölçülmesi, iklim veya kazaya bağlı trafik sıkışıklığını algılayarak araç ve yayalara alternatif yollar sunan akıllı trafik uygulamaları, hava durumuna göre kendini uyarlayan akıllı sokak ve otoyol aydınlatmaları, çöp düzeylerinin saptanması ve çöp yollarının optimize edilmesini sağlayan atık yönetimi sistemleri.

Günümüzde akıllı şehirler oluşmaya başlamıştır. Bunlardan bazıları veri bağlantısı gerektiren her türlü bakım hizmetleri ve şehir yönetimi için belediye erişim ağları ile dağıtım fırsatı bulur. Pratikte nesnelerin internetinin veri erişim ağları, coğrafi bilgi sistemleri, birleştirici optimizasyon ve elektronik mühendisliğinin entegrasyonu ile şehirlerin yönetim sistemlerinin gelişimine nasıl katkıda bulunulabileceğini göstermektedir. Yapılan bir çalışmayla internet üzerinden çöp hacmi verilerini okuyarak, toplayarak ve sensörlerle donatılmış gömülü bir nesnelerin interneti prototipi kullanarak, çöp kutuları hakkında haberleşmeye dayalı bir atık toplama çözümü sunulmuştur. Üretilen veriler bir bağlam içine yerleştirilir ve grafik teorisi optimizasyon algoritmaları tarafından işlenen bu veriler dinamik ve verimli atıp toplama stratejilerini yönetmek için kullanılabilir. Ekonomik faktörler de dâhil olmak

üzere, geleneksel bir atık toplama yaklaşımlara kıyasla bu tür bir sistemin yararlarını araştırmak için deneyler gerçekleştirilmiştir. Kopenhag şehrinden açık kaynak verileri alınarak gerçekçi bir senaryo ile üçüncü kişilere akıllı kent çözümleri geliştirmek ve katkı sağlamak için bu tip girişimlerin yarattığı fırsatlar vurgulanmıştır (Gutierrez ve diğ. 2015).

Akıllı Ölçüm Sistemleri Çalışmaları: Akıllı ölçüm sistemleri genellikle endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılır. Akıllı ölçümleri oluşturan başlıca uygulamalar: su, petrol ve gaz seviyelerinin izlenmesini gerektiren tank seviye sistemleri, güneş enerjisi santrallerinin performans optimizasyonu ve takibinde kullanılan fotovoltaik sistemler, kullanılan su basıncı ölçümleri, malların veya hammaddenin boşluk seviyesini ve ağırlığını ölçen akıllı stok hesaplama uygulamalarıdır (Bozoklu 2016).

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti Çalışmaları: Nesnelerin interneti, büyük veri, makine-makine iletişimi, bulut bilişim ve birbirine bağlı sensörlerin oluşturduğu verilerin gerçek zamanlı analizinin birleşimidir (Chen ve diğ. 2014). Endüstriyel nesnelerin interneti uygulamalarından bir kaç tanesi şöyle sıralanabilir: özellikle kimyasal ürün üreten endüstriyel tesislerdeki işçilerin ve ürünlerin güvenliğini sağlamak için içerideki zehirli gaz ve oksijen seviyelerinin izlenmesini sağlayan iç hava kalitesi ölçüm ve iyileştirme sistemleri, endüstriyel veya tıbbi alanlardaki hassas ürünlere yönelik sıcaklık kontrolü, robotik uygulamalar, giyilebilir teknolojiler, gıda fabrikalarındaki et kurutma sürecinde ozon seviyelerinin izlenmesi, kapalı alan konum algılanması için kullanılan Zigbee gibi aktif, RFID, NFC etiketleri gibi pasif algılama sistemleri gibidir.

Bir kapalı çevrim kontrol sisteminde: Sistemin kendisi üzerinde olacak etkilerde, bulut kullanmanın yolları araştırılmıştır. Bu çalışma, kontrol sisteminde ve sonuçların değerlendirilmesinde bulutun sahip olduğu etkileri ve gecikmeleri değerlendirmek için bir prototip içerir (Didic ve Nikolaidis 2015). Gelişmiş üretimler bilgilerin zamanında elde edilmesine, dağıtılmasına ve makineden gelen bilginin kullanılmasına ve işlenmesine bağlıdır. Bu faaliyetler, kaynak ihtiyaçlarının ve tahsisinin, bakım planlamasının ve kalan ekipman ömrünün tahmin edilmesindeki doğruluğunu ve güvenilirliğini arttırabilir. Gelişmekte olan altyapı olarak bulut sistemleri gelişmiş üretim hedeflerine ulaşmak için yeni fırsatlar sunar.

Akıllı endüstri, Nesnelerin internetinin algılama yetenekleri ile çeşitli endüstriyel işlemleri otomatikleştirmek amacıyla sanayi altyapısını birleştirir. Akıllı endüstride nesnelerin interneti sistemi tarafından toplanan veriler manuel çalışan değerlendirme sistemini değiştirmek için de kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada akıllı endüstride çalışanların otomatik performans değerlendirmesi için bir model önermektedir. Bu model, çalışanların çeşitli endüstriyel faaliyetlerini belirlemek için akıllı sanayi sistemindeki gömülü sensörler tarafından toplanan veriler yardımıyla kullanır. Belirlenen faaliyetler daha sonra pozitif, negatif ve nötr faaliyetler olarak sınıflandırılır. Ek olarak, bir çalışan ve faaliyet eş konumlu ise işçinin o faaliyete katıldığı söylenebilir. Bu nedenle, bu model her çalışanın konum verilerini toplar ve konum verilerine dayanarak pozitif, negatif ve nötr faaliyetleri hesaplar. Dolayısıyla elde edilen bilgiler daha sonra oyun teorisi kullanılarak çalışanlar için bilişsel kararlar tanımlamak için kullanılır. Bu deneysel çalışma çalışan değerlendirme sistemi kılavuzuyla önerilen modeli karşılaştırır. Otomatik sistemin çalışanlardaki etkisi daha sonra hem deneysel hem de matematiksel olarak değerlendirilir. Sonuçlar model tarafından çalışanların doğru değerlendirilmesini ve çalışanların, endüstri lehine motive olduğunu göstermektedir. Böylece önerilen model, etkin ve verimli bilişsel çalışan değerlendirme sistemi ve akıllı endüstride karar verme sürecini otomatik hale getirir (Kaur ve Sood 2015).

Geri dönüşüm merkezlerinde hurda araçlar için pratik geri dönüşüm oranının tahminini kolaylaştırmada söküm işleminin takibi önemlidir. Hurda araçlar kentsel madencilikte değerli kaynaklardır ve yasalar gereği (G. Kore'de) %95 oranında geri dönüştürülebilir olmalıdır. Hurda aracı taşıyan akıllı arabaların her biri, ağırlığın belirlenmesi için yük hücresi, etiket tanımlama için RFID ve kablosuz iletişim için Zigbee ile donatılmıştır. Bu akıllı araçlara demonte için hurda araç yüklendiğinde taşıyıcı araç hurda araçla kayıtlarır. İş istasyonuna geldiğinde taşıyıcı istasyonun RFID okuyucu tarafından tanımlanır ve Zigbee cihaz üzerinden hurda aracın ağırlığını aktarır. Gerekli söküm talimatları araç parçası veri tabanına dayalı istasyonun bilgisayar monitörü üzerinden gösterilir. Geliştirilen sistem merkezi G. Kore'de olan bir geri dönüşüm merkezinde uygulanmıştır. Her iş istasyonundaki söküm işlemleri internet üzerinden gerçek zamanlı olarak görüntülenebilmektedir. Parçaların söküm sonuçları gelecekteki doğrulamalar için bilgisayar sunucusunda saklanır (Yi ve Park 2015).

Stok, Depo, Tedarik Zinciri Denetimi Üzerine Nesnelerin İnterneti Çalışmaları: Stok yenileme süreçlerini otomatikleştirmek için raflardaki ve depolardaki ürünlerin rotasyon kontrolünde akıllı ürün yönetimi sistemleri, ürün takibi amacıyla tedarik zinciri boyunca saklama koşullarının izlenmesini sağlayan tedarik zinciri denetimi uygulamalarıdır.

Nesnelerin interneti dağıtım sektörüne depoları olmayan merkezi yönetimler için ideal bir platform sağlar. Yapılan bir çalışma, RFID ile çevreyle iletişim ve çoklu acente sistemine dayalı işbirlikçi depo sipariş altyapısı önerilmektedir. Bu da fiziksel bir aygıtlar katmanından, ortam platformundan, çoklu bir acente sisteminden ve kurumsal bir kaynak planlamasından oluşmaktadır. Rekabet ve iş birliğine dayalı acenteler arasında organizasyon ve müzakere protokolleri gibi karar destek mekanizmaları ile bütünleşmektedir. Bu yaklaşım dinamik bir ortamda depo merkezi olmayan yönetimin tepki yeteneklerini geliştirmek için seçilmiştir. Önerilen altyapı uygulamasını göstermek amacıyla bir ortak depo örneği oluşturulmuştur (Reaid ve diğ. 2014).

Lojistik ve Taşıt Takip Sistemleri ile İlgili Çalışmalar: Lojistikte ve araçlarda kullanılan başlıca Nesnelerin İnterneti uygulamaları: araç takip sistemleri, titreşim, darbe, konteynırların açıklıkları ve soğuk hava depolarının sigorta amaçlı izlenmesiyle sevk koşullarının kalitesinin sağlanması, depolar veya limanlar gibi büyük alanlardaki malların konumunun belirlenmesi, patlayıcı içeren kaplardaki maddelere yakın depolanan yanıcı mallarda depolama uyumsuzluklarını algılama, tıbbi ilaçlar, mücevher ya da tehlikeli ticari mallar gibi hassas mallar için yolların kontrolünde filo takip sistemleridir. Tasarlanmış taşıt sistemi araç takip sistemlerinde sıkça kullanılan teknolojilerden biri olan GSM/GPRS teknolojisini ve GPS teknolojisini kullanmaktadır. Taşıtın içine yerleştirilen gömülü sistemle aracın pozisyonu belirlenir ve gerçek zamanlı olarak izlenebilir.

Bulut sistemlerin ve Nesnelerin İnternetinin gelişimiyle birlikte ilgili bilgilere ve olaylara konu, transfer, depolanma, işlenme ve paylaşım da eklenmiştir. Ayrıca, tedarik zincirinde daha iyi bir iş birliği ve birlikte çalışabilirlik gelişimi için lojistik akışları ile ilgili her olay bildirilmektedir. Bu konuları gidermek amacıyla, yapılan bir çalışmada, nesnelerin interneti, bulut sistemleri, GPS ve RFID ile ilgili ileri

teknolojilere dayalı işbirlikçi bir platform mimarisi önerilmiştir (Gnimpieba ve diğ. 2015).

Günümüzde kara taşıtları büyük miktarda parametre toplanmasını sağlayan birçok gelişmiş algılayıcı içermektedir. Uygun bir iletişim mekanizması ile araçlar yol güvenliği, araç bakımı, kentsel hareketlilik, trafik sıkışıklığı, filo yönetimi, karbondioksit emisyonu gibi çok kullanışlı ve yetenekli akıllı nesnelere dönüştürülebilir.

4.6 Nesnelerin İnternetinin Tedarik Zincirlerine Faydaları

Nesnelerin internetinin tedarik zincirleri ile ilgili önemli bazı faydaları şu şekilde sıralanabilir:

Daha iyi depo yönetimi: Nesnelerin interneti sayesinde depo gerçek zamanda gözlemlenebilir. Gereğinden fazla üretim ve depolama önlenerek hem depolanan ürün adedi hem de maliyetler düşürülebilir. Ayrıca dönüş süresi kısaltılabilir, gereksiz elleçleme, kayıp ve çalınma önlenir.

Gerçek zamanda tedarik zinciri yönetimi: Nesnelerin interneti, her türlü bilginin (örnek: üretim tarihi, son kullanma tarihi, garanti süresi, satış sonrası detayları) nesnelere saklanması ve gerçek zamanda tedarik zinciri paydaşlarınca paylaşılmasını mümkün kılarak bilginin bozulmasını önler.

Artan lojistik şeffaflık: Zincir paydaşları taşıyan akıllı nesnelere, tedarik zinciri boyunca nakliye hakkında tüm bilgileri (örnek: güzergâh, nakliye koşulları, nakledilen yükün durumu) gerçek zamanda öğrenebilir. Nesnelerin interneti sayesinde nakliye sırasında oluşmuş zararların öğrenilmesi ile geri dönüş maliyetleri, hasarlı ürünü değiştirme ve tekrar gönderme maliyetleri azaltılabilir. Müşterinin nakledilen ürün hakkında gerçek zamanda bilgilendirilmesi, eline hasarlı ürünün ulaşımın önlenmesi müşteri memnuniyeti için önemli hususlardır.

İş süreci optimizasyonu: İş süreçleri çerçevesinde kullanılan akıllı nesnelere olası problemlerin tespitini hızlandırır, kolaylaştırır ve olası bir süreç optimizasyonu tespitini destekler.

Kaynak tasarrufu: Akıllı ölçeklerden gelen otomatik geri bildirimler temelinde kısıtlı kaynakların (su, elektrik) tüketimi hususunda kullanıcıların daha dikkatli olması temin edilebilir.

Karbon ayak izi kaydı: Nesnelerin interneti, bir ürünün her akıllı bileşeninin kendi karbon ayak izini kaydetmesini sağlar. Böylece çevresel düzenlemelere uyumu sağlayan karbon kredi ticari tarihi kaydını mümkün kılar. Bu, yeşil bir tedarik zinciri oluşturmak adına önemlidir (Meydanoğlu 2013).

4.7 Nesnelerin İnternetinin Dezavantajları

Bu sistemin bize sunduğu fırsatların yanında zorlukları da bulunmaktadır. Bu teknolojinin benimsenmesi sonucu yavaş yavaş ortadan kalkacağı inanılan dezavantajlar;

Karmaşıklık: Milyarlarca nesnenin bu sisteme bağlanmasıyla ortaya çıkacak veri miktarı inanılmaz derecede artacak ve bu büyük verilerin çözümlenerek işlenmesi zor ve karmaşık bir iş haline gelecektir.

Uygunluk: Nesnelerin İnterneti için bir diğer endişe ise uygunluk sorunudur. Şu anda nesnelerin interneti, fikir ve gelişimin başlangıç aşamasında olduğundan etiketleme, ekipmanların izlenmesi, veri tanımlama, yakalama ve değişimini sağlamak, özel yazılımlar, uçtan uca güvenlik ve bireysel yönetim vb. için henüz hiçbir uygunluk standardı bulunmamaktadır (He ve diğ. 2010).

Gizlilik ve güvenlik: Sistemin büyük bir ağ üzerine kurulması siber güvenlik riskini beraberinde getirmektedir. Bu durum nesnelerin internetinin kullanılmasını ve yaygınlaşmasını engelleyecek en önemli sorundur. Bu yüzden müşterilerin gizlilik ve güvenliğini sağlamak üzere teknik açıdan mantıklı çözümler bulunmalıdır.

Gizlilik, güvenilirlik, protokol gibi sorunların giderilmesi için birçok çalışma mevcuttur. Yakın gelecekte nesnelerin interneti, evler ve kentsel alanlar da dahil olmak üzere fiziksel dünyanın tüm yönlerine nüfuz etmesi bekleniyor. Büyük miktarlardaki verilerle başa çıkmak amacıyla önerilen en ikna edici çözüm nesnelerin interneti ve bulut bilgisayar federasyonudur. Oysa bu gelecek vadeden vizyonun genelinde

özellikle sağlık, yaşam ve akıllı şehirler gibi uygulama alanları için bireysel kullanıcıların gizlilik endişeleri nedeniyle engellenmektedir. Bu nedenle kullanıcının kabulü bu vizyonun gerçeğe dönüşmesi için kritik bir faktördür. Yapılan bir çalışmada bu kritik faktörü adreslemek ve böylece farklı uygulama alanlarında bulut tabanlı nesnelerin internetini gerçekleştirmek için, bu öngörülen ortamda gizlilik kapsamlı bir yaklaşım sunulmuştur. Buluta hassas veriyi yüklemeyen önce kullanıcıya onun tüm gizlilik şartlarını kabul etmesi gerekmektedir. Bulut hizmetlerinin geliştirilmesi sürecinde zaten gizlilik işlevselliğinin entegre edilmesini bulut hizmetlerinin geliştiricileri sağlar ve gizlilik gereksinimlerini yapılandırmak için kullanıcılara şeffaf ve uyarlanabilir bir ara yüz sunulmuştur (Henze ve diğ. 2015).

Nesnelerin internetinde güvenli veri iletiminin nasıl sağlanacağı önemli bir problemdir. Bulanık kimlik tabanlı şifreleme bu sorunu çözmek için iyi bir aday olması düşünülmektedir. Bununla birlikte, var olan FIBE şemaları, aşağıdaki dezavantajlara sahiptir: rastsal kâhin modeli, seçici-ID modeli, uzun paylaşımına açık parametreler ve gevşek güvenlik kontrolleri. Yapılan bir çalışmada yeni bir FIBE şeması sunulmuştur. Bu şemada rastsal kâhinler olmadan tam modelde güvenli ve aynı zamanda sıkı bir güvenlik kontrolü ve kısa paylaşımına açık parametreler vardır. Bu şemanın nesnelerin internetinde güvenli veri aktarımı için oldukça uygun olduğu anlamına geleceği düşünülmektedir (Mao ve diğ. 2015).

Nesnelerin İnterneti bireysel gizliliği korumak için benzersiz zorluklara sahiptir. Yapılan bir çalışmada artan uygun düzenleyici ihtiyacının yanı sıra Nesnelerin İnternetinin teknik eylemi amacıyla nesneler tarafından otomatik gözetim ve sık sık maruz kaldıkları potansiyel gizlilik riskinden habersiz kişilerin veri hakları kalitesi arasındaki uçurum vurgulamaktadır. Sonuç olarak, gizliliğinin korunması için yeni yasal yaklaşımlar geliştirilmesi gerekmektedir (Weber 2015). Nesnelerin İnterneti toplanması ve bireylerin kişisel verilerin kullanımı açısından bireysel gizliliğe adeta meydan okur. Yapılan bir çalışmada Avustralya Gizlilik İlkelerinin veri toplama ile ilgili bireysel gizliliğini ne ölçüde koruduğunu değerlendirilmiştir. Bir sistematik literatür taramasıyla Nesnelerin İnterneti yoluyla bireylerin verilerin toplanmasıyla ilgili konuları temsil eden dört anahtar konu belirlenmiştir: Yetkisiz gözetim, kontrolsüz veri üretme ve kullanma, yetersiz kimlik ve bilgi güvenliği riskleri. Bu dört anahtar konu, Avustralya Gizlilik İlkelerinin (APPs) bireysel verilerin korumasını

analiz etmek için kullanılır. Bulgular; APPs'nin nesnelerin interneti aracılığıyla toplanan verilerin bireysel gizliliği koruyamadığı, gelecek gizlilik mevzuatının bireysel gizlilik ile ilgili veri toplama ve nesnelerin interneti hizmetlerinin erişemeyeceği gizlilikte olması gerekmektedir (Caron ve diğ. 2016).

Nesnelerin İnterneti ağı ile milyarlarca nesne yakın geleceğimizde birçok alanda kullanılmaya başlanacaktır. İnternete bağlanabilme, kendini yapılandırabilme ve kaynak kısıtlamaları bu ağlara yapılacak olan saldırılara karşı hedef haline getirmektedir. Özellikle servis engelleme saldırılarının nesnelerin interneti ağlarını hedef alacağı öngörülmektedir. Yapılan bir çalışmada bu saldırıların farklı açılardan sınıflandırılması hedeflenmektedir. Bunun yanında bu saldırıları fark etmeye çalışan sistemler ve teknikler de analiz edilmiştir (Arış ve diğ. 2015).

Nesnelerin İnterneti teknolojisi kavramı bilgi servisi, iletim, kimlik, donanım, altyapı, gömülü sistemler, güvenlik, malzeme ve ağ teknolojileri gibi konuları kapsadığı için özellikle güvenlik teknolojisinin önemi nedeniyle sistem arızası, uzaktan kumanda ve yönetici kılığında yetkilendirme gibi hack saldırılarına ilişkin kaygılar vurgulanır. Bu durumda, ortak bir kimlik doğrulama ve güvenlik, iletişimin kapsamlı bir unsuru olarak kabul edilmektedir. Aynı şekilde, güvenli iletişim protokolleri, güvenlik alanında yoğun bir şekilde araştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada, zaman damgaları, ajanda şifreleri ve güvenlik tuşlarını kullanarak güvenli bir ağ iletişim protokolü tasarlanmaktadır. Bir dizi davetsiz misafir saldırılarına karşı önerilen protokol güvenliği oluşturulmuştur. Test sonuçları güvenlik, açısından önerilen protokol güvenliğini doğrulamaktadır (Han ve Ba 2015).

5. GIDA TEDARİK ZİNCİRİNDE RFID VE IOT

Gıda sektöründe Endüstri 4.0 uygulamalarını, işletmelerin üretim tesislerine ve tedarik zincirlerine entegre etmesi pazarlara daha hızlı ve kaliteli ürün çıkarmasına olanak sağlamaktadır. Bu bölümde Endüstri 4.0 bileşenleri olan RFID ve “Nesnelerin İnternetinin”, gıda tedarik zincirlerindeki önemi, izlenebilirliği, etkileri, uygulama alanları ve geleceği incelenecektir.

5.1 Gıda Tedarik Zincirinin Önemi

Tüketicilerin istekleri ve oluşan hayat şartları gıda sektöründe birçok zorunluluğu beraberinde getirmiştir. Tüketicilerin beklentileri doğrultusunda yol alan firmalar için sağlıklı ve dayanıklı gıdalar üretip bu gıdaların ürün özellikleri bozulmadan ambalajlama, depolama ve dağıtım süreçlerini tamamlamaları önem kazanmıştır. Gıda firmalarının en önemli görevlerinden biri gıda tedarik zincirinin sürekliliğini sağlamaktır. Her tedarik zincirinin kendine özel pazar talepleri ve farklı üretim süreçleri vardır. Bu üretim süreçlerinde hammaddelerin ve ürünlerin hassasiyeti bu alandaki tedarik zinciri yapısının her aşamasında meydana gelebilecek problemleri de beraberinde getirir (Erdem 2013).

Tedarik zincircilerinde gıda alanı incelendiğinde gıdanın kalitesini korumak en zorlu konularından biridir. Tedarik zinciri performansının değeri depolama ve taşıma sırasında oluşabilecek çevresel etmenlere rağmen gıdanın kalitesinin değişime uğramadan yüksek tutulması gerekmektedir (Rong ve diğ. 2011). Tedarik zinciri yapısı gıda sektöründe firmaların gıda güvenliği açısından yasalara uymasına ve dağıtımına göre farklı şekillenmiştir. Örneğin soğuk tedarik zincirlerinde gıdaların daha çabuk bozulabilir olması nedeniyle üretim öncesi ve sonrası tüm aşamalarda soğuk zincir hattı bozulmamalıdır (Erdem 2013).

Üretim sürecinde ve taşıma sırasında bakteri, ışık, nem ve hava gibi faktörlerin etkisi altında kaldıklarında et, süt ve sebze ürünleri kolaylıkla bozulabilirler. Bu sebeple bu tür ürünlerin üretim tesislerine ya da tüketiciye ulaştırılması diğer normal ürünlerin ağılarından farklı yapıdadır (Demirool 2010). Ürünlerin fiziksel ve kimyasal yapılarının bozulmaması için bulunması gereken bir sıcaklık değeri vardır. Bu sıcaklık

değerinin değişimi olursa ürünlerde mikroorganizmalar üreyebilir. Bu sebeple soğuk zincirin üretimden tüketime tüm süreçte sağlanması gerekmektedir. Böylelikle üreticiler kaliteli ürünlerin sevkiyatını sağlarken tedarik zinciri boyunca oluşabilecek zararları ve maliyetleri düşük seviyelere indirebilirler. Aynı zamanda hızlı, verimli ve karlı bir şekilde yönetilen tedarik zincirleri sayesinde maliyetler düşecektir bu da firmanın rekabet gücünü artırarak pazardaki payının genişlemesine fayda sağlayacaktır.

Bir ürünün kalitesi, tek bir üretici fabrikasının sorumluluğunda olmayıp tüketiciye ulaşana kadar olan tüm süreçlere bağlıdır. Bu aşamada ürünün kalitesi yalnızca üretimin kalitesiyle sınırlı kalmayıp içinde bulunduğu tedarik zincirinden etkilenmektedir.

Önceliği kar elde etmek olan işletmelerin kar için maliyetleri düşürmesi gerekirken gıda kalitesini de düşünmesi gerekmektedir. Hammadde ve ürün lojistiği sırasında maliyetler azaltılmaya çalışılırken aynı zamanda kalite düzeyinin de garantilenmesi gerekmektedir (Dabbene ve diğ. 2008). Teknolojik gelişmeler neticesinde gıda sektörü için de beklentiler artmış ve tüketicilerin eskiye göre daha bilgili olması sebebiyle gıda üretimi yapan şirketlere günümüzde daha çok görev ve sorumluluk düşmeye başlamıştır (Nayır ve Demiralay 2007). Bu amaçla üreticiler, tedarikçilerini belli kriterlere göre değerlendirmelidirler. Gıda sektöründe değerlendirmeye alınması gereken tedarikçi grubu olarak hammadde tedarikçileri, lojistik işletmeleri, depolama alanları, gıda sektörüne yönelik temizlik üreticileri, ambalaj üreticileri ve gıda makineleri üreticileri gösterilebilir (Uzeken 2008).

Avrupa da yapılan tedarik zinciri yönetiminin önemini anlatan çalışmanın sonuçları göstermektedir ki işletmelerin maliyetlerinde nakliyeye bağlı masrafların %40, depolamanın %26, stokların %18 ve idari masrafların %16 payı vardır. Yine bu çalışmada gıda sektöründe uygulanan tedarik zinciri sayesinde maliyetlerde %10 düşüş sağlanarak 30 milyar dolar daha fazla gelir elde edilebilmektedir (Güleş ve diğ. 2009).

Yapılan başka bir çalışmada ise ülkemizin yıllık 36 milyon tonluk sebze ve meyve üretiminde hasat öncesi ve sonrası evrelerde ciddi kayıplar söz konusu olduğu

belirtilmiştir (Tablo 5.7). Her %1'lik kaybın 100 milyon \$ gibi çok büyük bir değere eşdeğer olduğu bildirilmiştir (Kuruç 2002, Yılmaz 2010).

Tablo 5.7: Ürün evrelerinde oluşan kayıp

Dönem	Kayıp oranı (%)
Toplama sırasında	2-4
Pazara hazırlıkta	5 – 15
Depolamada	3 – 10
Taşımada	2 – 8
Tüketici evresinde	1 – 5

Rakamlardan anlaşılacağı gibi özellikle pazara hazırlık, depolama, taşıma evrelerinde yüzdelik dilimin büyüklüğü göze çarpmaktadır. Bu rakamlardan her %1'lik kaybın 100 milyon \$ gibi bir değere eşdeğer olduğu düşünülürse depolamada yaklaşık 300 milyon \$, taşımada ise 200 milyon \$ gibi bir kayıp ortaya çıkmaktadır. Bu rakamlar gıda konusunda tedarik zinciri performans değerinin depolama ve taşıma sırasında ne kadar önemli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

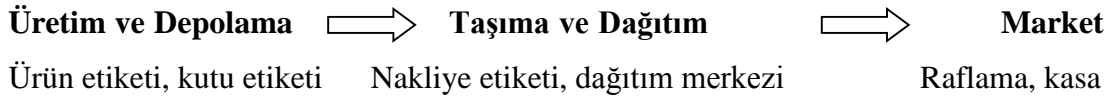
5.2 Gıda Tedarik Zincirinde İzlenebilirlik

Gıda kaynaklı sorunlarla birlikte gündemde olan ve teknoloji ile hızla gelişen izlenebilirlik kavramı, gıda güvenliğinin bir çözümü konumundadır.

Gıda güvenliği her türlü ham gıda maddelerinin yetiştirilmesi, üretimi, bakımı, hasadı ve depolaması da dahil olmak üzere işleme, paketlenme, sınıflama, taşıma, hazırlama, dağıtım, satış aşamalarından oluşan tedarik zinciri boyunca insan sağlığına zararlı olabilecek biyolojik, kimyasal zararlıların bulaşmasından ve karışmasından korunması için tasarlanan işlemler ve uygulamalardan oluşan bir eylemler bütünüdür (Cebeci 2006).

Gıda sektöründe izlenebilirlik, gıdanın ham maddesi, gıdanın elde edildiği hayvan, hayvana verilen yem veya gıdaya karıştırılması planlanan maddenin üretim, işleme, depolama, dağıtım ve satış gibi bütün aşamalarının takip edilmesidir.

Şekil 5.10'da gıda izlenebilirliği modeli kısaca gösterilmektedir. İzlenebilirlik, üretim ve depolama aşamasında ürün etiketinin takibinden başlayarak tüketiciye ulaşacak olan market raflarında son bulmasıdır (Turi ve diğ. 2014).



Şekil 5.10: Gıda izlenebilirliği

İzlenebilirliğin amacı, ileri ve geriye dönük olarak ürünün tarladan sofradaki çatala kadar tüm tedarik zincirindeki hikâyesine ulaşılabilir olmasıdır (Opara 2013). Farklı ürünlere ait bölge bilgisini ve ürün hikâyesini elde edebilmektir (Dabbene ve Gay 2011). Bu amaçların yanı sıra alt amaçlar ise; gıda güvenliğini artırmak, geri çağırma prosedürünü kolaylaştırmak, ürünün tüketiminden kaynaklanan halk sağlığı risklerini kontrol etmek şeklinde sıralanabilmektedir (Raspor 2005). Bu yüzden gıda izleme sistemleri hem tüketiciden hem de üreticiden etkilenmektedir.

Bir gıda tedarik zincirinde izlenebilirlik farklı kategoriler ve amaçlarla da gerçekleştirilebilir. Bunların bazıları ürün izlenebilirliği, süreç izlenebilirliği, girdi izlenebilirliğidir.

Ürün izlenebilirliği: Ürünün tedarik zincirindeki fiziksel konumunu saptama işlemidir.

Süreç izlenebilirliği: Ürünün, üretim, depolama, işleme aşamalarında geçirmiş olduğu işlemlerin tipi ve bu işlemlerin zamanını belirleme amacıdır.

Girdi izlenebilirliği: Üretimde kullanılan tohum, hayvan yemi, katkı maddeleri gibi girdileri saptama işlemidir.

Gıda tedarik zincirinde izlenebilirlik sistemlerinin farklı paydaşlara, farklı boyutlarda fayda sağladığı bilinmektedir. Tüketiciler, tedarikçiler ya da üreticiler

fayda sağlayan paydaşları oluşturmaktadır. İzlenebilirlik tedarik zincirindeki bu paydaşlara yönetim, ekonomik ve kalite kontrolü avantajları sağlamaktadır.

İzlenebilirliğin tedarik zincirine en büyük katkısı, gıda ürününün gıda zinciri boyunca nerede olduğu ve ne yöne doğru yol aldığı bilgisini sağlayarak, kalite sorunları ve problem olmadan haber almak için erken uyarı sistemi ve bunlara ek gerek duyulduğunda ürün geri çağırmaı gerçekteştirmesidir (Van-Dervorst 2006).

Yapılan bir çalışmada tedarik zincirinde izlenebilirlik sisteminden beklenen faydalar, üretim süreçlerinde etkin, hammaddeyi kullanmada etkili, yüksek stok seviyesini düşürme ve üretim planlamaları optimize etme, izlenebilirlik verisinin sürekli kılma, geri çağırma yönetimi sağlama şeklinde sıralanmaktadır (Wang 2006).

İzlenebilirlik sistemleri, son yıllarda gıda sağlığı ve kalitesinin sağlanmasında tedarik zincirindeki kişiler için önemli bir noktada yer almaktadır. Herhangi bir gıda güvenliği sorununda, izlenebilirlik çözümlerinin gerçekte zamanlı bilgi toplamayı dolayısıyla problemin kaynağı ve sebebini mümkün olduğunca en hızlı biçimde saptamayabilmesi ve böylece tedarik zincirinde gıda güvenliğinin sürdürülebilirliğini gerçekteştirmesi gerekir (Thomson ve diğ. 2004). Bu ise geleneksel izlenebilirlik yöntemlerinden bazısı olan standart ve sertifikalar vasıtasıyla gıda tedarik zincirinin yönetimi olup çok fazla insan gücü ve kâğıt dokümantasyonu gerekirken gıda lojistiği izlenebilirliği konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu geleneksel sistemlerinin geliştirilmesi akıllı ambalajlama, gıda izlemede kullanılan sensörler, gıda üretim ve dağıtım zinciri boyunca anında otomatik olarak tanımlama takip vb. sağlayan RFID teknolojisi ve eşzamanlı makineler arası haberleşebilen, stok düzeylerindeki hareketleri, işlemlerin gerçekte zamanlı optimizasyonunu sağlayabilen nesnelere interneti (IoT) teknolojisi ile mümkün kılınmaktadır. Etkin gıda izlenebilirliği bu sistemler ile tedarik zincirinin her basamağında bulunan kişilerin bilgileri gerçekte zamanlı görmesi, kayıt edebilmesi ve sistemin sürekli optimize edilmesi ile mümkündür.

5.3 Gıda Tedarik Zincirinde RFID ve Nesnelerin İnternetinin Önemi

Gıda endüstrisinde ürünlerin üretildikleri yerlerden daha farklı bölgelerde ve üretildikleri zamandan farklı zamanlarda tüketilmesi gerçeği, ürünün her türlü aşamasının daha kontrollü takip edilmesini gerektirmektedir. Bu aşamaların takibi gıda tedarik zincirinde belirli sistemler ile mümkün kılınmaktadır. Bu sistemlerin temel amacı tedarik zinciri yönetimi sağlamak olurken ayrıca gıda izlenebilirliği, geri çağırma ve gıda güvenliğinin artırılmasıdır. Hedeflenen başarılı gıda tedarik zinciri geleneksel sistemler yerine tüm zincir boyunca herhangi bir aksaklık olmadan çalışmayı garanti altına alan elektronik tabanlı bilgi sistemleri ve teknolojilerinin kullanılması ile sağlanabilir. Bunlardan en güncel ve bilinenleri RFID ve nesnelerin interneti teknolojileridir.

Son yıllarda “Radyo Frekanslı Tanımlama Teknolojisi (RFID)” gıda tedarik zincirinde gıda sağlığının ve güvenliğinin sağlanmasında kullanılan bir sistemdir. RFID teknolojisi gıda tedarik zincirinde verimlilik, doğruluk, görünürlük ve güvenlik sağlamakla beraber zincirin herhangi bir aşamasında üretici, tedarikçi, dağıtıcı ve perakendeciler tarafından paylaşılabilen gerçek zamanlı bilgi (stok, lojistik, teslimat) sağlamaktadır. RFID etiketler kablosuz sensörler sayesinde nem ve sıcaklık gibi çevresel etmenlerin değişiklikleri kullanıcıya sunar. RFID etiketler insan müdahalesi olmadan ürünlerin tanımlanmasına olanak sağlarlar (Esmer ve Melikoğlu 2015).

Gıda sektörü için hammaddeden ürün oluşumuna kadar ki süreç kompleks bir süreç olup bu sürecin kesintiye uğramadan, ürün ve kalite kayıpları yaşanmadan, zamanında oluşturulması ve gıdanın sevkiyata hazır hale gelmesi büyük önem taşır. RFID teknolojisi uygulamalarda hammadde ve yarı mamul kontrolünden, üretim hattının otomasyonuna kadar ürünün üretim prosesi boyunca zaman kaybı olmadan doğru bir şekilde kontrol ve takip edilmesine olanak sağlamaktadır (Yüksel 2009).

RFID çabuk bozulan gıdaların özellikle süt, balık, et, meyve sebze gibi üretim, lojistik ve depolama sırasında sıcaklık olmak üzere izlenebilirliğini sağlayan ve gıda sağlığı ve güvenliğinin korunmasında insan gücüne gereksinim duymadan bilgisayar üzerinden verilere kolaylıkla ulaşmayı sağlayan bir uygulamadır (Chen ve diğ. 2008, Hong 2011).

Gıda endüstrisinde RFID uygulanan sistemlerde, RFID içeren akıllı etiketler depolara gelen paletlerin üzerinde bulunmaktadır. Depo giriş ve çıkışlarına entegre edilecek olan RFID antenler sayesinde depoda bulunan paletlerin okunmasıyla birlikte tüm bilgiler, kullanılan sisteme otomatik aktarılmaktadır. Bu sistem ile ürünlerin doğru raflarda ve yeterli miktarlarda bulunması sağlandığı gibi, sevkiyat ve yerleştirme işlemleri de istenildiği gibi zamanında gerçekleştirilebilmektedir. RFID sistemleri ile bu faydalara ek maliyetlerden, iş gücünden ve zamandan tasarruf sağlanabilmektedir. (Han 2007).

RFID etiketleri dayanıklı olmalarının yanı sıra soğuk koşullarda da kullanılabilir. RFID etiketlerinin dayanıklı olması özellikle soğuk tedarik zincirlerinde başarılı bir uygulama tipidir. Örneğin Avusturya firması tarafından üretilen RFID tabanlı sıcaklık kaydedici i-Q32T etiket; -40 ile +85°C arasında 0.25°C doğrulukta okuma yapabilen gıdanın iç ve dış sıcaklığını izleyebilecek özellikte bir etikettir (Roberts 2006).

RFID teknolojisi hızlı, verimli ve güvenilir bir sistemdir. Gıda sağlığının ve güvenliğinin korunması, RFID gibi kopyalanması ve bilgilerin uzak bölgelerden alınması zor olan bir sistemde tedarik zincirinde tüm paydaşlar tarafından tercih edilir. RFID teknolojisi nakliye sırasında gıda sağlığının izlenmesi gerektirdiği sıcaklık, nem, hava bileşimi, hava hareketi ve hava basıncı gibi çevresel etmenlerin ürünler üzerindeki etkilerinin gözlenmesini mümkün kılan ileri düzey bir teknolojidir.

RFID pasif etiketlerin fiyatının sipariş edilen miktara bağlı olarak 50 cent ile 1 \$ arasında olduğu, aktif etiketlerde fiyatın 75 \$'a kadar çıktığı belirtilmektedir (Yam 2000). RFID yazılım ve hizmetleri de etiketlere oranla pahalı olan önemli bir diğer bileşendir (Yam ve diğ. 2005). Ancak RFID teknolojisinin kullanılmaya başlanması ile depolama maliyetlerinin %10, personel maliyetlerinin %5 oranında düşeceği ifade edilmektedir (Ustundag 2005).

Günümüz teknolojileri arasında şimdiden bir devrim olarak görülen Nesnelerin İnterneti (IoT) ise gıda tedarik zincirinin her alanında ne zaman ne yapılması gerektiğini belirleyen, gerçek zamanlı veriler toplayıp depolayabilen ve bunları uygulanabilir bilgiye dönüştürebilen sistem olarak kullanılabilir. Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi gıda sektöründe katkıda bulunabilecek bir devrimdir. Gıda

sektöründe hammadde, yarı mamul ve ürünün oluşumu oldukça zor bir süreç olup bu sürecin hızlı, zamanında, güvenli ve sağlıklı tamamlanması tedarik zincirinin hedefidir.

Gıda tedarik zincirinde kadar tüm iş faaliyetleri nesnelerin interneti sayesinde tarladan sofraya kadar izlenebilmektedir. Nesnelerin interneti çözümleri sensörlerle, kablosuz teknolojilerle, uygulama ortamından toplanan verilerin bulut sunucularına iletilmesi, gerçek zamanlı olarak üretilen verileri analiz etmemizi sağlar. Bu veriler toprak sıcaklığı, hava sıcaklığı, toprak nemi, basınç gibi faktörlerin yanı sıra konum belirleme, ürün aşama bilgisi ve kalite izlenebilirliği olabilir. Nesnelerin interneti (IoT) ile gıda tedarik zincirinin sürekli olarak izlenebilirliği daha iyi bakım olanakları, daha yüksek ürün kalitesi ve daha az zaman kaybı anlamına gelir.

Nesnelerin interneti sistemi gıda tedarik zincirin aşamalarında hammadde üretimi, mamul üretimi, ürün dağıtımı ve tüketici ayağı kısımlarına uygulanabilir.

Hammadde üretiminde nesnelerin interneti ile tarım arazisinin hangi noktasında ne zaman ne yapılması gerektiğini belirleyen, gerçek zamanlı veriler toplayan ve bunları uygulanabilir bilgiye dönüştüren sistem uygulamaları yapılabilir. Çeşitli sensör verilerini toplamak ve bunları analitik sistemlerle entegre etmek için Nesnelerin İnterneti (IoT) platformlarından faydalanarak endüstriler ürünlerini daha verimli, daha az kayıplı ve sürdürülebilir hayata geçirebilir. Gıda ürünlerinin ekimi, büyümesi, hasat edilmesi ve taşınması optimize edilebilir. Hava tahmini sistemlerinin ürün ekim ve hasat sistemine entegrasyonu ile kararların önceden verilebilmesi olanak sağlayabilir (İnternet1 2016).

Nesnelerin interneti sistemi tedarik zincirinin iyileştirilmesinde lojistik alanında iyileştirmeye de yardımcı olabilir. Üretilen ürünün hangi yollar ve mekanizmalar vasıtasıyla, hangi bölgelere gönderilmesi gerektiği gibi karmaşık dağıtım ağlarında karar vermede nesnelerin interneti teknolojilerinden faydalanılabilir. Dağıtım sırasında çok fazla gıda atığı meydana geldiği için ürünlerin doğru sıcaklıkta taşınması ve gerekenden daha fazla elde tutulmaması da oldukça önemlidir. Gıda tedarik zinciri sisteminin iyi işlemiyor ise kirlenme veya mikrop bulaşması neticesinde geri çağrılmaları gibi durumlarda da ciddi oranda gıda kaybı durumu ortaya çıkabilir bu da tedarik zincircilerine maliyetlerin yükselmesi anlamına gelir. Nesnelerin

interneti sistemi uçtan-uca izlenebilirliğin olması, bir ürünün geri çağırılması durumunda hangi noktada kirlenme veya bulaşmanın yaşandığının tespiti açısından oldukça önemlidir. Bu sistem sayesinde gıda tedarik zincirinin maliyetleri azalarak verimlilikleri yükselecektir (İnternet1 2016).

Nesnelerin interneti sistemi gıda tedarik zincirinin tüketici ve perakende ayağında gıdaların raf ömrü konusunda da bizlere birçok katkıda bulunabilir. Raf ömrü gıda üreticisi için çok ciddi sorunlar teşkil etmektedir. Talebi aşan miktarda üretim gerçekleştirilmemesi de gıda üreticisi için önemli bir husustur. Nesnelerin interneti getirdiği elektronik izlenebilirlik ile bu gibi sorunlar çözüme kavuşabilmesi planlanmaktadır. Bu çözüm üreticilere market raflarına teslim edilen ürünlerin eş zamanlı izlenebilmesine fayda sağlar (Alkan 2016).

5.4 Gıda Tedarik Zincirinde RFID ve IoT Literatür Taraması

Bu bölümde gıda tedarik zincirinde RFID ve Nesnelerin İnterneti ilgili yapılan çalışmalara ait literatür taramalarına yer verilmiştir.

Feng ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada, sığır eti ithalatı ve sığır yetiştirilmesi yapan bir mezbahada RFID etiketler hayvanların kulaklarına ve mezbahanın kesim, parçalama ve paketleme noktalarına yerleştirilmiş hem sığırların hem de parçalanmış ve ambalajlanmış etlerin izlenmesi sağlanmıştır. RFID etiket bulunan hayvanların üreme verilerine rahatça ulaşıldığı, üretimin her noktasında sağlanan izlenebilirlik ile sığır eti üretiminde verimliliğin arttığı, gıda sağlığını etkileyecek risklerinin ortadan kaldırıldığı bildirilmiştir.

Angeles (2005), RFID etiketler ile bir bisküvi firmasının hammaddenin ölçüm, karıştırma, pişirme gibi bisküvi yapım aşamalarında tüm üretim sürecinin izlendiğini, zincirdeki çalışanların bilgisayar ekranından bilgileri takip ederek üretime eş zamanlı müdahale etme şansı bulduklarını, hata oranlarının düşmesiyle verimliliğin arttığı maliyetlerin düştüğü bildirilmiştir. Ayrıca dağıtımın önemli yerlerine ve depolara yerleştirilen RFID etiket ve RFID okuyucular ürünlerin nerede olduğu, giren ve çıkan ürünün takibi ile stok verilerine yoğun insan gücü tüketmeden kısa sürede ulaşılabilirdiği belirtilmektedir.

Yine başka bir literatürde Zhang ve diğ. (2012), RFID izlenebilirlik sisteminin gıda kontaminasyon kaynaklarının belirlenmesinde, ürün geri çağırma, gıda kalite kayıplarının azaltılmasında etkili olduğu, RFID sisteminin tedarik zincirine entegre olmasıyla gıda sağlığının garanti altında tutulduğu ve müşteri memnuniyetinin yükseldiği belirtilmiştir.

Thakur ve Foras (2012), RFID tabanlı sıcaklık sensörleri sığır etinin içine yerleştirilerek sığır etinin hem iç hem de dış sıcaklığını 800km'lik dağıtım ağı boyunca online sistem ile endüstriyel bazda değerlendirmişlerdir. Tedarik zincirinin dağıtım ağında sığır eti sıcaklığı otomatik olarak kontrol edilebilmekte ve ürün israfi önlenmekte, insan etkisi olmadan sıcaklık kontrolü ve veri aktarımı gerçekleştirilmektedir.

Eom ve diğ. (2013), RFID teknolojisinin kullanıldığı deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Soya peynirinde üretim ve dağıtım aşamalarının izlenebilirliği sağlamak için yapılan çalışmada soya peyniri üretim ve dağıtım aşamalarında sıcaklık ve nem sensörlü pasif RFID etiket ürün ambalajı içine yerleştirilmiş ve RFID teknolojisi ile sıcaklık ve nemin izlenmesinde gıda zehirlenmesini önlediği bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada Abad ve diğ. (2009), RFID akıllı etiketler kullanarak taze balık tedarik zincirini ışık, sıcaklık ve nem sensörlü ile izlemişlerdir. RFID etiketler balık kutularının bir köşesine yerleştirilerek kutular dışarıdan açılmadan 10 cm uzaklıktan kutunun içindeki sıcaklığın ve nemin doğru bir şekilde ölçüldüğü, 0°C'nin altındaki sıcaklıklarda ölçüm kolaylığı sağladığı, depolama koşullarındaki değişimin nem sensörleri tarafından rahatlıkla algılandığı ve soğuk zincirde RFID etiketlerin izlenebilirliğin sağlanmasında etkili olduğu bildirilmiştir.

Bir başka çalışmada ise Jaderman ve diğ. (2009), RFID etiketlerin performansını soğuk zincirde sıcaklığın izlenmesini, dağıtımın büyüklüğü ve çevresel sıcaklığı göz önünde bulundurarak incelemişlerdir. Yapılan çalışmada Almanya'da bulunan 15 lojistik firmasında, ürün kutularının içine, paletlerin üzerine ve taşıma kamyonlarına yarı-pasif RFID etiket yerleştirilmiştir. RFID etiketlerin çevresel sıcaklık değişimlerinde sisteme uyarı göndererek problemlerin eş zamanlı tespit edilmesi ve zamanında müdahale edilmesini sağladığını, fakat sistemin okuma

mesafesinin sınırlı olduğunu, kamyonlarda metre başına bir sensör yerleştirilmesiyle güvenli sıcaklık izlemenin gerçekleşeceğini bildirilmişlerdir.

Eom ve diğ. (2012) ise RFID kullanarak laboratuvar ortamında deneysel olarak oksijen ve karbondioksit konsantrasyonlarındaki değişimin sebzelerin tazeliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ambalajlanmış ve 20°C'de %35 bağıl nemde depolanan marullara yerleştirilen oksijen ve karbondioksit gaz sensörü içeren RFID etiket ile ürünlerin gaz konsantrasyonlarındaki değişikliği her gün kaydetmişlerdir. Gaz konsantrasyonlarındaki değişimin sebzenin tazeliğini etkilediğini bildirilmişlerdir.

Yapılan bir başka çalışmada Patyrailo ve diğ. (2012) RFID etiket kullanarak sütün depolama süresince tazeliğinin değerlendirilmesinde dielektrik özelliklerindeki değişimi izlenmiştir. RFID etiket süt kartonu içerisine yerleştirilirken, depolama süresinin bir işlevi olarak dielektrik özelliklerinin izlenmiş, seçilen ölçüm değeri geçildiğinde RFID etiketin sinyal vererek sütün tazeliğini kaybettiğini bildirilmişlerdir.

Çakmak ve Mercan (2017) yaptıkları çalışmada yerli üretim IoT (Nesnelerin İnterneti) teknolojisinin tarımsal amaçlı kullanımı ve nesnelerin interneti teknolojisinin yaşlı tarım çalışanlarının izlenmesinde kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonunda tarım çalışanın izlenebilirliğini sağlamak, yaşam kalitesini yükseltmek ve üretiminin daha düşük girdi maliyetiyle sürekliliğini sağlamak temel hedef olmuştur.

Başka bir literatür kaynakta Paul Chang'e (IBM Küresel Tedarik Zinciri Uzmanı) göre nesnelerin interneti ile hassas tarım teknolojisi sayesinde gıda sektörü daha verimli, az maliyetli ve sürdürülebilir bir yere ulaşabilir. Nesnelerin İnterneti platformları ile toprağın neminin tespit edilmesi bununla birlikte sadece gerekli bölgelere uzaktan sulama yapılması hassas tarım teknolojisinin hayata geçirilebileceği başlıca alanlar olabilir. Chang, gelecek hava durumu tahminlerinin sisteme entegre edilmesinin fayda olacağını yinelerken yine IBM Weather Company'den Carrie Gillespie de mahsul kayıplarının yüzde 90'ının hava durumundan kaynaklandığını belirtmiştir. Weather Company, çiftçilerin arazide daha verimli ve karlı olmasına yardımcı olmak amacıyla halihazırda bulut sistemi üzerinden mikro hava verilerinden

faydalanabilecekleri bir sistem kurmuş. Bu ve benzeri sistemler sayesinde hava ve toprak verilerinin doğru kullanımı hem sulama hem de böcek ilacı ve gübre gibi ürünlerin dengeli kullanımı konularında yardımcı olabilir (İnternet1 2016).

Yine aynı literatür kaynakta dağıtımın ve tedarik zincirinin teknoloji yönünden iyileştirilmesi adına çalışmada IBM Weather Company'den Carrie Gillespie de tedarik zincirinde teknolojik uçtan-uca izlenebilirliğin olmasının, bir ürünün geri çağırılması durumunda hangi noktada kirlenme veya bulaşmanın yaşandığının tespiti açısından oldukça önemli olduğunu bildirmiştir (İnternet1 2016).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada, sütün sahadan toplanması lojistiğinin bilgi teknolojileri ile birleştirildiği inovatif bir çalışma olan "Milk Collect" adlı proje yapılmıştır. Her gün süt toplayan araçların uydudan alınan konum bilgileri, araç doluluğu ve taşınan sütün kalite bilgileri birleştirilerek izlenebilirliğin artırılması, verilerin kaydedilmesi, kalite raporlarının takibi ve günlük gerçekleştirilen operasyonların optimum şekilde yönetilmesi amaçlanmıştır. Yine aynı şirketin "Doğallığın Güvencesi: Nesnelerin İnterneti Sistemini Geliştireceğiz" sloganıyla çıktığı çalışmada çiftliklerinde uyguladığı dijital teknoloji ile topladıkları verileri kayıt analiz yoluyla bilgilere dönüştürmesiyle kararları hızlı ve doğru bir şekilde almayı hedeflediği belirtilmiştir. Özellikle ineklerin takibi için doğdukları an kulaklarına RFID küpe takılmıştır. Bu kulaklarındaki "RFID" küpelerle buzağuları tanıma ve tüm geçmiş verilere ulaşma hedeflenmiştir. Boyunlarına takılan geviş getirme tasmaları içerisindeki mikrofonlar ile yutkunma seslerini değerlendirerek hayvan sağlığını takip edilmiştir. Ayaklarına takılan "padometreler" ile adım sayısını ölçüp kızgınlık takibi yapılabilirken edinilen veri sayısını artırarak, dijital teknolojilerin kullanımının daha da güçlendirmesi hedeflenmiştir (İnternet2 2015).

Yapılan bir çalışmada Bühler'in Tahıl ve Gıda Birimi'nin CEO'su Johannes Wick'e göre ürünlerin geri çağırılması, ödemeler ve etkilenen ürünlerin itibarı bakımından gıda ve yem güvenliği konusu oldukça maliyetlidir. Nesnelerin internetinin etkisi ile tüm çözümleri sensörlerle donatmaya başlamışlardır. Bosch'un nesnelerin interneti alanında sahip olduğu tecrübe ile gıda işleme alanındaki teknik bilgilerini birleştirerek geleneksel öğütme silindirlerini, sıcaklık ve titreşimleri ölçen son teknoloji sensörler ile değiştirmişlerdir. Bu teknoloji bütün makine sistemi

hakkında gerçek zamanlı olarak üretilen verileri analiz etmeye yararken daha yüksek ürün kalitesi sayesinde daha az zaman kaybı hedeflenmiştir (İnternet3 2016).

5.5 Gıda Tedarik Zincirinde RFID ve IoT Uygulamaları

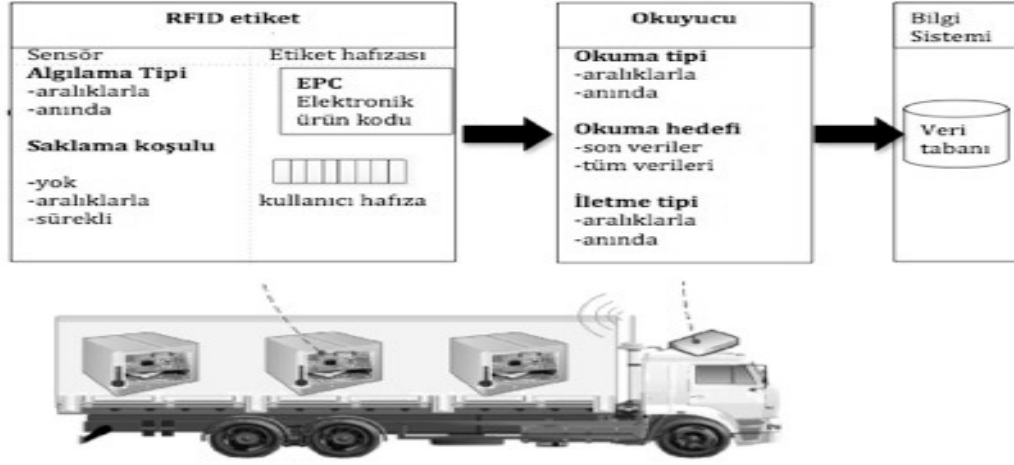
Endüstriyel anlamda RFID ve “Nesnelerin İnterneti” teknolojisi çok sayıda uygulama alanı bulmasına rağmen gıda tedarik zincirinde uygulamaları, tedarik zinciri yönetimi, gıda izlenebilirliği (sıcaklığın izlenmesi ve tazeliğin izlenmesi) konularında gruplandırılıp incelenebilir.

5.5.1 Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları

Tedarik zinciri faaliyetleri arasında üretim, depolama, dağıtım ve müşteri ilişkileri önemli adımlardır. Tarladan sofraya kadar tedarik zinciri yönetimi ve izlenebilirliğinin kolay olması için rekabetçi pazar ortamında RFID ve Nesnelerin İnterneti teknolojilerine başvurulmaktadır.

Gıda tedarik zincirinin hammadde üretim ayağında Nesnelerin İnterneti (IoT) platformlarından faydalanarak verimlilik ve yönetim kolaylığı sağlanabilir. Nesnelerin interneti ile toprağın neminin tespit edilmesi ve sadece gerekli bölgelerde uzaktan sulama yapılması ve ekinlerin büyüme verilerine bağlı olarak anlık müdahalelerin mümkün kılınması gibi örnekler hassas tarım teknolojisinin hayata geçirilebileceği başlıca uygulama alanı olabilir. Ayrıca hava tahmini modellerinin tarım sürecine entegre edilmesi aynı zamanda hasat ve taşımayla ilgili lojistik iyileştirmeye yarar. Hasat zamanında hangi bölgelerde ne kadar işçiye ihtiyaç olabileceği ve hasat edilen ürünün hangi konumlara hangi yollar üzerinden gönderim yapılması gibi bir uygulama yöntemi olabilir (İnternet1 2016).

Gıda tedarik zincirinin dağıtım ve lojistik ayağında RFID, tedarik zincirinde ürünlerin, konteynırların ve paletlerin izlenmesine olanak sağladığı için akıllı tedarik zincirini oluşturabilir.



Şekil 5.11: TZY RFID modeli (Konespe ve Pohl 2004, Chen ve diğ. 2014).

RFID etiketler, tedarik zincirinde üretici, tedarikçi, dağıtıcı ve perakendeciye ürünün yeri, ürünün ortamda kalış süresi, teslimat zamanı hakkında veri sağlamakta ve lojistik performansını geliştirmektedir (Chen ve diğ. 2014, Delen ve diğ. 2007).

Gıda tedarik zincirinin dağıtım ve lojistik ayağında kullanılan nesnelerin interneti uygulamaları ise: filo takip sistemleri, titreşim, darbe, konteynırların açıklıkların haber verilmesi, soğuk hava depolarının izlenmesi ve gönderim kalitesinin sağlanması, depolardaki malların konumunun belirlenmesi gibidir (Bozoklu 2016). Nesnelerin interneti ile lojistik ağında yapılan uygulama aracın içine yerleştirilen gömülü sistemle birlikte yapılabilir. Aracın pozisyonu belirlenebilir ve gerçek zamanlı olarak izlenebilir. Koordinatları almak için GPS kullanılırken verilerinin alınması için GSM/GPRS modülü kullanılabilir. GPS ve GSM/GPRS modülleri kontrol edilmek için mikrodenetleyici kullanılabilir. Araç konumunun izlenmesi için sistemin mobil kullanıma entegre edilmesiyle kullanıcılar akıllı telefonlarını kullanabilmektedirler. Ayrıca belirlenen hedef için tahmini zamanı ve mesafeyi hesaplayabileceklerdir.

5.5.2 Gıda İzlenebilirliği Uygulamaları

Gıda izlenebilirliği gıda güvenliğini tehlikeye düşürecek unsurları ortadan kaldırmak için gerekli bir sistemdir. Süt, et, balık, taze meyve sebze gibi çabuk bozulan gıdaların işlenmesi ve depolanması aşamalarında sıcaklığın izlenmesi ve

tazeliğin izlenmesi uygulamalarında RFID ve nesnelerin interneti teknolojilerine başvurulmaktadır.

RFID teknolojisi ile sıcaklığa duyarlı ürünlerin izlenmesi, RFID etiketlerde yer alan sensörler ile ürünün iç ve dış sıcaklığının ölçülmesi, belirlenen yüksek ve düşük sıcaklıklarda devreye giren uyarı sistemi soğuk zincirin korunmasında etkili bir uygulamadır (Grunow ve Piramuthu 2013).Infratab (ABD) tarafından üretilen ve yarı aktif özellikte RFID etiket olan Freshtime™, -25 ile +70°C arasındaki sıcaklıkları algılayarak tedarik zinciri ve raf ömrü boyunca ürünlerdeki sıcaklık değişimlerinin izlenmesine yardımcı olur. Kullanıcılar gıda tedarik zincirinin yüksek sıcaklığın zincirin hangi aşamasında gerçekleştiğini tespit edebilecek ve böylelikle erken önlem alabilir. ThermAssureRF™ (Amerika) RFID etiket gıda tedarik zincirinde hem izlenebilirliğin sağlanması hem de sıcaklığın kaydedilmesine olanak sağlayan birlikte bir sistemdir. Bu kombine sistemdeki RFID etiket özellikle firmaların HACCP gereksinimlerinin yerine getirmeyi sağlayan bir uygulamadır (Roberts 2006).

Gıda tedarik zincirinde RFID tabanlı sıcaklık sensörleri ile yapılan bir uygulamada sığır etinin hem iç hem de dış sıcaklığı dağıtım aşamasında ölçülmüştür. Dağıtım ağı boyunca sığır eti sıcaklığı otomatik olarak kontrol edilebilmekte, soğuk zincir hattı korunabilmekte ve veri aktarımı gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 5.12 görsel olarak sistemi ifade etmektedir (Thakur ve Foras 2012).



Şekil 5.12: RFID sıcaklık sensörleri, sensörlü sığır eti paketleri

RFID akıllı etiketler ile balık tedarik zinciri ışık, sıcaklık ve nem gibi değişen çevresel faktörler üzerine bir uygulama yapılmıştır. Polistiren balık kutularına yerleştirilen RFID etiketler yardımıyla kutular açılmadan 10 cm uzaklıktan kutunun

içindeki sıcaklığın ve nemin ölçümü yapılarak izlenebilirliğin uygulaması gerçekleştirilmiştir (Abad ve diğ. 2009).



Şekil 5.13: Balık kutularında RFID uygulaması (Abad ve diğ. 2009).

RFID tabanlı sensörlü etiketlerin uygulamalarına yönelik yapılan çalışmada sütün tazeliği değerlendirilmiş ve özelliklerinin değişimi izlenmiştir. Süt kartonu içerisine yerleştirilen RFID etiket ile özelliklerinin izlendiği, seçilen ölçüm değerinin aşıldığında etiketin sinyal göndererek sütün tazeliğini kaybettiğini bildirdiği belirtilmiştir (Patyrailo ve diğ. 2012).

Sebze ve meyvelerin tazeliğinin sıcaklık, nem, oksijen ve karbondioksit konsantrasyonundaki değişimlerden korunması amacıyla bir uygulama yapılmıştır. 20°C’de %35 bağıl nemde depolanan ambalajlanmış marullara yerleştirilen oksijen ve karbondioksit gaz sensörü içeren RFID etiket ile gaz konsantrasyonlarındaki değişimi incelemeye yarayan bir uygulama yapılmıştır. Sebzenin tazeliğinin gaz konsantrasyonlarındaki değişim ile etkilediğini uygulama neticesinde almışlardır (Eom ve diğ. 2012).

Nesnelerin interneti uygulamalarıyla firmalar farklı değer seviyesindeki geri dönüş ürünlerini toplarken yine ürün yaşam döngüsü bilgileri de IoT yoluyla toplanır, işlenir ve paylaşılır. Kapalı döngü tedarik zincirindeki imalatçı tarafından yapılan ürünlerdeki sensörler ürünün tüm yaşam döngüsünü izlemeye yarar. Üründeki değişimler izlenebilir ve depolanabilir. RFID etiketinde her ürüne yazılan kendine özgü elektronik ürün kodu ile bilgiler okuyucu cihazlar ile alınabilir ve her IoT kullanıcısı ihtiyaç duyduğunda onu elde edebilir. Böylece, geri dönen her ürünün kalan değeri etkili bir şekilde değerlendirilebilir (Toğrul 2015).

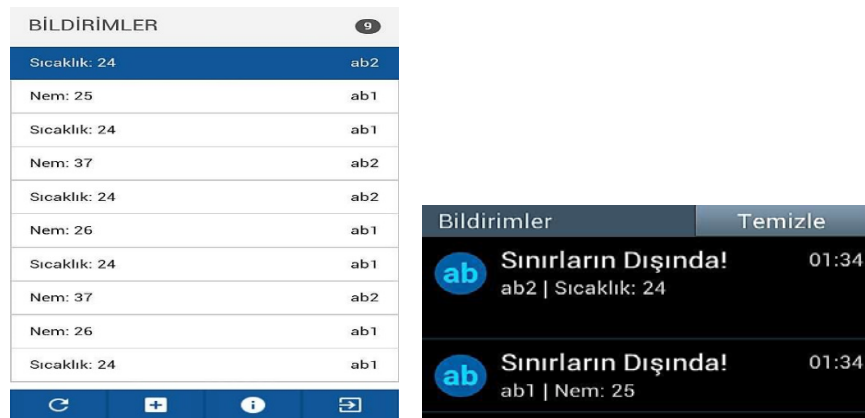
Nesnelerin interneti ile gıda tedarik zincirinde RFID örneklerinde verilmiş sıcaklık, tazelik ve nem ölçüm uygulamaları geliştirilebilir. Mobil yazılım ve internet uygulamaları geliştirilerek istenen referans değeri aşıldığında mobil cihazlara bildirim ya da internet tabanlı sisteme uyarı gelmesi şeklinde zincirdeki kişiler haberdar olabilir. Bu uygulamanın aşamaları ortama ait sıcaklık ve nem bilgisinin sensörden okunmasıyla başlar. Wi-Fi modül ile bulut sisteme ve sistem yazılımına aktarılır. Okunan değerler sınırların dışındaysa mobil cihazlara veya internet başındaki kullanıcıya haber verilmektedir.

Kullanıcı kendisine ait cihazları görüntülediğinde, cihazların bulunduğu ortamların sıcaklık ve nem değerlerini grafikler üzerinde takip edebilmektedir (Albayrak 2017).



Şekil 5.14: Sıcaklık ve nem grafikleri (Albayrak 2017).

Kullanıcılar cihazların değerlerini ve cihazlara ait istenmeyen değer bildirimlerini mobil bildirim olarak da takip edebilir. (Albayrak 2017).



Şekil 5.15: Mobil cihaza gelen bildirimler (Albayrak 2017).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde artan rekabet koşullarının sonucu olarak değişen yaşam koşullarına ayak uydurmaya çalışan işletmeler müşterilerine en iyi hizmeti sunmayı hedeflemektedir. En etkin hizmeti sunmanın yolu ise tedarik zincirinin iyileştirilmeyle sağlanabilmektedir. Bu iyileştirme tedarik zincirinin üyeleri arasındaki iletişime ve bilgi yönetimine bağlıdır.

Geleneksel tedarik zinciri ağlarının müşteri isteklerinde yetersiz kalması, ürün izlenebilirliğinin yeterince sağlanamaması, zincirindeki paydaşların yeterince bilgi paylaşımı yapamamasından dolayı son yıllarda gelişen nesnelerin interneti ve RFID teknolojileri ortadaki bu belirsizliklere çözüm getirmek için işletmelerde yer almalıdır. Nesnelerin interneti sistemi ve RFID, ürünlerin tüm yaşam bilgilerini sağlayarak ilgili belirsizlikleri azaltır. Akış faaliyetlerinin planlanmasını kolaylaştırır. Tedarik zincirinde oluşan verilerin herkes tarafından takip edilebilmesi, bulut sistemlerde depolanabilmesi, daha güvenilir bilgi birikimini beraberinde getirir. Depolama ve lojistik ağlarında maliyetleri azaltırken müşteri memnuniyetini artırır.

Farklı sektörlerde farklı uygulama alanı bulmuş olan RFID ve nesnelerin interneti teknolojisi gıda tedarik zincirinde gelişmekte olan bir teknoloji olması endüstriyel çalışmalara ait uygulamalarda görülmektedir. Nesnelerin interneti ve RFID tedarik zinciri boyunca izlenebilirliği, gıda güvenliği ve sağlığını sağlar. Tarladan sofraya kadar zincir elemanları arasında iletişimi sağlar. Çevresel faktörler olan sıcaklık, nem, hava basıncı, hava değişimi gibi etmenlerden soğuk zincirinin korunmasında etkili olup tazelik konusunda tüketiciyi bilgilendirir. Gıda izlenebilirliğiyle araçların hangi konumda olduğunu, hangi ürünün ne aşamada olduğunu gerçek zamanlı görüntülenmesini sağlayabilir.

RFID etiketlerin, ürüne özgü ve tedarik zincirinin uzunluğuna göre tasarlanması işletmelerde etiket maliyetlerini arttırmaktadır. RFID yazılım ve hizmetleri pahalı olan önemli bir diğer bileşendir. Ultra yüksek frekans radyo frekansının tahsisi konusunda çoğu ülkelerin birbirleriyle uyum sağlayamaması bazı etiketlerin başka ülkelerde çalışmasını engeller. Bu faktörde uluslararası tedarik zinciri sağlamak isteyenlerin dikkat etmesini gerektiren bir öneri olabilir. Etiket maliyetlerinin sipariş edilen miktara bağlı olarak düşürülmesi ve standartların

oluşturulması ile gelecekte özellikle gıda tedarik zincirinde kullanımının artacağı düşünölmektedir. Yine nesnelerin interneti sisteminin önümüzdeki yıllarda kullanımının giderek artacağı ve sistem kurulum maliyetlerinin azalacağı düşünölmektedir. Nesnelerin interneti sisteminin siber saldırılara açık bir sistem olması güvenliği tehdit ederken büyük tedarik ağlarında herkese açık olmayan veri güvenliği için özel sistemler ve ekipler oluşturulmalıdır. Bu sistemler ise kullanıcıya zincirde yeni bir maliyet artışı anlamına gelebilir. Ancak teknolojinin kullanılmaya başlanması ile depolama, personel, üretim ve dağıtım maliyetlerinin düşeceği öngörölürken, gelecek çalışmalarda bu sistemin maliyet optimizasyonu üzerinde yapılan çalışmalar teknolojinin kullanımına fayda sağlayabilir.

7. KAYNAKLAR

Abad, E., Palacio, F., Nuin, M., Zárata, A.G.D., Juarros, A., Gómez, J.M., Marco, S.,” RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain”, *J. Food Eng.* 93(4),394–399, (2009).

Ahmadi, S., "Mobile WiMAX A Systems Approach to Understanding IEEE 802.16m Radio Access Technology", *Elsevier Ltd.*, USA, (2011).

Alam, M. R., St-Hilaire, M., Kunz, T., “Computational methods for residential energy cost optimization in smart grids: A survey”, *ACM Comput. Surv.* 49, (2016).

Albayrak Y., "Nesnelerin İnterneti (IoT) Üzerine Ortam Verilerini Toplayan ve Uzaktan Takibini Sağlayan Bir Sistem Tasarımı", Akademik Bilişim Konferansı 2017, AKSARAY, TÜRKİYE, ss.1-1, (8-10 Şubat 2017).

Alkan, M.A.,”Gıda Sektörü ve Endüstri 4.0[online]”, (1 Haziran 2017), <http://www.endustri40.com/gida-sektoru-ve-endustri-4-0/>, (2016).

Angeles R. “RFID technologies: supply-chain applications and implementation issues.”, *Inf. Syst. Manag.* 22(1), 51-65, (2005).

Arış, A., Oktuğ, S. F., Yalçın, S. B. Ö., “Nesnelerin İnterneti Güvenliği: Servis Engelleme Saldırıları”, 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU 2015 – Proceedings, (2015).

Armentia, J., C.-Mansilla, D., Ipiña, D. L., “Fighting against Vampire Appliances through Eco-aware Things. Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services”, *Ubiquitous Computing*, (2012).

Atakul, B.,” Nesnelerin İnterneti ve Kullanım Alanları [online]”, (2 Haziran 2017),<http://www.teknolo.com/nesnelerin-interneti-kullanim-alanlari/>,(2015).

Aydoğan EK., Çetin S., Gencer C., Soylu MY., Soysal M. ve diğ., “IPv4’den IPv6’ya geçiş için ahp modeli”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(3), 701-709, (2011).

Bhatt G.D., Emdad A.F.” An Analysis of the Virtual Value Chain in Electronic Commerce”, *Logistic Information Management*, Vol:14, No:1/2, (2001).

Bhatt, H., Glover, B., “*RFID Essentials*”, O’Reilly Publishing, Sebastopol, (2006).

Bozdoğan, Z., “Nesnelerin İnterneti için Mimari Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce, (2012).

Bozoklu, M.,” Çevresel Veriler İle Gerçek Zamanlı Nesnelerin İnterneti Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat, (2016).

Budak, E., “Kapalı Devre Tedarik Zinciri Problemine Bulanık Karar Verme Yaklaşımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2012).

Carbunar, B., M.K. Ramanathan, M. Koyuturk, “ Redundant reader elimination in RFID systems.”, *Second Annual IEEE Communications Society Conference on SECON*, Santa Clara, California, USA, (2005).

Caron, X., Bosua, R., Maynard, S. B., Ahmad, A., “The Internet of Things (IoT) and its impact on individual privacy: An Australian perspective.” *Computer Law & Security Review*, 32, 4–15, (2016).

Cebeci, Z.,” Gıda İzlenebilirliğinde Bilgi Teknolojileri”, *Ulusal Tarım Kurultayı*, 15-17 Kasım 2006, Çukurova Üniversitesi, Adana. Bildiriler s. 189-195. (2006).

Chen, M., Mao, S., Liu, Y., “Big Data: A Survey. Mobile Network Applications”, 19,171–209, (2014).

Chen, N-K., Chen, J-L., Chang, T-H., Lu, H-F., “Reliable middleware for RFID network applications ” , *Rocinternational Journal Of Network Management*, Wiley InterScience, doi:10.1002/nem.698, (2008).

Chen, R.S., Chen, C.C., Yeh, K. C., Chen, Y.C., Kuo, C.W., “Using RFID technology in food produce traceability”, *Wseas Transactions on Information Science and Applications* 11,1551-1560, (2008).

Chen, Y-Y., Wang, Y-J., Jan, J-K., “A novel deployment of smart cold chain system using 2G RFID”, *Sys. Journal of Food Engineering* 141, 113– 121, (2014).

Cho, W.-T., Lai, Y.-X., .Lai, C.-F., Huang, Y.-M., “Appliance-Aware Activity Recognition Mechanism for IoT Energy Management System “*The Computer Journal*, Vol. 56, No. 8, (2013).

Chopra, S., Meindl, P., “Supply Chain Management”, *New Jersey: Prentice Hall*, (2007).

Çakmak, B., Mercan E., “Tarımsal Üretimde Örnek Bir IoT Uygulaması ve Yaşlı Tarım Çalışanlarının İzlenebilirliği”, *Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi*, Cilt (Vol.) 10, Sayı (Number) 1, Sayfa (Pages) 29-42, (2017).

Dabbene, F., & Gay, P., “Food Traceability Systems: Performance Evaluation and Optimization”, *Comput Electron Agric*, 75,139-146.

Dabbene, F., Pve G., Nicola S., “Optimisation Of Fresh-Food Supply Chains In Uncertain Environments”, Part I: Background And Methodology, *BiosystemEngineering*, 99, 348-359, (2008).
(2005).

Demiroğlu, T. N.,” Gıda Sektöründe Dayanıklı Ve Bozulabilir Ürünler İçin Bütünleşik Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı Ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2010).

Didic, A., Nikolaidis, P., “Real-Time Control in Industrial IoT”, Thesis for the Degree of Master of Science in Intelligent Embedded, *Malardalen University*, (2015).

Eom, K.H., Kim, M.N., Lee, S., Lee, C.W., “The Vegetable Freshness Monitoring System Using RFID with Oxygen and Carbon Dioxide Sensor.”, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Article ID 472986, 6 pages, (2012).

Eom, K.H., Lee, C.W., Van, N.T., Jung, K.K., Kim, J.W., Choi, W.S., “ Food Poisoning Prevention Monitoring System based on the Smart RFID Tag System”, *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering* 8(5),213-222,(2013).

Erdem, G., “Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamalarının Benimsenmesinin, Tedarik Zinciri Ve İşletme Performansına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Çorum, (2013).

Esmer, Ö.K.,Melikoğlu A.Y.,” Gıda Güvenliğinin Sağlanmasında Radyo Frekanslı Tanımlama Teknolojisinin Rolü”, *Akademik Gıda* ,13(1), 72-80, (2015).

Feng, J., Fu, Z., Wang, Z., Xu, M., Zhang, X., “Development and evaluation on a RFID-based traceability system for cattle/beef quality safety in China”, *Food Control*, 31 (2), 314–325, (2013).

Garfinkel, S. L., Juels, A., Pappu, R., “RFID Privacy: An Overview of Problems and Proposed Solutions”, *Security & Privacy Magazine IEEE*, pp. 34-43, (2005).

Gnimpieba Z. D. R., Nait-Sidi-Moh, A., Durand, D., Fortin, J., “Using Internet of Things technologies for a collaborative supply chain: Application to tracking of pallets and containers”, *Procedia Computer Science* ,56 ,550 – 557, (2015).

Graham G., Hardaker G., “Supply-Chain Management Across the Internet”,*International Journal of Physical Distribution & Logistics*,Vol:30,No:3/4, (2000).

Grunow, M., Piramuthu, S., “RFID in highly perishable food supply chains– Remaining shelf life to supplant expiry date?”, *Int. J. Production Economics* 146, 717-727, (2013).

Gutierrez, J. M., Jensen, M., Henius, M., Riaz, T., “Smart Waste Collection System Based on Location Intelligence. Procedia”, *Comp. Science*, 61,120 – 127, (2015).

Güleş, H., *Tedarik Zinciri Yönetimi Stratejik Planlama, Modelleme ve Optimizasyon*, Ankara: Gazi Kitabevi, (2009).

Han, J.H., “Packaging for Nonthermal Processing of Food”, *Blackwell, USA*, pp. 131-137, (2007).

Han, K.-H., Ba, W.-S., “Proposing and verifying a security protocol for hash function-based IoT communication system.” *Cluster Comput*, (2015).

He, M., Ren, C., Wang, Q., Shao, B., and Dong, J., “The Internet of Things as an enabler to supply chain innovation”, *In e-Business Engineering (ICEBE), 2010 IEEE 7th International Conference on IEEE*, 326-331, (2010).

Henze, M., Hermerschmidt, L., Kerpen, D., Häußling, R., Rumpe, B., Wehrle, K., “A comprehensive approach to privacy in the cloud-based Internet of Things”, *Future Generation Computer Systems*, 56 ,701–718, (2015).

Hong, I.H., Dang, J.F., Tsai, Y.H., Liu, C.S., Lee, W.T., Wang, M.L., Chen, P.C., “An RFID application in the food supply chain: a case study of convenience stores in Taiwan”, *J. Food Eng*, 106(2), 119–126, (2011).

Houlihan, J.B.,“International Supply Chain Management”, *Internatioanal Journal of Physical Distribution and Materials Management*, Vol.15 No.1, pp.22-38, (1985).

Huang, C.-H., Shen, P.-Y., Huang, Y.-C., “IoT-Based Physiological and Environmental Monitoring System in Animal Shelter “, ICUFN, (2015).

İnternet1.” Teknoloji bir sonraki gıda kıtlığı sorununu önleyebilir mi? [online]”, (3 Haziran 2017), <https://medium.com/@iscep/teknoloji-bir-sonraki-g%C4%B1da-k%C4%B1tl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-sorununu-%C3%B6nleyebilir-mi-89862e488e54>, (2016).

İnternet2.” Çevresel Sürdürülebilirlik[online]”, (25 Mayıs 2017), <https://www.sutas.com.tr/tr/surdurulebilirlik/gelecegi-dusunmemiz-cok-dogal/cevresel-surdurulebilirlik> , (2015).

İnternet3.” Beslenme, Gıda Güvenliği, Sürdürülebilirlik ve Nesnelerin İnterneti[online]”,(28Mayıs 2017), <http://www.millermagazine.com/johannes-wick-buhler-ag-dort-alanda-potansiyel-goruyoruz-beslenme-guvenlik-surdurulebilirlik-ve-nesnelerin-interneti/.html> , (2016).

Jacobsson, A., Boldt, M., Carlsson, B., “A risk analysis of a smart home automation system”, *Future Generation Computer Systems*. (2015).

Jederman, R., Ruiz-Garcia, L., Lang, W., “Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation”, *Comput. Electron. Agric.* 65 (2),145–154, (2009).

Jiang, T., Yang, M., Zhang, Y., “Research and implementation of M2M smart home and security system” *Security Comm. Networks*, (2012).

Jones, A.K., Dontharaju, S., Tung S., Hawrylak, P.J., Mats, L., Hoare, R., Cain, J.T., Mickle, M.H., “Passive active radio frequency identification tags (PART)” , *International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Application (IJRFITA)*, pp. 52-73, (2006).

Jones, P., Clarke, H.C., Hillier, D. ve Comfort, D., “The Benefits, Challenges and Impacts of Radio Frequency Identification Technology (RFID) for Retailers in the UK”, *Marketing Intelligence & Planning*, Vol.23, No.4, (2005).

Jun, H. B., Kiritsis, D., Xirouchakis, P., “Research issues on closed-loop PLM”, *Computers in Industry*, 58(8), 855–868, (2007).

Kadlec, J., Kuchta, R., Novotný, R. and Cožík, O., “RFID Modular System for the Internet of Things (IoT)”, *Industrial Engineering & Management*, 3(134), doi:10.4172/2169-0316.1000134, (2014).

Kang, C., Hwang, S., Moon, J., “An effect of IoT based Electronic Sow Feeder (ESF) on productivity of swine farms”, *Journal of Agricultural Informatics*, Vol. 6, No. 4,102-107, (2015).

Kaur, N., Sood, S. K., “Cognitive decision making in smart industry.”, *Computers in Industry*, 74,151–161, (2015).

Kim, C., Yang K., H., Kim J., “A strategy for third-party logistics systems:A case analysis using the blue ocean strategy”’, *Omega* 36, (2007).

Kim, J., “HEMS (Home Energy Management System) base on the IoT smart home.”, *Contemporary Engineering Sciences*, ISSN: 13147641, (2016).

Konespe, H., Pohl, H., “RFID security”, *Information Security Technical Report*, Vol. 9, No. 4, (2004).

Köse Ü., “Şehir Tanıtım Amaçlı Projeler: Şehir Portalı”, *19.Türkiye’de İnternet Konferansı*, (2014).

Köse, S., Atay, F., Bilgin, V., ve Akyüz, İ., “Kimyasal püskürtme tekniği”, *TMMOB Elektrik Elektronik Mühendisleri Odası Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Elâzığ, 203-206, (2004).

Kraus, J.D. and Marhefka, R.J. “Antennas For All Applications, 3rd ed.” , New York: McGraw-Hill, (2002).

Kuruç, K., “Ambalajın Ürünlerimize Katkıları ve Ambalaj Sahasındaki Son Gelişmeler, II. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu”, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü*, Çanakkale, sf: 36-38, (2002).

Kutup, N., “Nesnelerin İnterneti; 4H, Her yerden, Herkesle, Her zaman, Her nesne ile bağlantı”, *16. Türkiye’de İnternet Konferansı inet-tr’11*, (2011).

LaVie, J. “RF Communications”, (Ed.) Tompkins, James A. Ve Smith, Jerry D: *The Warehouse Management Handbook*, Oxford: Tompkins Press, Second Edition, (1998).

Lee, H.L. “Managing supply chain inventory: pitfalls and opportunities”, *Sloan eManagement Review*, Vol.33, No.3, pp.65-73, (1992).

Leong, K.S., M.L. Ng, and P.H. Cole., “Synchronization of RFID readers for dense RFID reader environments” , *International Symposium on Applications and the Internet*, SAINT, Phoenix, Arizona, USA., (2006).

Li, P.Y., Guo L., Guo, Y., “Enabling health monitoring as a service in the cloud.”, *Proceedings of the IEEE Int. Conf. on Utility and Cloud Computing*,(2014).

Lihua, Z., Minzan, L., Caicong, W., Haijian, Y., Ronghua, J., Xiaolei, D., Yanshuang, C., Cheng, F., Wei, G., “Development of a smart mobile farming service system.”, *Mathematical and Computer Modelling*, (2010).

Liu Y., Zhou G., “Key technologies and applications of internet of things”, *IEEE, Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 197-200, (2012).

Lu D., Liu T., “The application and development of iot”, *IEEE, International Symposium on Information Technology in Medicine and Education*, 991-994, (2012).

Mao, Y., Li, J., Chen, M.R., Liu, J., Xie, C., Zhan, Y., “Fully secure fuzzy identity-based encryption for secure IoT communications “, *Computer Standards & Interfaces 44*, 117–121, (2015).

McFarlane, D. C., Giannikas, V., Wong, A., and Harrison, M. G., “Intelligent products in the supply chain-10 years on”, In *Information Control Problems in Manufacturing*, 14(1), 655-660, (2012).

Metz, P.J., “Demystifying Supply Chain Management”, *Supply Chain Management Review*, Vol. 25, (1998).

Meydanoğlu, B., “IoT ve tedarik zinciri”, *Lojistik Dergisi*, 34, 28, (2013).

Mullner, R., Ball, C.F., Ivanov, K., Treml, F., Spring, G., “Quality of service in GPRS/EDGE mobile radio networks” , *Vehicular Technology Conference, 2004. VTC 2004-Spring. 2004 IEEE 59th Volume 5*, pp. 2507-2511, (2004).

Nakıboğlu, G., “Tersine lojistik: önemi ve dünyadaki uygulamaları”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 181–196, (2007).

Narasimhan and Kim, Joonghyuk and Krische, Susan D. and Lee, Charles M.C., (2002),” Analyzing the Analyst: When do Recommendations Add Value? [online]”, (2017), <http://gbpaper.library.edu/archive>, (2008).

Nayır, D.Z. “Kurumsal Sosyal Sorumluluk Kavramının Gıda Sanayii Tedarik Zincirindeki Yeri: Sorumlular, İşlevler ve Unsurlar”, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, S.2, (2007).

Ondemir, O., Gupta, S.M., “Quality management in product recovery using the Internet of Things: An optimization approach”, *Computers in Industry* 65 ,491–504, (2014).

Roberts, C.M., “Radio frequency identification (RFID)”, *Comput Secur*, 25,18–26, (2006).

Rong, A,” An Optimization Approach For Managing Fresh Food Quality Through Out The Supply Chain.”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 131, pp. 421-429, (2011).

Saraswathi, S., Namjin, B., Yongyun, C., “A Smart Service Model Based on Ubiquitous Sensor Networks Using Vertical Farm Ontology”, *International Journal of Distributed Sensor Networks*, (2013).

Sarma, S.E., Brock, D., Engels D.W., “Radio frequency identification and the electronic product code” , *IEEE Micro*, 21(6), 50-54, (2001).

Sevinç, N., “Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilgi Teknolojilerinin Kullanılması ve Önemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Edirne, (2008).

Smith, A. D., “Exploring Radio Frequency Identification Technology and Its Impact on Business Systems”, *Information Management & Computer Security*, pp.16-28, (2005).

Stadler H., Kilger C., “*Supply Chain Management and Advanced Planning*”, Berlin: Springer. (2000).

Syed A. A, Ilyas, S. A. M, “*RFID Handbook, Applications, Technology, Security, and Privacy*”, CRC Press, Boca Raton, ISBN:978-1-4200-5499-6, (2008).

Şengül, Ü.,” Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Kavramı İşleyişi ve İşletme Modelleri”, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Kars, 4,125-139, (2009).

Thakur, M., Foras, E., “Integrated online temperature monitoring and traceability in a cold meat chain using EPCIS.”, *International Workshop of Advanced Manufacturing and automation conference*, June 21-22, Trondheim, Norway, (2012).

Thomson, J.M, Jerome,S., Ryan,P., Clarke, G., & Fleet, B. ,”Creating Sustainable Value in the Food Chain - the Role of Traceability” ,2004 , IAMA World Food & Agribusiness Symposium (Available online at www.ifama.org/conferences/2004Conference/Papers/Thomson1136.pdf, retrieved on 25 Sep 2006).

Toğrul, B.” Nesnelerin İnterneti ile Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Optimizasyonu: Yeni bir Model Önerisi” Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2015).

Turi, A., Goncalves, G. ve Mocan, M., “Challenges and Competitiveness Indicators for The Sustainable Development of The Supply Chain in Food Industry” , *Procedia Social and Behavioral Sciences*, s. 124, ss. 133-141, (2014).

Ulaş, S.” Nesnelerin İnterneti Ekosisteminde Makinler Arası Özerk İletişim”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü*, Ankara, (2015).

Ustundag A., “RFID Technology: A Paradigm Shift in Business Processes. 35th International Conference on Computers and Industrial Engineering”, 20-22.06.2005. Istanbul, Turkey. 2065-2070, (2005).

Uzeken, S., “ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi'nin Tedarik Zinciri Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi Ve Güçlendirilmesi Gereken Ortak Noktaların Ortaya Konması”, Yüksek Lisans Tezi, İzmir: *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Toplam Kalite Yönetimi Anabilim Dalı*, (2008).

Van-Dervorst, J. G., “Product Traceability in Food-Supply Chain.”, *Accreditation And Quality Assurance*, 11, 33-37, (2006).

Visich, J.K., Li, S., and Khumawala, B.M., “Enhancing Product Recovery Value in Closed-loop Supply Chains with RFID”, *Journal of Management Issues*, 19(3), pp. 436–452, (2007).

Wang, X., & Li, D., “Value Added on Food Traceability: A Supply Chain Management Approach”, *Soli'06*, (S. 493-498), Shangai, (2006).

Yam KL., “Intelligent Packaging for the Future Smart Kitchen”, *Packaging Tec, Sci.* 13, 83 - 85, (2000).

Yam KL, Paul T, Miltz J.,” Intelligent Packaging:Concepts and Applications.”, *J Food Sci*, 70(1), R1-9, (2005).

Yegül, M.,“Kurumsal kaynak planlama”, Yüksek lisans Tezi, *Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği Ana bilim Dalı*,Ankara, (2002).

Yılmaz, B., “Internet Of Things (IoT) Nedir? [online]”, (3 Mart 2017), <https://burkanylmz.wordpress.com/2015/10/12/internet-of-things-iot-nedir/>, (2015).

Yılmaz, H. İ., “Göller Bölgesinde Elma Muhafazasında Kullanılan Soğuk Hava Depolarının Yapısal Yönden Analizi ve En Uygun Depo Tiplerinin Geliştirilmesi”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bornova, İzmir, (2010).

Yi, H.-C., Park, J. W., “Design and Implementation of an End-of-Life Vehicle Recycling Center based on IoT (Internet of Things) in Korea”, *Procedia CIRP*, 29, 728 – 733, (2015).

Yiğitbaşı Z., “Nesnelerin İnterneti ve Makineden Makineye Kavramları İçin Kilit Öncül”, *Ulusal IPv6 Konferansı*, 103-108, (2011).

Yüksel, H., “Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilgi Sistemlerinin Önemi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(3), ,261-279, (2002).

Yüksel, M, E., Durukan O.S.,” Nesnelere İzlenebilir ve Yönetilebilir mi? Cevap: RFID.” *Akademik Bilisim’09- XI. Akademik Bilisim Konferansı Bildirileri*, Subat 11-13, Sanlıurfa, Türkiye, 127-136, (2009).

Zhang, M., Li, P., “RFID Application Strategy in Agri-Food Supply Chain Based on Safety and Benefit Analysis”, *Physics Procedia*, 25, 636–642, (2012).

Zhiduan, X., “Research on the Flexibility in Logistic Systems”, *Chinese Journal of Management*, 4, 441-4, (2005).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tolga EVGEN

Doğum Yeri ve Tarihi : Antalya 11.08.1993

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi-E.E.M.

Y. Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi (Devam)

Elektronik posta : tolgaevgen@hotmail.com

İletişim Adresi : Altinkum Mah. 457. Sokak No:5 ANTALYA