



**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE YİYECEK
İÇECEK SEKTÖRÜ İÇİN ÖNERİLER, ÖRNEK BİR
UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Aykut KILIÇ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ulviye HACIZADE**

İstanbul – 2019

**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE YİYECEK
İÇECEK SEKTÖRÜ İÇİN ÖNERİLER, ÖRNEK BİR
UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Aykut KILIÇ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ulviye HACIZADE**

İstanbul – 2019

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi Aykut KILIÇ tarafından hazırlanan “*Nesnelerin İnterneti(IoT) ve Yiyecek İçecek Sektörü İçin Öneriler,Örnek Bir Uygulama*” konulu çalışması jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 25.10.2019

(Jüri Üyesinin Ünvanı, Adı, Soyadı ve Kurumu):

İmzası

Jüri Üyesi : Dr.Öğr.Üyesi Ulviye HACIZADE
: Haliç Üniversitesi (Danışman)

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Mübariz EMİNLİ
: Haliç Üniversitesi

Jüri Üyesi : Dr.Öğr.Üyesi Alev MUTLU
: Kocaeli Üniversitesi

Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunun kararıyla kabul edilmiştir.

Prof.Dr. M.Burcu IRMAK YAZICIOĞLU
Vekil Müdür

İNTİHAL RAPORU

Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Yiyecek İçecek Sektörü için
Öneriler, Örnek bir Uygulama

ORJİNALLİK RAPORU

% 15	% 13	% 5	% 14
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

İBİRİNCİL KAYNAKLAR

1	www.dergipark.gov.tr İnternet Kaynağı	%7
2	lutpub.lut.fi İnternet Kaynağı	%2
3	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	%1
4	link.springer.com İnternet Kaynağı	%1
5	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBİTAK) Öğrenci Ödevi	<%1
6	kolpure.kol.ac.uk İnternet Kaynağı	<%1
7	isletmecilik.org İnternet Kaynağı	<%1
8	www.scirp.org İnternet Kaynağı	<%1

Dr. Öğr. Üyesi
Ülviye Hacırade
Uy

23/07/2019

TEZ ETİK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Nesnelerin İnterneti (Iot) Ve Yiyecek İçecek Sektörü İçin Öneriler, Örnek Bir Uygulama” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ulviye HACIZADE'nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Aykut KILIÇ

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmamın tamamlanması süresince büyük bir gayret ve özveriyle çalışmamı takip eden, gösterdiği sabır ve hoşgörüsü bana destek olan tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ulviye HACIZADE'ye çok teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca bana destek olan aileme ve verdiğim her kararın arkasında durarak beni motive eden sevgili eşime teşekkür ederim.

Temmuz, 2019

Aykut KILIÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ ETİK BEYANI	iii
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	I
KISALTMALAR	III
ŞEKİLLER	IV
ÇİZELGELER	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT	VII
1. GİRİŞ	1
2. NESNELERİN İNTERNETİ VE UYGULAMALARI.....	2
2.1. Nesnelerin İnterneti'nin Kısa Tarihi.....	3
2.2. Nesnelerin İnterneti Sistem Katmanları	4
2.2.1. Algı Katmanı.....	6
2.2.2. Ağ Katmanı.....	8
2.2.3. Zeka Katmanı.....	13
2.3. Nesnelerin İnterneti Ekosistemi	18
2.4. Temel Uygulama Alanları	21
2.5. Sektörel Uygulama Alanları	24
2.5.1. Ulaşım.....	24
2.5.2. Ev Sistemleri.....	24
2.5.3. Otomobil Endüstrisi.....	24
2.5.4. Güvenlik ve Acil Uygulamalar	25
2.5.5. Enerji Yönetimi.....	26
2.5.6. Lojistik.....	26
2.5.7. Sağlık	28
2.5.8. Modern Tarım ve Hayvancılık.....	29
2.5.9. Akıllı Şehirler	29
2.5.10. Yiyecek İçecek Sektörü	29

2.5.11. Su Yönetimi	31
2.5.12. Giyilebilir Teknolojiler	31
3. KULLANILAN TEKNOLOJİLER VE ARAÇLAR	33
3.1. GPS	34
3.2. GPRS	35
3.3. M2M	35
4. NESNELERİN İNTERNETİ İLE SOĞUK ZİNCİR ISI TAKİBİ.....	37
4.1. BTA Eski Soğuk Zincir Isı Takip Sistemi.....	37
4.2. Arvento'nun Sunduğu Nesnelere İnterneti Uygulamaları	39
4.3. BTA Soğuk Zincir Nesnelere İnterneti Uygulaması	40
4.3.1. Ekipman	43
4.3.2. Takip ve Raporlama.....	45
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
5.1. Manuel Soğuk Zincir Isı Takip Sisteminin Dezavantajları	51
5.2. Nesnelere İnterneti Özellikli Soğuk Zincir Isı Takip Sisteminin Avantajları	51
6. SONUÇLAR	53
7. ÖNERİLER	54
8. KAYNAKLAR	55
9. ÖZGEÇMİŞ.....	58

KISALTMALAR

GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi
GPRS	: General Packet Radio Service
HACCP	: Hazard Analysis and Critical Control Points
IOT	: Internet of Things
M2M	: Machine to machine
MEMS	: Microelectromechanical Systems
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
RFID	: Radio Frequency Identification; Radyo Frekanslı Tanımla
WSN	: Wireless sensor network; Kablosuz sensör ağları

ŞEKİLLER

	Sayfa No
Şekil 2.1. IoT Gelişimi.....	4
Şekil 2.2. IoT yatırımlarında zeka katmanındaki temel faktörler	13
Şekil 2.3. Karar destek sistemlerinin beş kategorisi.	17
Şekil 2.4. Nesnelerin interneti sisteminde yiyecek tedarik zinciri	30
Şekil 3.1. Araç takip sistemi çalışma şeması	33
Şekil 3.2. GPS uyduları ile yer belirleme şeması	34
Şekil 3.3. Yıllara göre dünyada M2M mobil bağlantı sayısı	36
Şekil 4.1. Datalogger soğuk zincir ısı takip sistemi ekipmanları.....	38
Şekil 4.2. Datalogger soğuk zincir ısı takip sistemi aktarım cihazı	38
Şekil 4.3. Datalogger soğuk zincir ısı takip sistemi uygulaması görüntüsü	39
Şekil 4.4. Arvento araç takip sistemi web ara yüzü giriş ekran görüntüsü.....	40
Şekil 4.5. Arvento soğuk zincir sıcaklık alarmları örnek ekran raporu	41
Şekil 4.6. Arvento araç takip sistemi rota takip görüntüsü	42
Şekil 4.7. Arvento soğuk zincir ve araç takip sistemi rapor ekranı görüntüsü	43
Şekil 4.8. BTA frigofirik kasalı kamyonları	43
Şekil 4.9. Arvento araç takip cihazı	44
Şekil 4.10. Turkcell M2M hat sim kart.....	44
Şekil 4.11. Araç takip cihazına bağlı ısı sensörü	45

ÇİZELGELER

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Tüm GPRS Nesillerinin Karşılaştırılması, 1G-5G	35
Çizelge 4.1. BTA gıda nakliye araçları özet sıcaklık raporu, 16-18 Temmuz 2019..	46
Çizelge 4.2. BTA İşletmesi gıda sevkiyatı sıcaklık alarm raporu, 18 Temmuz 2019	46
Çizelge 5.1. BTA İşletmesi IoT özellikli soğuk zincir ısı ve araç takip sistemi yatırım maliyeti, Temmuz 2013	47
Çizelge 5.2. BTA İşletmesi IoT özellikli soğuk zincir ısı ve araç takip sistemi operasyonel maliyetleri, Temmuz 2013 - Haziran 2018.....	48
Çizelge 5.3. BTA İşletmesi eski soğuk zincir ısı takip sistemi bakım ve servis maliyetleri, Temmuz 2008 - Haziran 2013	48
Çizelge 5.4. BTA İşletmesi IoT özellikli soğuk zincir ısı ve araç takip sistemi bakım ve servis maliyetleri, Temmuz 2013 - Haziran 2018	49
Çizelge 5.5. BTA İşletmesi eski ve yeni soğuk zincir ısı takip sistemlerinin beşer yıllık toplam maliyetleri.....	49
Çizelge 5.6. BTA İşletmesinde gıda nakliyelerinde ısı uygunsuzluğu nedeniyle oluşan zayi maliyetleri, Temmuz 2008 - Haziran 2013	50
Çizelge 5.7. BTA İşletmesinde, IoT dönüşümü sonrası, gıda nakliyelerinde ısı uygunsuzluğu nedeniyle oluşan zayi maliyetleri, Temmuz 2013 - Haziran 2018	50
Çizelge 5.8. BTA İşletmesinde, IoT dönüşümü sonrası, 5 yılda yapılan tasarruf ve karlılık analizi, Temmuz 2013 - Haziran 2018	51

ÖZET

NESNELERİN İNTERNETİ (IOT) VE YİYECEK İÇECEK SEKTÖRÜ İÇİN ÖNERİLER, ÖRNEK BİR UYGULAMA

Hızla ilerleyen ve her geçen gün daha da gelişen günümüz teknolojileri içerisinde, bugünlerde sıkça duymaya başladığımız ve gün geçtikçe daha da fazla duyacağımız, çeşitli iletişim protokolleri sayesinde birbirleri ile haberleşen ve birbirlerine bağlanarak, veri paylaşarak akıllı bir ağ meydana getiren cihazlar sistemini ifade eden “nesnelerin interneti” (IoT), yaşamakta olduğumuz bu yüzyılın en büyük teknoloji devrimlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

İnternet alt yapısının en son geldiği noktayı ifade eden “nesnelerin interneti” (IoT) bugün otomasyon, bankacılık, sağlık, ulaşım, tarım, yiyecek-ıçecek sektörü gibi yaşamın birbirinden farklı alanlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. IoT teknolojisinin büyük uygulama potansiyeli vardır. Gıda endüstrisinde üretimden başlayarak, depolama ve dağıtımına kadar tüm gıda tedarik ve soğuk zinciri boyunca izlenebilirlik, görünürlük ve kontrol edilebilirlikte potansiyel faydaları bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: internet, soğuk, zincir, gıda, otomasyon

ABSTRACT

INTERNET OF THINGS AND SUGGESTIONS FOR FOOD AND BEVERAGE SECTOR, A SAMPLE PRACTICE

Today's technologies are developing more and more rapidly with each passing day. The Internet of Things (IoT) that we've been hearing so much nowadays, refers to a system of devices that communicate with each other through various communication protocols and form an intelligent network by sharing data. The internet Internet of Things (IoT) is regarded as one of the greatest technological revolutions of this century.

The internet Internet of Things eden (IoT), which expresses the latest point of internet infrastructure, has been widely used in different areas of life such as automation, banking, health, transportation, agriculture and food and beverage sector. IoT technology has great application potential. There are potential benefits in traceability, visibility and controllability throughout the food supply and cold chain throughout the food industry, from production to storage and distribution.

Keywords: internet, cold, chain, food, automation

1. GİRİŞ

Teknolojideki çok hızlı değişim ve yenilikler, günlük hayatta insanlar için ve tüm iş sektörleri için her geçen yıl daha büyük etkilere yol açmakta. Yeni teknolojilere en iyi örneklerden olan nesnelerin interneti çözümleri, büyük veri analizleri ile bir arada düşünöldüğünde, şirketler için yaptıkları işin kalitesini ve verimi arttırmakta ve hatta rekabet gücünü etkilemeye başlayan önemli faktörlerden biri haline gelmektedir.

Nesnelerin interneti, sensörlerin ve diğer akıllı teknolojilerin birbirlerine bağlanması için bir temel oluşturarak, nesnelere, insanlardan nesnelere ve insanlardan çevreye iletişimi sağlar. Bilgi ve iletişim teknolojileri kavramı bu sayede yeni değerler kazanmıştır. Çünkü herkes her yerden ve her zaman bilgiye herhangi bir akıllı cihaz kullanarak erişilebilir hale gelmiştir. Araştırmanın ikinci bölümünde nesnelerin interneti kavramı ve kullanım alanları üzerinde durulmuştur.

Gıda üreticileri için gıda kalitesini korumak, hem insan sağlığı açısından bir gereklilik hem de yasal olarak bir zorunluluktur. İlgili Türk standartına göre gıdalar için sıcaklık takibi yapmak ve raporlamak işletmelerin sorumluluğundadır. Bu araştırmanın amacı, yiyecek içecek sektöründe gıda kalitesinin korunması için yapılan soğuk zincir ısı takibinde kullanılan bir nesnelerin interneti uygulamasını inceleyerek soğuk zincirde sağladığı avantajlarla nasıl bir güç ve tasarruf sağladığını göstermektir.

Araştırmada incelenen BTA İşletmelerinde gıdaların soğuk zincir nesnelerin interneti uygulaması süreci hızlandırmak, süreçte etkinliği, verimliliği sağlamak ve sağlıklı muhafazaları açısından önemlidir. Türkiye’de gıda soğuk zincir nesnelerin interneti uygulamaları ile ilgili sınırlı araştırma olması nedeniyle bu araştırmadan elde edilen verilerin diğer araştırmalara kaynak oluşturabileceği düşünülmektedir. Üçüncü bölümde işletmenin soğuk zincir ısı ve araç takip sisteminde kullanılan teknolojilerle ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde BTA İşletmeleri ve soğuk zincir ısı takibinde kullandığı eski ve yeni sistemler incelenmiş, kullanılan ekipmanlar gösterilerek çalışma yöntemleri anlatılmıştır. Beşinci bölümde ise nesnelerin interneti dönüşümü sonrasında işletmenin yaptığı tasarruf ve kar analizi bulguları ortaya konmuş, nesnelerin interneti özellikli sistemin, eski sisteme karşı avantajları belirlenmiştir.

2. NESNELERİN İNTERNETİ VE UYGULAMALARI

Nesnelerin İnterneti günümüzün teknolojisinin gelişimi ile ilgili bilinen terminolojilerden biri ve günlük hayatımızda yaşadığımız bazı sorunlara çözümler sağlayan yeni bir teknolojidir. Nesnelerin İnterneti, daha iyi izleme ve yönetimle akıllı sistemler kurmak amacıyla bilgi alışverişini ve iletişimi yürütmek üzere ekipman parçalarını algılayarak, bilgi protokolleri yoluyla internet ile herhangi bir nesne önceden belirlenmiş protokollere dayalı bir ağa bağlamak için bir ağ kategorisi olarak tanımlanır. Nesnelerin İnterneti, milyarlarca nesnenin, kamu ya da özel İnternet Protokolü (IP) ağları üzerinden birbirine bağlı, bilgiyi algılayabileceği, iletebileceği ve paylaşabileceği bir dünya inşa etme niyetinde olup birbirine bağlı olan nesnelere düzenli olarak toplanan, analiz edilen veriler ve eylemi (işlemi) başlatmak için kullanılan, planlama, yönetim ve karar vermek için zengin bir zekâ sağlayan büyük veriye sahiptir. Bilgi işlem ve iletişimin geleceği internet teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) dünyasıdır. Genellikle fiziksel nesnelere ağı olarak tanımlanan Nesnelerin İnterneti, tek bilgisayar ağı değil, araç, akıllı telefon, ev aletleri, oyuncaklar, kameralar, medikal aletler, insanlar, hayvanlar, binalar ve endüstriyel ürünler gibi her tür boyutta bir cihaz ağına dönüşmüştür. Akıllı yeniden düzenlemeler, konumlandırma, izleme, güvenli kontrol, kişisel gerçek zamanlı çevrimiçi izleme, denetimin yükseltilmesi ve yönetimin sağlanması için, tüm nesnelere, belirtilen protokollere dayalı olarak bilgi, iletişim ve bilgi paylaşımı sağlar.

Günümüzde ne kadar internetin kullanıldığı göz önüne alındığında, nereden geldiğini ve dünyayı büyütmek için nesnelere keşfeden, düşünen ya da bağlayan önemli kişilerin kimler olduğuna bakmamız önemli ve faydalıdır. Nesnelerin İnterneti kavramı 1999 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsünden (Massachusetts Institute of Technology (MIT)) Auto Center'dan gelişmektedir. MIT Auto-ID Laboratuvarı, Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) ve Kablosuz Sensor Ağı kullanarak Nesnelerin İnterneti kurmaya çalışmışlardır. Nesnelerin İnterneti, sensörlerin, ve diğer akıllı teknolojilerin bağlanması için bir temel olmuştur ve böylece nesnelere nesnelere, insanlardan nesnelere ve insanlardan çevreye iletişimi sağlar. Bilgi ve iletişim teknolojileri kavramı bazı yeni değerler kazanmıştır, çünkü bilgiye

herkes her yerden her zaman herhangi bir akıllı cihaz kullanarak erişilebilir. Nesnelerin bu yönüne bakıldığında, IoT'nin günlük hayatlarımız üzerinde doğrudan etkisi olan herhangi bir durum hakkında gerçek zamanlı bilgi içeren kişileri içeren milyonlarca akıllı bağlantılı cihazdan oluştuğunu fark edebiliriz.

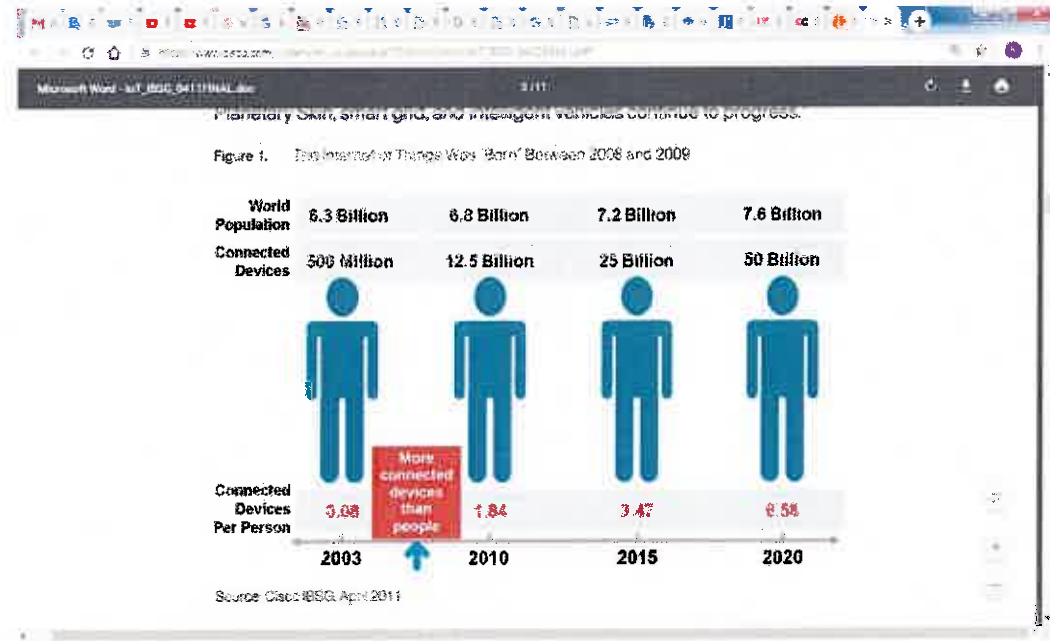
IoT aynı zamanda “nesnenin, hayvanların ya da insanların, insandan insana ya da insana ihtiyaç duymadan, bir ağ üzerinden veri aktarma becerisi ve benzersiz tanımlayıcılarla birlikte sunulduğu bir senaryodur. IoT, kablosuz teknolojilerin, mikroelektromekanik sistemlerin (MEMS), mikro servislerin ve internetin birleşmesiyle doğmuştur.”

Nesnelerin İnterneti üç kategoriye ayrılır: (1) insanlardan insanlara, (2) insanlardan makinelere veya nesnelere, (3) nesnelere veya makinelerden makinelere veya nesnelere, İnternet üzerinden birbirleriyle etkileşim. Böylece, nesnelerin interneti üç şeyin internetidir. Nesnelerin İnternet'inin ana hedefi, enerjiyi, ulaşımı, şehirleri ve diğer birçok alanı daha akıllı hale getiren akıllı ortamlar kurmak amacıyla birleşen sanal ve dijital gerçek bir dünya kurmaktır. Ana konseptinde, nesnelere, tanıma, güvenilirlik, bilgi algılama cihazları aracılığıyla adreslenebilir ve / veya internet üzerinden veya RFID, kablolu Kablosuz ağı, Bluetooth, Zigbee vb. gibi diğer iletişim araçlarıyla kontrol edilebilir.

2.1. Nesnelerin İnterneti'nin Kısa Tarihi

1982'nin başlarında, Carnegie Mellon Üniversitesi'nde, sıcaklığı ve envanteri rapor edebilen değiştirilmiş bir kola makinesi yapıldı. Genellikle bu internet bağlantılı ilk cihaz olduğuna inanılıyor. IoT terimi, ABD Federal İletişim Komisyonu'nda (FCC) verilen 1985'teki konuşmalarından birinde Peter T. Lewis tarafından kullanılmıştır. 1991'de Amerika Birleşik Devletleri'nde baş bilim adamı olan Mark Weiser ve her yerde bilgi işlemin babası olan her yerde bilgi işlem konusunda seminal bir makale ve akademik mekanlarda IoT anlayışı üretildi. 1994 yılında Palo Alto, California'daki Echelon şirketinin bir mühendisi olan Reza Raji, IoT'yi “küçük veri paketlerini büyük bir düğüme taşımak, ev aletlerinden tüm fabrikalara entegre etmek ve otomatikleştirmek için” olarak tanımladı. 1994'ten 1996'ya kadar Microsoft, Novell, NEST gibi şirketler IoT için bazı ağ çözümleri sunmaktadır. 1999'da İngiliz teknoloji öncüsü Kevin Ashton, MIT'deki Auto-ID Center'ı kurdu. Radyo frekansı tanımlama (RFID) IoT'yi popüler yaptı. IoT, 2013 yılında kablosuz iletişim, mikro

elektromekanik sistem (MEMS) ve gömülü sistemler gibi birçok teknolojiye evrimleşmiştir. Bu bölgeler IoT'ye katkıda bulunmak için birlikte çalışmaktadır. Şekil 2.1.'de gösterilen Cisco firmasının verilerine göre, 2020 yılına gelindiğinde, IoT'nin 50 milyar nesneyi geçmesi beklenmektedir.



Şekil 2.1. IoT Gelişimi (<https://www.cisco.com>.,Erişim tarihi: 10 Haziran 2019)

2.2. Nesnelerin İnterneti Sistem Katmanları

IoT yatırımındaki teknolojik katmanlar algı, ağ ve zekadır. Bu üç katman, IoT yatırımı için oluşturulan bir IoT teknoloji yığını için bir temel olarak düşünülebilir. Belirtilen basitçe algılanan katman verileri toplar, ağ katmanı verileri iletir, istihbarat katmanı karar vericilere ya insan karar vericileri içerebilen ya da kısmen ya da tamamen otomatikleştirilebilen verileri sıralar.

IoT yatırımındaki algılama katmanı, IoT yatırımında analiz edilen verileri toplayan ve çevrede faaliyet gösteren aktüatörlerden oluşan sensörlerden oluşmaktadır. Atzori ve diğ. (2010), radyo frekansı tanımlama teknolojisi (RFID), yakın alan iletişim teknolojisi (NFC) ve kablosuz sensör ağları (WSN) olan algılama katmanı için üç anahtar teknolojiyi listeler.

Ağ katmanı, işlevsel olarak verilerin algılama katmanı ile zeka katmanı arasında taşınmasından oluşur. Ağ katmanındaki önemli yönler, verilerin iletilmesinde kullanılan farklı ağ teknolojileridir. IoT ağ katmanı için bazı ilgili teknolojiler ağ bölümünde sunulmaktadır. Ağ katmanı için hesaplama paradigmasını seçmek de çok

önemlidir ve IoT paradigması ile ilgili iki farklı bilgisayar paradigması sunulmaktadır: bulut hesaplama ve edge hesaplama.

IoT yatırımında istihbarat katmanının en önemli katman olduğu söylenebilir. Veri toplama ve bilgisayara aktarma yeteneğine sahip olmak, onu anlama ve bu verilere dayanarak iyi kararlar vermeden çok değerli değildir. Algılama katmanındaki tüm sensörlerden gelen potansiyel veri miktarı, IoT bağlamında Büyük Veri terimini kullanmayı haklı kılar. Bu, farklı analitik çözümlerinin IoT yatırımına dahil edilmesi gerektiği anlamına gelir. Verileri sensörlerden anlama yeteneğine sahip olmak, IoT yatırımında dikkate alınması gereken tek bir şey bırakıyor: karar alma. IoT Big Data bağlamında karar vermek insanlar için çok zor olabilir, bu nedenle karar destek sistemleri sunulur. IoT yatırımındaki karar alma süreçlerinin çoğunu otomatik hale getirme yeteneğine sahip olmak, Yapay Zeka (AI) yardımıyla uygulanabilir bir seçenek olabilir, bu nedenle AI için bazı temel kavramlar da kısaca sunulmuştur.

Nesnelerin İnterneti şu anda çok popüler bir terimdir ve büyük bir potansiyele sahiptir, ancak çevresinde çok fazla karmaşa da vardır. IoT'nin tam olarak ne anlama geldiğini ve bununla ilgili tüm olasılıkları tanımlamak oldukça zor olabilir çünkü IoT ile ilgili birçok tanım vardır. Li, Xu ve Zhao (2015), IoT için tek bir kesin tanım olmadığını, bunun yerine IoT ile benzer tanımlara sahip çeşitli terimler veya IoT ile çok bağlantılı terimler olduğunu belirtir:

- Herşeyin İnterneti
- Endüstriyel İnternet
- Her yerde aynı anda hesaplama
- Yaygın hesaplama
- Nesnelerin Ağı

Kavram olarak Nesnelerin İnterneti, birçok yolla tanımlanabilir ve bu, onu anlamada ve iş potansiyelini uygulamada zorluklara neden olabilir. Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu (IIC), Nesnelerin İnterneti Konsorsiyumu, İnternet Mühendisliği Görev Gücü (IETF), Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), IoT ile ilgili çok sayıda tanım, standart ve protokol üzerinde çalışan çok sayıda kuruluş bulunmaktadır. Web Konsorsiyumu (W3C), 3. Nesil Ortaklık Projesi (3GPP) ve Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE). IoT paradigmasında yer alan

çeşitli taraflar arasında IoT kavramını ve bununla ilgili farklı unsurları tanımlamanın birçok yolu vardır.

2.2.1. Algı Katmanı

IoT yatırımındaki algılama katmanı, sensör vericilerle veri toplama ve aktüatörler aracılığıyla çevreyi değiştirme işleminden oluşur. IoT yatırımındaki algılama bileşeni ayrıca Nesnelerin İnterneti terimindeki “Nesneler” anlamına da gelir. IoT yatırımını etkileyen ve algılama katmanındaki teknolojik seçimler hakkında karar verirken göz önünde bulundurulması gereken çok sayıda teknolojik yön vardır. Mattern ve Floerkemeir (2010), iletişim, adreslenebilirlik, tanımlama, algılama, harekete geçirme, gömülü bilgi işleme, yerleştirme ve kullanıcı arayüzleri gibi bazı yönleri listeler. Li, Xu ve Zhao (2012), Whitmore, Agarwal ve Xu (2015) ve Atzori ve ark. (2010), Liv d. (2011), Luo vd. (2009):

- Radyo frekansı tanımlama teknolojileri (RFID)
- Yakın Alan İletişimi teknolojileri (NFC)
- Kablosuz sensör ve aktüatör ağları (WSAN)

Radyo frekansı tanımlama teknolojileri (RFID) temassız tanımlama sistemleridir. RFID sistemi iki bölümden oluşur: alıcı-verici ve okuyucu. Aynı zamanda bir etiket olarak da adlandırılan transponder, daha sonra benzersiz bir şekilde tanımlanabilen nesneye gömülüdür. Okuyucu, bazen alıcı-vericideki verileri yeniden yazabilen veri toplama birimidir. Okuyucu normal olarak bir radyo frekans modülü, kontrol ünitesi, bir bağlantı elemanı ve verileri iletmek için bir arayüzden oluşur. RFID, barkod, optik karakter tanıma, biyometrik tanıma veya akıllı kartlar gibi daha geleneksel otomatik tanımlama sistemlerine kıyasla çok sayıda avantaja sahiptir. Teknik olarak RFID sistemi, örneğin veri miktarı, makine okunabilirliği ve işletme maliyetlerinde iyi karşılaştırır. RFID teknolojisi, verilerin mekanik bir temas gerektirmeden otomatik olarak okunabildiği ve gerektiğinde verilerin yeniden programlanabildiği barkod sistemi olarak görülebilir. Çeşitli RFID sistemlerinin bölünebileceği yönler, örneğin işletme tipi, veri miktarı, sistemi programlama yeteneği, çalışma prensibi, sıra, güç kaynağı, frekans aralığı ve tepki süresidir (Finkenzeller, 2010).

IoT yatırımının amaçlanan niteliğine göre ağırlıklandırılması gereken farklı RFID sistemleri arasında çok sayıda fark vardır. Örneğin, çalışma frekansı, aralık gereksinimleri, güvenlik talepleri ve bellek kapasitesi, IoT yatırımları için algılama katmanının donanım bileşenlerini seçerken ilgili faktörler olan az sayıda niteliklidir. RFID sistemlerinin işlevselliği düşük uçlu ve yüksek uçlu sistemlere sınıflandırılabilir. En düşük işlevsellik sınıfından daha karmaşık özelliklere kadar, sistemlerin farklı işlevleri arasında salt okunur yetenekler, okuma-yazma yetenekleri, çarpışma önleme yetenekleri, radyo sinyallerinin farklı aygıtlardan karışmasını önleme, şifreleme yetenekleriyle kimlik doğrulama, işletim sistemi yetenekleri ve kriptografik birlikte işleme yetenekleri olan akıllı kartlar sayılabilir. (Finkenzeller, 2010).

Yakın alan iletişimi teknolojileri (NFC), algılama katmanındaki IoT yatırımı için bir başka önemli teknolojidir ve RFID teknolojilerinin uygulanması düşünüldüğünde ilgilidir (Atzori ve diğerleri, 2010). NFC teknolojisi, kısa menzilli bir kablosuz teknolojidir ve iki NFC cihazı arasındaki veri alışverişi, cihazlar arasında yakın mesafe gerektirir. Birçok modern akıllı telefon, NFC cihazı olarak ve uyumlu bir RFID etiket olarak kullanılabilir. NFC cihazları arasındaki iletişim, yüksek frekanslı değişken alanlarla gerçekleşir ve iki tür NFC arabirimi gerektirir: bir NFC başlatıcısı ve bir NFC hedefi. NFC cihazı bir NFC uyarıcısı veya NFC hedefi olarak işlev görebilir. NFC cihazlarının iletişim için pasif mod ve aktif mod olan iki çalışma modu vardır. Rohde ve Schwarz (2011) mobil ödeme, kimlik doğrulama, NFC üniteleri arasında veri aktarımı, diğer hizmetlerin kilidini açma, bilgiye erişim ve biletleme gibi potansiyel kullanım alanları olarak listelenmiştir. NFC teknolojisinin RFID teknolojisine kıyasla avantajı, NFC cihazlarının hem tetikleyici aygıtlar hem de hedef aygıtlar olarak davranma yeteneğidir. RFID teknolojisiyle, etiketler transponder işlevi göremez. Bu, NFC cihazlarının çeşitli veri değişim özelliklerine sahip eşler arası ağlar oluşturmasını sağlar. IoT yatırımlarıyla ilgili olarak NFC teknolojilerindeki zorluklar, NFC teknolojilerinin standartlaştırılmamasından kaynaklanabilir. Bu, sensörlerdeki ve bunlardaki işletim sistemlerindeki farklılıklar anlamına gelebilir (Sundmaeker ve diğerleri, 2010; Finkenzeller, 2010).

Kablosuz sensör ve aktüatör ağları (WSN), IoT algılama katmanı için üçüncü anahtar teknolojidir. Bazen sadece kablosuz sensör ağları olarak adlandırılan kablosuz sensör ve aktüatör ağları, algılama ve çalıştırma yeteneklerine sahip düğümlerden oluşan ağlardır. WSN'ler, verileri ileten baz istasyonuna bağlı düğümlerden oluşur. Düğümler, hız, mesafe, yön, kimyasal değişiklikler, zorlanma ve yük basıncı gibi farklı

türde verileri toplayabilen sensörlerden oluşur. Kablosuz sensörler genellikle bazı işleme ve iletişim yeteneklerini algılama yetenekleriyle birlikte gelir. Sensörler, iletişimi kodlamalarını ve kodlarını çözmelerini sağlayan kendi işlemcilerine de sahip olabilir. WSN, IoT yatırımında üretilen veri miktarını artırmak için RFID teknolojisi ile birlikte kullanılabilir. Genellikle WSN sensörleri, sensörler ve aktüatörler için enerji sağlayan diğer cihazlara yerleştirilmiştir. WSN'ler ayrıca, bazıları günlük olarak değişiklik gerektiren, bazıları daha büyük bataryalar aylarca enerji alabildikleri zamana göre değişen bataryalarla da çalıştırılabilir. WSN'deki kritik nokta güç kaynağıdır çünkü sensör düğümleri genellikle bunlara bağlı büyük enerji kaynaklarına sahip değildir. Bu, tek sensör düğümünün ömrünün kısa olabileceği anlamına gelebilir. Genellikle bu, daha iyi güç tüketimine izin vermek için hem uygulama hem de şebeke seviyesi gibi verim ve gecikme gibi alanlarda daha düşük toplam performans seviyesi gereklilikleri ile ilgilidir (Atzori ve diğerleri, 2010; Akyıldız ve diğerleri, 2002).

2.2.2. Ağ Katmanı

IoT yatırımındaki ağ katmanı, veri aktarımından oluşur. Verilerin aktarılması, algılama katmanındaki sensörler ile zeka katmanı arasında gerçekleşir. IoT algılayıcı katmandan gelen veri miktarı, algılama katmanı ve zeka katmanı arasında veri aktarımı için zorluklar yaratan çok önemli olabilir. Ağ katmanındaki ana öğeler şunlardır:

- Ağ teknolojileri
- Bilgi işlem paradigmaları.

Ağ teknolojileri verilerin aktarılmasından sorumludur, ancak algılama katmanı tarafından oluşturulan devasa büyüklükteki verilerin aktarılacağı ve yönetileceği de bir sorudur. Algılama katmanından oluşturulan verileri yönetmenin farklı yolları vardır. Biri, edge hesaplama olarak bilinen sayım seviyesine yakın verilerin çoğunu işlemektir. Başka bir veri yönetimi yolu, verileri bulut bilişim paradigması olan işlem için başka bir yere aktarmaktır. Ağ katmanı ile ilgili teknolojik yönler, dağıtım, mobilite, maliyet, boyut, enerji, heterojenlik, iletişim şekli, altyapı, ağ topolojisi, kapsam, bağlantı, ağ boyutu, kullanım ömrü ve teknolojilerin hizmet kalitesi gibi özellikleri içerir (Sundmaeker, 2010).

IoT ayrıca mevcut IPv4 internet protokolünden yeni IPv6 protokolüne geçişte faktörlerin başında geliyor. Bu protokoller arasındaki temel değişiklik, bilgisayarlar

için olası IP adreslerinin miktarıdır ve IPv4'ten IPv6'ya geçişle birlikte, potansiyel adreslerin sayısı, şu anki 4 milyar adresten undecilliona kadar önemli ölçüde artmaktadır. Bunun nedeni IPv4 adreslemesinin 32 bit adresleme kullanması ve IPv6 128 bit'i kullanması, dolayısıyla daha geniş adres seçimidir. Atzori ve diğ. (2010), IPv4'ten IPv6'ya bu değişikliğin IoT çözümlerinde eylem gerektirdiğini, örneğin RFID etiketlerinin 64-94 bit adresleme kullandığını ve bazı şeylerin adreslemesini sıralamak için hala bazı tür çözümlere ihtiyaç duyulduğunu belirtti (Mazhelis ve ark., 2013).

Ağ teknolojileri çok geniş bir alandır ve veri aktarımı için birçok rakip çözüm vardır. Çözümler arasındaki farklılıklar, birçok durumda birbirleriyle tutarlı olmayan bileşenlerde uygulanan farklı standartlardan ve iletişim protokollerinden gelir. Bu, IoT yatırımının ağına yönelik bileşenlere karar verirken zorluklar yaratabilir, çünkü IoT bileşenleri için hangi teknolojilerin baskın versiyon olacağı belirsizdir. Bu, yanlış teknolojiyi seçmenin değiştirmenin zor veya maliyetli olacağı anlamına gelebilir (Mazhelis ve ark. 2013).

Genel olarak ağ teknolojileri, kablolu ve kablosuz teknolojilere ayrılabilir. IoT bağlamında, kablosuz teknolojiler, maddeleri kablolarla internete bağlamak zorunda olmadıkları için çok yönlülük nedeniyle daha ilginçtir. Kablosuz teknolojiler için bir diğer sınıflandırma faktörü, kısa ve uzun menzilli teknolojilere ayrılabilen kapsama alanıdır. Kısa menzilli teknolojiler, uzun menzilli teknolojilerin daha geniş alanları kapsadığı, normal bir evden daha küçük kapsama alanlarına sahip teknolojileri içerir. Bazı IoT vakalarında, kısa mesafeli teknolojiler daha iyi enerji verimliliği ve düşük maliyetleri nedeniyle daha uygun olabilir (Mazhelis ve ark., 2013). Palattella ve diğ. (2016), daha uzun kapsama alanı, nispeten düşük dağıtım maliyetleri, yüksek güvenlik düzeyi ve uzun menzilli teknolojiler için daha kolay yönetim olan kısa mesafe teknolojileri ve uzun mesafe teknolojileri arasındaki farkları listeler.

Kısa menzilli kablosuz teknolojiler arasında hem kablosuz kişisel alan ağ teknolojileri (WPAN) hem de kablosuz yerel alan ağ teknolojileri (WLAN) bulunur. WPAN teknolojileri aygıtları küçük mesafelerde birbirine bağlarken, WLAN teknolojileri bilgisayarları daha büyük bir alandan, genellikle büyük bir binanın büyüklüğü etrafında birleştirir. Hem WPAN hem de WLAN teknolojileri genellikle internete bağlanmak için bir yönlendiriciye ihtiyaç duyar. Kısa menzilli kablosuz teknolojiler, Bluetooth, ZigBee, Z-dalgası, Insteon, BACnet, Modbus, ANT, 6LowPan ve Wi-Fi gibi birçok farklı teknolojiyi içerir.

Mazhelis ve diğ. (2013) bu teknolojileri dört ana uygulama alanına ayırmıştır: kullanıcı izleme, ev otomasyonu, bina otomasyonu ve otomobiller. Bazı kısa menzilli kablosuz teknolojiler, Wifi ve Zigbee gibi birçok alanda da kullanılabilirken, diğer teknolojiler bina otomasyonunda kullanılan BACnet ve Modbus gibi daha özel uygulama alanlarıdır. Teknolojiler arasındaki farklılıklar, kısa mesafeli kablosuz teknoloji yığını üzerinde farklı katmanlarda çalıştıkları gerçeğinden yaratılmaktadır. Kısa menzilli kablosuz teknoloji yığın katmanı, fiziksel katman, bağlantı katmanı, ağ katmanı, taşıma katmanı ve uygulama katmanından oluşur. Teknik farklılıklar aynı zamanda farklı çalışma aralıkları, frekansları ve protokoller arası işlerlikten de kaynaklanmaktadır (Bonaventure, 2011; Mazhelis ve diğerleri, 2013).

IoT bağlamında uzun menzilli kablosuz iletişim, hücresel teknolojiler ve kablosuz geniş alan ağı (WAN) teknolojilerini içerir. Hücresel teknoloji, her biri belirli bir alan veya hücreden sorumlu olan birçok birbirine bağlı verici anlamına gelir. Hücresel teknolojiler normalde birinci nesil teknolojilerden (1G) başlayıp mevcut dördüncü nesil teknolojilere (4G) kadar olan nesiller içinde kategorize edilir. Gelecek nesil ileri, 2019 yılından itibaren konuşlandırılması planlanan beşinci nesil. Beşinci nesil (5G) hücresel teknolojiler, IoT ile çok ilgilidir, çünkü çok daha verimli iletişim sağlar. 5G teknolojileri, önceki dördüncü nesil teknolojilere kıyasla bağlı cihaz sayısı, veri hızı, kapsam ve hizmet kalitesi ölçümlerinde önemli iyileştirmeler sağlar. Beşinci nesil hücresel teknolojiler ayrıca mevcut teknolojilerden daha iyi güvenlik, mobilite, servis kalitesi ve global erişim sağlar. 5G teknolojilerindeki iyileştirmelerin ana kaynağı milimetre dalgalar denilen daha yüksek frekansların kullanılmasıdır. 5G gelişmeleri için bir başka faktör ışın iletme yetenekleri ve tam çift yönlü yeteneklerdir; bu, iletimi daha akıllıca odaklamak ve aynı frekansları kullanarak daha kolay bir şekilde iki yönlü iletişim gönderebilmek anlamına gelir (Palattella ve ark., 2016).

Geniş alan ağı teknolojileri, PAN ve LAN teknolojilerine benzer, ancak yalnızca daha büyük kapak alanlarıyla. Geniş alan ağı teknolojileri örneğin Coronis, NWave ve On-Ramp kablosuz içerir. Anahtar özellikler geniş kapsama alanı, verimli enerji tüketimi ve düşük bant genişliği kullanımıdır. Geniş alan ağ teknolojileri ve hücresel teknolojiler, WAN teknolojilerinin makineden makineye daha kısa menzil için daha uygun olduğu, M2M iletişimi ve mevcut hücresel teknolojilerin WAN teknolojilerine kıyasla daha önce bahsedilen avantajlarla daha uzun menzilli iletişim için daha uygun olduğu uyumlu teknolojilerdir (Palattella ve ark., 2016).

Bulut hesaplama paradigması, IoT yatırımında, özellikle üretilen verinin büyüklüğü Büyük Veri seviyelerine yaklaştığında çok önemli bir husustur. Lee ve Lee (2015), IoT yatırımının potansiyel olarak üretebileceği çok büyük miktarda veri nedeniyle veri yönetiminin IoT yatırımları için en büyük zorluklardan biri olduğunu savunuyor. Farklı hesaplama paradigmaları arasında örneğin ana bilgisayar hesaplama, bilgisayar hesaplama, bulut hesaplama ve edge hesaplama bulunur. IoT yatırımları için en ilginç bilgi işlem paradigmaları bulut bilgi işlem ve son bilgi işlemdir.

Bulut bilişim, dinamik olarak ölçeklenebilir kaynakların internet üzerinden sağlandığı ve verilerin çoğunun oluşturulduğu yerden başka bir yerde işlendiği bir bilişim paradigmasıdır. Bulut bilişimin faydaları ölçeklenebilirlik, fiyatlandırma ve yüksek kullanılabilirliktir. Bulut bilişim, kullanıcıların işlem gücü, depolama, sunucular ve talep üzerine uygulamalar gibi çok yüksek kaynaklara ulaşmalarını ve kullanmadan kullandıkları miktarla ödeme yapmalarını sağlar. BT altyapısına yatırım yapmanız gerekiyor. Leavitt'e (2009) dayalı bulut bilişim için zorluklar arasında güvenlik, gizlilik ve bulut platformlarının belirli özelleştirilemezlik düzeyi bulunur. Zorlu yönlerden biri de, verilerin bulunduğu yer nedeniyle bulut bilişim sağlayıcılarını değiştirmekte güçlük çekmektir (Furth ve Escalante, 2010).

Bulut bilişim, özel, genel ve karma olarak üç bölüme ayrılabilir. Özel bulut bilgi işlem, yalnızca güvenlik, veri kontrolü ve daha fazla kişiselleştirme yeteneği üzerinde daha fazla kontrol sağlayan bir müşteri için sağlanmıştır. Özel bulutlar üçüncü taraf sağlayıcılar veya müşteriler tarafından sağlanabilir. Genel bulut bilişim, birden fazla istemcinin genellikle donanımı, yani sunucuları, depolama sistemlerini ve ağları paylaştığı üçüncü taraflarca sağlanan bir bilgi işlem hizmetidir. Hibrit bilgi işlem, özel bulut ve genel bulutun bir karışımıdır. Bu tür bulut hesaplama türleri arasındaki temel fark güvenlidir. Özel bulutlar, çoğu durumda kamusal kullanımda olan ve yalnızca belirli müşterilerin ihtiyaçlarına göre yönetilemeyen, genel bulutlardan çok daha güvenli olabilir (Furth ve Escalante, 2010).

Bulut bilgi işlem genellikle üç servis seviyesine ayrılır: Hizmet Olarak Yazılım (SaaS), Hizmet Olarak Platform (PaaS) ve Hizmet Olarak Altyapı (IaaS). SaaS servis modeli, müşterilere BT altyapısını kullanmaya gerek kalmadan uygulamalara erişim sağlar. Bu, SaaS servis modeli müşterilerinin, uygulamaya lisans veya abonelik yoluyla erişim satın alabilecekleri anlamına gelir. SaaS servis modeli, müşterilere eksiksiz bir BT yığını, yani uygulama, ara katman yazılımı, veritabanı, işletim sistemi,

sanallaştırma ve BT sistemi altyapısı olarak hizmet sunar. İki SaaS çözümü kategorisi vardır: yatay ve dikey. Yatay SaaS çözümü, farklı SaaS çözümlerinin belirli endüstrilere göre uyarlanmış ürünlerden oluştuğu farklı endüstrilerde spesifik fonksiyonlara uygulama sağlar. PaaS servis modeli, müşterilere farklı uygulamalar çalıştırabilecekleri BT destesini sunar ancak uygulamaların kendisi de hizmet modeline dahil değildir. Bu nedenle, müşteriler uygulamaları çalıştıracak bir ortama sahip olması gereken katman yazılımına, veritabanına, işletim sistemine, sanallaştırmaya ve BT sistemi altyapısına erişebilir. IaaS servis modeli müşterilere BT sistemi altyapısını ve sanallaştırmayı sağlarken, IaaS müşterisi işletim sistemlerini ve gerekli uygulamaları kendileri ayarlar (Bain, 2010; Furth ve Escalante, 2010).

Edge bilgisayar veya sis bilişim olarak da adlandırılabilirdiği gibi, veri işleminin büyük bir kısmının ağı kenarındaki verinin kaynağının yakınında gerçekleştiği bir hesaplama paradigmasıdır. Edge bilgi işlem paradigması, ağa işleme, saklama ve analiz etme özelliklerine sahip bir ünite koymaktan ibarettir. Örneğin, bu özelliklere sahip yönlendiriciler veya anahtarlayıcılar sis düğümü olarak kullanılabilir.

Ayrıca IoT ağ geçidi aygıtı olarak da adlandırılan Sis düğümü, daha önce sunulan bazı kablosuz ağ teknolojilerini kullanarak ağdaki diğer düğümler arasında iletişim kurar. IoT ağ geçidi düğümü de internete bağlanmıştır, böylece bulut platformundan veri gönderip alabilir. Edge computing, örneğin çok fazla miktarda veriyi işlemek için ve sansür ve aktüatörlere geri döndürmek için buluta çok fazla veri taşınmasının endüstriyel IoT durumlarında uygun olabilir çünkü zaman veya diğer kısıtlamalar nedeniyle verimli olmayabilir. Edge computing daha sonra gerçek zamanlı analitik çözümleri için çok uygun olabilir çünkü daha hızlı reaksiyon süreleri sağlar. Bu nedenle eylemler ağı kendisinde verilen kurallara dayanarak gerçekleşecek ve daha derin analiz için bulut platformuna yalnızca belirli veriler gönderilecektir (Cisco, 2015, Sap, 2017).

Edge hesaplama için faydaları, IoT bağlamı veri için hızlı yanıtlar gerektirdiğinde, iletişim için düşük gecikme gereksinimi olduğu anlamına gelir. Edge computing, ağı coğrafi olarak çok büyük olduğu ve ağa bağlı çok sayıda ünitenin olduğu durumlarda kullanışlıdır. En yeni bilgi işlem uygulamaları, IoT yatırımına bazı ek gizlilik ve güvenlik de sağlayabilir, çünkü tüm verilerin bulut platformuna geri gönderilmesi gerekmez. Bu aynı zamanda eğer veriler ağ içinde işlenebilir ve işlenebilirse gerekli bant genişliği ve iletim maliyetlerini azaltır. Edge computing, cloud computing'e dahil değildir ve edge computing paradigmasının şu anda bulut

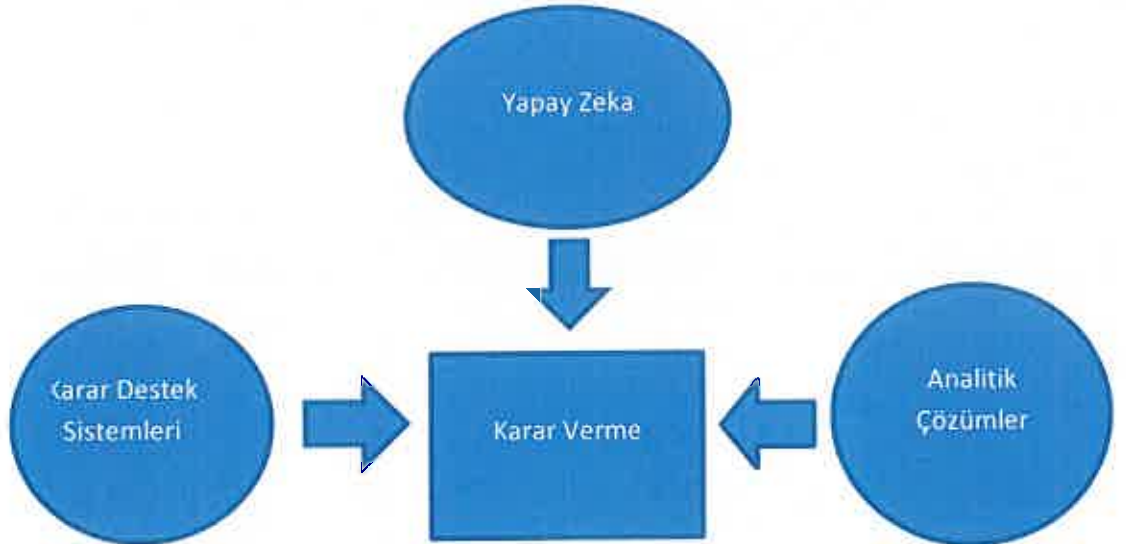
bilişim olasılıklarını benimseme eğilimine entegre edilmesinde ilginç olanaklar vardır (Cisco, 2015, Sap, 2017).

2.2.3. Zeka Katmanı

IoT yatırımındaki istihbarat katmanı, algılama katmanındaki sensör vericilerden elde edilen veriler ağ katmanı aracılığıyla toplandıktan ve işlendikten sonra veri analizinden ve karar vermeden oluşur. Yaygın olarak kullanılan Büyük Veri kelimesi, IoT sensörülerinin üretebileceği büyük miktarda veri nedeniyle IoT kavramına çok bağlıdır. Bir IoT yatırımı Büyük Veri olarak kabul edilebilecek miktarda veri üretebilir. Büyük Veri için yaygın bir tanım, önemli hacim, çeşitlilik ve hızla sahip bilgiler veya sadece üç V'lik veridir (Frizzo-Barker ve diğ., 2016). Birçok IoT yatırımındaki Büyük Veri ögesi, istihbarat katmanının IoT yatırımındaki en önemli unsur olduğu anlamına gelir. İstihbarat katmanındaki ana unsurlar:

- Analitik Çözümler
- Karar Destek Sistemleri
- Yapay zeka

Alınan bilgilerin ne anlama geldiğini ve bu bulgulara dayanarak karar verebilme yeteneğinin anlaşılması, IoT bağlamında çok önemlidir. Bu yetenekler olmadan, donanım ve ağ çözümleri önemli bir değer üretmez. IoT yatırımlarında zeka katmanındaki temel faktörler Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. IoT yatırımlarında zeka katmanındaki temel faktörler

IoT yatırımı, çeşitli kaynaklardan çok büyük miktarlarda veri toplamanın ve bu verileri kârlara dönüştürecek içgörülere dönüştürmek için analitik çözümler

kullanmanın bir yoludur. Sansür düzeyi verilerinin rafine edilmesi, genellikle iş zekası veya iş analitiği çözümleri olarak adlandırılan analitik çözümleri kullanılarak yapılır. IoT yatırımının bir diğer önemli kısmı, verilerin nasıl yönetileceğine ve bu verilere dayanarak bilgili kararların nasıl alınacağına karar vermektir. IoT bağlamında karar verme, büyük miktarda bilgiden dolayı bazı karar destek sistemlerini gerektirebilir. Bilgi kararlarının insan karar vericilerin yetenekleri üzerine yükselmesi durumunda, karar destek sistemlerinin uygulanmasında bile yapay zeka çözümleri, IoT yatırımından tüm potansiyel değerleri çıkarmak için gerekli olabilir.

Analitik, durumu açık bir şekilde anlamak için çeşitli metodolojiler, teknikler, teknolojiler, uygulamalar ve uygulamaların kullanımıyla verileri analiz etmek anlamına gelir. Analitik çözümün amacı, bilgiyi iç görüye dönüştürmek ve bu iç görüler temelinde eyleme izin vermektir. IoT yatırımında analitik çözümlerin son derece kritik olmasının nedeni budur. Analytics, bilgi sistemleri, bilgisayar bilimi, istatistik ve işletme gibi farklı alanlardan yönleri birleştirir. Analitik bağlamında kullanılan genel terimler, iş zekası (BI) ve iş analitiğidir (BA). İş zekası ve iş analitiğinin anlamı bazen çakışabilir, fakat genel iş zekası genel durumu daha fazla analiz etmek olarak görülebilir. BA olarak bazı şeylerin neden gerçekleştiği ve gelecekte neler olabileceği konusunda daha karmaşık istatistiksel analizler sağlayan genel seviye. Chen, Chiang ve Storey'e (2012) göre, analitik çözümlerini analiz ederken göz önünde bulundurulması gereken bazı hususlar veri ambarı, ETL (ekstraksiyon, dönüşüm, yükleme) süreçleri, veri tabanı sorgulama, çevrimiçi analitik işleme ve raporlama olarak da bilinen veri işleme ve farklı bu süreçlerde kullanılacak araçlar. (Chen, Chiang ve Storey, 2012; Grossmann ve Rinderle-Ma, 2015).

Analytics, tanımlayıcı analitik, öngörücü analitik ve kurallayıcı analitik kategorilerine ayrılabilir. Tanımlayıcı analitik, geçmiş verilerden genel düzeyde cevaplar sağlayarak durumlara genel netlik sağlar. Betimleyici analitik, veri özellikleri ve istatistiklerin genel özetlerinden, örüntü keşfinden ve bölümlendirmeden oluşur. Tahmine dayalı analiz, tarihsel verilere dayanarak gelecekte neler olabileceğine dair olası cevaplar sağlar. Bunlar bir tür regresyon analizi veya sınıflandırma ile yapılabilir. Tahmine dayalı analitik, önceki verilerden tahmin veya ekstrapolasyon olarak da bilinir. Reçeteli analitik, hem tanımlayıcı hem de öngörücü analitiği içerir ve duruma göre hareket etmek için farklı seçenekler sunar. Reçeteli analitik, birçok disiplinden gelen araçları kullanarak gelecekteki eylemlere dayanarak birden fazla farklı ilerleme hesaplar. Betimsel analitik, geçmişte olanları cevaplarırken, öngörücü analitik gelecekte

neler olabileceğine dair öngörülerde bulunur. Reçeteli analitik, her iki önceki analitik türünü de dikkate alır ve karar alma durumlarına eyleme alınabilir cevaplar sağlar (Grossmann ve Rinderle-Ma, 2015; Waller ve Fawcett, 2013).

IoT yatırımındaki analitik çözüm, sensür ve diğer kaynaklardan gelen büyük ham verilerin anlamlı bilgilere dönüştürülmesinden sorumludur. Diğer veri kaynakları hem yapılandırılmış hem de yapılandırılmamış verileri içerebilir; bu da iyi düzeyde organizasyon içeren veriler ve düşük düzeyde organizasyon içeren veriler anlamına gelir. Vermesan ve diğ. (2014), analitik çözümünün değer sağlamak için yapması gereken birkaç işlevi listelemektedir: farklı kullanıcıların kendi filtreleme kurallarını belirlemelerine izin vermek, toplanan verilere erişmek için uygulama programlama arayüzleri sağlamak, kullanıcıların gelen verileri işlemek için kendi iş akışlarını oluşturmalarını sağlamak, farklı kullanıcılar için çok kullanıcı bir modele izin vermek. Vermesan ve diğ. (2014), analitik çözümlerine dahil edilecek gelecekteki bir özellik olarak çoklu protokol yeteneklerinden, merkezden arındırılmadan, gelişmiş güvenlikten ve veri madenciliğinden bahsetmektedir. Çok protokollü yetenekler, hem veri alma hem de iletme konusunda farklı protokol türlerini ve standartları destekleme anlamına gelir. Bu özellik, IoT alanındaki çeşitli standartlar ve protokoller göz önüne alındığında oldukça önemlidir. Merkezi olmayanlaştırma, ürettikleri sensörlerin ve verilerin tek bir platforma bağlı olmadığı, farklı sistemlerin etkileşime girebileceği ve işbirliği yapabileceği anlamına gelir. IoT yatırımındaki tüm seviyeler için gelişmiş güvenlik açıkça çok önemlidir, ancak analitik çözümleri muhtemelen tüm IoT çözümlü için güvenliğin en kritik kısmıdır. İyileştirilmiş veri madenciliği yetenekleri, IoT cihazları ve diğer kaynaklardan üretilen devasa miktardaki verilerle geçmiş ve mevcut bilgileri daha verimli bir şekilde analiz etmek için gereklidir (Vermesan ve ark., 2014).

IoT çözümü tarafından üretilen veri miktarı o kadar büyük olabilir ki, geleneksel analitik çözümleri yeterli olmayabilir ve IoT yatırımının istihbarat katmanına belirli Büyük Veri çözümleri dahil edilmelidir. Büyük Veri çözümleri, örneğin toplu olarak paralel işlem veritabanları, veri madenciliği ızgaraları, dağıtılmış veritabanları, bulut bilişim ve ölçeklenebilir depolama sistemleri kullanarak daha büyük miktarlarda daha karmaşık verileri işleme kabiliyetleri nedeniyle tipik analitik çözümlerinden farklıdır. Büyük Veri çözümleri ile ilgili zorluklar gizlilik, geleneksel ilişkisel veritabanları ve NoSQL veritabanı sistemleri arasındaki entegrasyon sorunları, işlem algoritmalarını hızlandırmak için daha verimli çözümlerin gerekliliği ve veri depolamasının iyileştirilmesidir (Vermesan vd., 2014).

Karar destek sistemi (DSS), insanların işlemleri için çok fazla veri bulunan karmaşık durumlarda karar vermeyi geliştirmek için tasarlanmış etkileşimli bir bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Karar vermeyi daha objektif ve sistematik hale getirmek için karar destek sistemleri de uygulanabilir. Analitik çözümlerin amacı, karar vermede en iyi fırsatları yaratan verinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Karar vermeyi arttırmak için genellikle karar destek sistemleri olarak adlandırılan sistemler yaratılmıştır. Karar destek sistemleri, çeşitli seçenekler arasında seçim yapmak, süreç için farklı seçenekler oluşturmak ve hatta karar verme durumları yaratma fırsatlarını belirlemek gibi birçok şekilde kullanılabilir (Druzdzel ve Flynn, 2002).

Karar modelleri üç bileşenle temsil edilebilir. İlk olarak, hedeflerin tercihi. İkincisi, mevcut potansiyel seçenekler. Üçüncüsü, değişkenlerin karara ve sonuçlara etkisine ilişkin modeldeki belirsizlik miktarı. Bir karar destek sistemi için genel yapı veritabanı, arka uç-çözüm ve ön uç-çözümünden oluşan üç bölümlü bir uygulamadır. Veri tabanı tüm gerekli verileri depolar, arka uç esas olarak gerekli işlemleri yapar ve ön uç kullanıcı ve karar destek sistemi arasındaki etkileşimi düzenler (Druzdzel ve Flynn, 2002).

DSS (Decision support system), kullanıcının karar verme yeteneğini geliştirmek için tasarlanan herhangi bir bilgisayar uygulaması için genel bir terimdir. Şekil 2.3.'de gösterildiği gibi, beş genel DSS kategorisi vardır: iletişim odaklı DSS, veri odaklı DSS, belge odaklı DSS, bilgi odaklı DSS ve model odaklı DSS. İletişim odaklı DSS, karar alma sürecinde iletişimi ve işbirliğini kolaylaştırmak için ağ ve iletişim teknolojilerine vurgu yapar. Veri odaklı DSS, dahili ve harici kaynaklardan gelen zaman serisi verilerine odaklanır. Belge odaklı DSS, çoğunlukla çeşitli belgeleri alma ve bunları analiz etme yeteneğine sahiptir. Bilgi odaklı DSS, problem çözme yeteneklerine ve belirli durumlar için olası eylemler önerme yeteneğine odaklanır. Model güdümlü DSS, sınırlı parametre ve verilere sahip finansal veya simülasyon modelleri gibi çeşitli model türlerinde işlem yapma erişimine ve yeteneğine odaklanır (Power, 2007).



Şekil 2.3. Karar destek sistemlerinin beş kategorisi (Power, 2007).

Yapay zeka (AI), istihbarat konusundaki insanları eşleştirmek için bilgisayar yetenekleri geliştirmeye odaklanan bilgisayar biliminin bir alt bölümüdür. Son zamanlarda AI'ya ve özellikle de makine öğrenmeye yönelik büyük ilgi var ve AI'nın kullanabileceği tüm uygulama alanları kullanılabilir. IoT yatırımında uygulanan AI, IoT sensörleri tarafından üretilen potansiyel olarak büyük miktarda veri nedeniyle çok ilginçtir. Bu büyük miktardaki veriler, gerekli eylemlerin gerçek zamanlı olarak yapılması gerekiyorsa, insanları karar almaya dahil etmek için kolayca çok fazla olabilir. Üretilen veriler o kadar büyük ve karmaşık olabilir ki, insanlar verilerdeki tüm değerli öğeleri tanımlayamayabilir. Bu nedenle, AI uygulamak, IoT yatırımında göz önünde bulundurulması gereken mantıklı bir unsur gibi görünüyor. IoT yatırımının, AI yeteneklerini uygulamak için fırsatlar yaratmak amacıyla sensörleri mevcut bir sisteme eklemek için yapılan bir yatırım olduğu da düşünülebilir.

Yapay zeka, amaçların, insanların öğrenme, yaratıcılık, planlama, akıl yürütme ve karar verme gibi makinelerden daha iyi olduğu alanlarda bilgisayar yeteneklerini geliştirmek olduğu bir alandır. Yapay zekanın amacı zekayı anlamak ve ardından akıllı bilgisayarlar oluşturmaktır. Yapay zeka, doğal dil işleme, bilgi sunumu, akıl yürütme, bilgisayar görüşü, robotik ve makine öğrenimi gibi insan zekasıyla bağlantılı birçok farklı alandan oluşur. Yapay zeka, bilgisayar bilimi, matematik, felsefe, psikoloji, dil bilimi, ekonomi ve biyoloji gibi birçok disiplini birleştirmektedir (Ertel, 2011; Russell ve Norvig, 2010).

Karar destek sistemleri, yapay sinir ağları, evrimsel hesaplama ve makine öğrenmesi ile yakından bağlantılı olan robotik, konuşma işleme, planlama, uzman sistemler gibi AI alt alanları bulunmaktadır. IoT bağlamında AI'nın en ilginç alt alanı makine öğrenmesi olabilir. Makine öğrenmesi, bilgisayarlara açıkça söylemeden ve bilgisayarlara çeşitli algoritmalar kullanarak kendi başlarına iyileştirmeler yapmalarını sağlayacak görevleri gerçekleştirme konusunda inceleyen bir yapay zeka altkümesidir. Domingos (2015), makine öğrenmesi algoritmalarını beş ana grupta

sınıflandırmaktadır: sembolizm, bağlantısal, evrimsel, bayes ve analog. Bu grupların her biri, makine öğrenmesinde temel yöntem olarak farklı algoritmalar uygular. Sembolizmde uygulanan algoritma ters tündengelimdir, bağlantıda geri yayılım, evrimselde genetik programlama, Bayes algoritmasında ise bayesci çıkarım ana yöntem olarak kullanılır ve analogide destek vektör makinesidir. Bu algoritmaların çeşitli türleri denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme, sinir ağları ve güçlendirilmiş öğrenme gibi alanlarda kullanılır. Bu algoritmaların tümü, atandıkları farklı görev türlerinde farklı performans gösterirler (Ertel, 2011; Engelbrecht, 2007).

Bir şirketin sistemlerine kurulu çok sayıda sensör ve aktüatörün bulunduğu IoT yatırımı, yapay zeka ve özellikle de makine öğrenmesi için çok ilginç bir fırsat sunuyor. Yapay zeka, gerçek zamanlı karar vermede, insan operatörleri tarafından makineler kadar karar vermenin imkansız olacağı bir durumda kullanılabilir. IoT'nin gelişmiş sistemini makine öğrenimine maruz bırakmak sistemi karlı kullanmanın potansiyel yollarını belirleme fırsatları ki bu insanlar tarafından kolayca keşfedilemeyebilir. Makine öğrenimini IoT yatırımına doğru bir şekilde uygulamak, daha sonra satışları artırmak veya işletme maliyetlerini azaltmak için potansiyel olarak uygulanabilecek ilginç bulguları keşfedebilir.

2.3. Nesnelerin İnterneti Ekosistemi

IoT ekosistemi, IoT ortamında etkileşimde bulunan şirketleri, yetkilileri ve bireyleri içerir. IoT alanı çok farklı disiplinlerden oluşur ve ekosistemi anlamak IoT alanında özellikle önemlidir. Farklı teknolojilerin, standartların ve protokollerin geliştirilmesi ekosisteme bağlıdır. Mazhelis ve diğ. (2013) IoT ekosistemini aşağıdaki gibi tanımlamaktadır:

“şirketlerin fiziksel dünyasının ve sanal dünyasının birbirine bağlanmasıyla ilgili yaygın olarak paylaşılan temel varlıkları kullanarak şirketlerin rekabet ettiği ve işbirliği yaptığı sosyo-ekonomik ortamlarıyla birlikte etkileşim kuran şirketler ve bireyler topluluğundan oluşan bir iş ekosistemi. İnternet. Temel varlıklar, bağlı cihazlara, bağlantılarına, bu bağlantının üzerine kurulu uygulama hizmetlerine veya uygulama hizmetlerinin sağlanması, güvence ve faturalanması için gerekli olan

*destek hizmetlerine odaklanan donanım ve yazılım ürünleri, platformlar veya standartlar şeklinde olabilir. **

IoT alanında hangi teknolojilerin baskın hale geleceği ve hangi teknolojilerin küçük niş teknolojiler olabileceği konusunda belirsizlik şu anda var. Bu, IoT yatırımları için çok önemlidir, çünkü teknolojiler örneğin standardizasyon veya genel pazarın benimsenmesiyle daha popüler hale geldiğinde, teknolojik iyileştirme hızı ve bu teknolojilerin kullanımı için mevcut destek miktarı gibi olumlu etkiler olabilir.

IoT ekosistemi üç ana bölümden oluşur: Cihaz, Bağlantı ve Servis. Cihaz segmenti yonga üreticilerinden, modül sağlayıcılarından, cihaz üreticilerinden ve SIM kart sağlayıcılarından oluşur. Bağlantı bölümündeki ana taraflar şebeke operatörleri ve şebeke ekipmanı sağlayıcılarıdır. Bağlantı bölümündeki diğer taraflar olası ağ aboneliği yöneticileri, makineden makineye servis sağlayıcılar ve makineden makineye platform sağlayıcılarıdır. Servis segmentinde ana bileşen, uygulama servis sağlayıcısıdır (ASP).

ASP ile ilgili diğer roller arasında servis geliştiricileri, servis distribütörleri, provizyon sağlayan şirketler, bakım sağlayıcılar ve faturalandırma yetenekleri sağlayan şirketler yer almaktadır. Bulut sağlayıcılar, hizmet segmentinde de önemli bir parçasıdır. Üç ana bölüm dışında, ekosistemde yasama ve düzenleyici kurumlar gibi standart geliştirmekte olan kuruluşlar gibi önemli taraflar vardır. Tüm roller, bazı IoT uygulama alanlarında geçerli olmayabilir. Örneğin, reklam ve içerik üretmeyle ilgili roller, IoT'nin kişisel ve sosyal alanında, IoT'nin sağlık alanında olduğundan daha önemli olabilir.

Moore (1996) ekosistemi, müşterilere ürün ve hizmet üretmek için organizasyonların ve bireylerin etkileşime girdiği ekonomik bir topluluk olarak tanımlamaktadır. Ekosistem üç bölüme ayrılabilir: çekirdek ekosistem, genişletilmiş işletme ve iş ekosistemi. Temel ekosistem, ekosistemdeki ürün ve hizmetler için girdi sağlayan tüm şirketlerdir. Genişletilmiş işletme bölümü, çekirdek ekosistemin yanı sıra müşterileri, ücretsiz ürün ve hizmet tedarikçilerini, çekirdek tedarikçilerin tedarikçilerini ve standart kurumları içerir. İş ekosistemi ayrıca düzenleyiciler, sendikalar, sendikalar ve yatırımcılar gibi diğer tüm paydaşları da içerir (Moore, 1996).

IoT ekosistemindeki kilit kuruluşlar, donanım üreticileri, ağ ve yazılım sağlayıcıları, servis sağlayıcılar, düzenleyiciler ve yetkililerin olarak ayrılabilir

(Comptia, 2015, Mazhelis ve diğeri, 2013). Donanım sağlayıcıları ürünleri üreten şirketlerden oluşur:

- Sensörler
- Minyatür cihazlar
- Ağ donanımları

Donanım şirketleri, IoT yatırımlarının ve çözümlerinin oluşturduğu fiziksel bileşenleri sağlar. Bu bileşenler, IoT yatırımının donanım katmanları için tüm sensör ve aktüatörlerin yanı sıra ağ operatörleri ve bulut bilişim sağlayıcıları için bileşenleri içerir. Yazılım ve bağlantı sağlayıcıları aşağıdaki hizmetleri sağlayan şirketlerdir:

- IoT Platformları
- IoT ağları
- Bulut bilişim
- IoT yazılımı

Yazılım ve bağlantı sağlayıcıları arasında IoT platform şirketleri, ağ sağlayan şirketler, bulut bilgi işlem sağlayıcılar ve yazılım şirketleri yer almaktadır. IoT alanı için özellikle ilginç bir grup, IoT ekosisteminde potansiyel olarak en büyük kısmını oluşturabilen IoT platform sağlayıcılarıdır. IoT platformu, uygulamaları sağlamak için birlikte kullanılan, teknik olarak standartlaştırılmış bir bileşenler grubudur. İş ekosistemleri, çoğu durumda, ücretsiz servis üreticileri ve son kullanıcılar içeren platform satıcıları çevresinde geliştirilmiştir. IoT ekosisteminde farklı platform sağlayıcıları, çeşitli teknolojiler arasında birlikte çalışabilirlik sağlayarak kritik oyuncular haline gelebilir (Toivanen, Mazhelis ve Luoma, 2015).

Çok sayıda servis sağlayıcı, IoT çözümlerine aşağıdaki gibi ek hizmetler sunar:

- Entegrasyon çözümleri
- IoT servis yönetimi
- Analytics çözümleri
- Güvenlik
- Faturalandırma

Hizmet sunan şirketler, IoT yatırımlarına farklı hizmetler sağlayan birden fazla ek hizmet anlamına gelebilecek ek hizmetler sunmaktadır. Servis sağlayan bölüm, IoT bileşenlerinin entegrasyonunu sunan şirketleri, IoT çözümünün yönetimini, analitik, veri güvenliği ve faturalandırma yetenekleri gibi IoT çözümlerinin üstüne ek özellikler sunan şirketleri içerir.

IoT ekosisteminde, IoT alanının genel gelişimi ve düzenlenmesine katılan çok sayıda farklı düzenleyici, görevli ve kuruluş vardır. Kurumlar genellikle teknolojik odaklı veya dikey odaklı olarak sınıflandırılabilir. Birkaç kuruluş da IoT alanının genel eğitimine odaklanmıştır. Teknolojik olarak odaklanmış kuruluşlar donanım odaklı, ağ ve anlamsal odaklı ve çok katmanlı odaklı üç alt kategoriye ayrılabilir (Postscapes, 2017).

IoT ekosistemindeki dikey odaklanmış organizasyonlar, IoT'ye teknoloji yerine uygulama alanı üzerinden daha fazla yaklaşmaktadır. Postscapes (2017) ve Atzori ve ark. (2010) bu kuruluşlar dört alanda sınıflandırılabilir:

- Endüstriyel İnternet
- Ulaştırma
- Akıllı binalar
- Sağlık hizmeti

2.4. Temel Uygulama Alanları

IoT teknolojisi için çok büyük genel uygulama potansiyeli vardır ve farklı uygulama alanları, IoT özelliklerini uygulamak için farklı fırsatlar ve zorluklar sağlar. Yatırımın karlılığını tahmin etmek için IoT yatırımlarının teknolojik yetenekleri ile ilgili özel alan gereksinimlerini analiz etmek önemlidir. Bu örneklerden bazılarında ilginç olan, bu yeniliklerin karlı bir şekilde nasıl sağlanabileceğinin ve hangi tür iş modelinin kendilerine en iyi şekilde uyduğunun iş tarafıdır. Gubbi ve diğ. (2013) ağ boyutu, kullanıcı sayısı, veri yönetimi gereksinimleri ve kullanıcı katılım gereksinimlerini uygulama alanları arasındaki bazı farklılıklar olarak belirtmiştir. Farklı uygulama alanları, gereken yatırım boyutuna, bakım maliyetlerine ve bakım kolaylığına göre de değişiklik gösterir. Enerji tüketimi aynı zamanda uygulama alanları ile kapsama alanı ve bağlantı gereksinimleri arasında önemli ölçüde değişebilir (OECD, 2012).

IoT teknolojileri için potansiyel uygulamaların sayısı önemlidir ve IoT modelleri oldukça yeni olduğundan, muhtemelen teknolojik olarak kullanılabilir uygulamaların çoğu hayal bile edilemez. Whitmore ve diğ. (2015) IoT uygulama alanlarını lojistik, sağlık, akıllı çevre ve sosyal uygulamalar olmak üzere dört ana kategoriye ayırmaktadır. Atzori ve diğ. (2010) de uygulama alanlarını dört ana bölüme benzer şekilde bölmektedir:

- Nakliye ve lojistik
- Sağlık hizmeti
- Akıllı çevre
- Kişisel ve sosyal alan

Taşımacılık ve lojistik, IoT teknolojilerinden önemli bir etkiye sahip olabilir. IoT yetenekleri, lojistikte daha iyi tedarik zinciri yönetimi ile sonuçlanan gerçek zamanlı sürveyans sağlayabilir ve IoT teknolojileri ayrıca tüm tedarik zinciri boyunca bozulabilir ürünlerin bozulmasını önlemek için çevrenin izlenmesine olanak sağlayabilir. Pang ve diğ. (2012), IoT teknolojisinin gıda tedarik zincirleri için, gıda üretim zincirinden başlayarak gıda endüstrisinden depolama ve dağıtımına kadar tüm gıda tedarik zinciri boyunca izlenebilirlik, görünürlük ve kontrol edilebilirlikte artış olarak potansiyel faydalarından bahsetmektedir. Taşımacılıkta IoT çözümleri, örneğin sürücüye ve yolculara yollara veya araçlara gömülü sensörler, aktüatörler ve işleme gücü ile bilgi göndermek için kullanılabilir. IoT'nin bir diğer faydası, örneğin yolcuların akıllı telefonla okuyabileceği toplu taşıma aracına sensör yerleştirmek ve bilet alımı yapabilmek için toplu taşıma aracına sensör yerleştirmek gibi daha fazla kullanım temelli fiyatlandırmaya yol açan toplu taşımacılığa dahil edilmesine izin verebilir (Atzori ve ark., 2010).

Sağlık hizmetleri, IoT'den örneğin izleme, tanımlama, veri toplama ve algılama gibi birçok gelişmiş yetenekle etkilenebilir. İzleme, hem tıbbi sistemlerdeki hastaları idare etmede hem de hastanın vücudundaki akış hareketlerini takip etmede kullanılabilir. IoT teknolojisi ayrıca hastanın tanımlama işlemlerini iyileştirme ve hastanın tıbbi dosyalarına daha verimli erişim sağlama potansiyeline sahiptir. Sundmaecker (2010), IoT'nin bir örneğini, hastanın acil durumlarında kritik bir gelişme olabilecek bir örnek olarak saklanan hastanın sağlık kayıtları ile hastanın vücuduna

yerleştirilen bir kablosuz cihaz sunmaktadır. IoT, hasta verilerini toplama zamanını toplayan ve insan kaynaklı hataları azaltan işlemleri otomatikleştirmek için de kullanılabilir. Önemli faydalar, IoT sansürlü hasta durumlarını analiz etme kabiliyetinin artmasından da kaynaklanabilir. Artan bu algılama kabiliyeti, daha fazla veriyi ortaya çıkarabilir ve böylece teşhis doğruluğunu artırır (Atzori ve ark., 2010).

Akıllı çevre, hem evde hem de işte artan zeka anlamına gelir. Endüstriyel bağlamda akıllı çevre, Endüstriyel İnternet terimini ifade eder. Hem evde hem de işteki cihazlara daha fazla zeka getirmek, düşük enerji tüketimi ve kullanım kolaylığı gibi birçok fayda sağlayabilir. Gerçek gereksinimlere göre cihazların kullanımını optimize ederek ve akıllı uygulamalar ve ortamlarla kullanılabilirliği artırarak daha düşük enerji tüketimi sağlanabilir. Evlerde farklı uygulamalar, ayarlanabilir oda sıcaklığı ve ışıklandırmadan buzdolabına kadar, bazı gıda maddeleri tükenmek üzere olduğunda bilgi verebilecek her şeyi içerebilir. Bazı bozulabilen yiyecek kaplarının, bilgi doygunluklarına sahip gömülü bir etiket içermesi durumunda, bu yiyeceklerin ne zaman sona ereceğini bile bildirebilir. Bu senaryoya kabiliyetli buzdolapları ile de devam edilebilir. Yemek atıklarını önlemek için bazı yiyeceklerin süresinin dolmasına dayanarak sakinlere yiyecek önerilerini optimize etmek. Endüstriyel İnternet, bireysel ürün ve makinelerden daha fazla bilgi sağlayarak üretim süreçlerinde daha fazla zeka sağlar. Nesnelere gömülü IoT sensörleri, kendileri hakkında daha fazla veri gönderebilir ve fabrikalardaki lojistik ve genel verimliliği artırabilir. Endüstriyel İnternet uygulamaları ayrıca optimizasyon ve bakım zamanlamasında iyileştirme sağlayan makinelerin durumu hakkında da bilgi sağlayabilir. IoT teknolojilerinin daha fazla zekâ içermesi bu nedenle fabrikaların otomasyon eğiliminin devam etmesine izin verecektir (Sundmaecker, 2010; Atzori ve ark. 2010).

Kişisel ve sosyal alanlar da IoT'den oldukça etkilenebilir. IoT'deki kişisel ve sosyal alan ayrıca Sosyal IoT olarak da adlandırılabilir. IoT teknolojileri, örneğin, sosyal ağ sağlayıcılarının yeri gibi güncelleme bilgilerini otomatikleştirmek için sosyal ağlarda fırsatlar sağlayabilir. IoT cihazlarının kullanıcılarının, cihazlarıyla daha geniş bir geçmiş veri setini analiz etmelerine izin vermek, kişisel alanda IoT teknolojisinin önemli bir avantajı olabilir. IoT sensörleri olan her şey için bir arama motoruna sahip olmak, buldukları yere göre eşyalar bulmaya çalışırken fayda sağlar. Bu konum özelliği, önceden belirlenmiş konum perimetrelerinden garip bir şekilde taşınırlarsa, öğeleri takip etme ve uyarıları alma becerisi nedeniyle güvenliğe uygulandığında da yararlı olur. Temelde, sosyal medya platformlarıyla bütünleşik IoT, her gün insan

deneyimlerini daha kişisel hale getirme fırsatını veriyor (Li ve diğerleri, 2015; Atzori ve diğerleri, 2010).

2.5. Sektörel Uygulama Alanları

Kurumların dijital dönüşüm çabalarında başarılı olmaları, verimliliklerini artırmaları ve müşterilerine daha iyi hizmet verebilmeleri için nesnelerin interneti (IoT) kullanım potansiyelini göz önünde bulundurmaları önem taşımaktadır. Buna ek olarak, nesnelerin interneti (IoT) teknolojisinin özünün anlaşılması ile hayata geçirilebilecek uygulamalar sınırsız olarak düşünülebilir. Günümüz itibarıyla en çok kullanıldığı ve kullanım potansiyelinin yüksek olduğu sektörler incelenmiştir.

2.5.1. Ulaşım

İnternet araçlarının anlaşılması, şehir sakinleri, iletişimciler ve gezginler için daha kolay ve daha güvenli bir ulaşım yöntemine yol açmaktadır. Bu akıllı mobilite, akıllı ulaşım, güvenlik, mobilite ve rahatlık gibi ana anlayışı internet araçlarının ilgilenmesi gereken üç unsurdur. Güvenlik ve güvenlik, tüm özellikler için öncelikli hedefler olmalıdır. Ağ güvenliği, araç-araç iletişim güvenliği ve araç-altyapı iletişimini içerir. Akıllı sensörler çevre dostu sürüşü garanti eder. Diğer bir amaç, karayolu uyarısındaki kritik sistemleri ve tehlikeleri otomatik olarak izlemek ve tanımlamaktır.

2.5.2. Ev Sistemleri

Günümüzde, birçok ailenin evde iPhone'dan akıllı TV'ye kadar WIFI cihazları var. Ev IP ağı akıllı evlerde önemli bir rol oynar, akıllı ev anlayışı konfor, rahatlık, yardımcı yaşam ve çevresel izlemeye odaklanır. Sıcaklık, aydınlatma, nem, gürültü ve atmosferik basınç gibi ortam verilerini toplamak için kullanılan sensörler vardır. Evde klima, aydınlatma, ısıtma, havalandırma ve güvenliği kontrol etmek için bu verileri kullanan akıllı ev uygulaması. Kullanıcılar akıllı ev uygulamasının ayrıntılarını, cep telefonu, tablet, dizüstü bilgisayar gibi bir erişim yoluyla değiştirebilir veya hatta ses kontrolünü kullanabilir.

2.5.3. Otomobil Endüstrisi

IoT, siber dünyanın fiziksel dünyayla buluştuğu yıkıcı bir teknolojidir. İnsanlara fayda sağlamak için cansız nesnelere arasındaki özerk iletişimidir. IoT,

SMAC'deki (Sosyal, Mobil, Analitik ve Bulut) tüm teknolojileri kapsar. Otomotiv endüstrisi, daha akıllı araçlar ve ilgili altyapı ile ilgili gelişmeleri kullanarak, yıkıcı bir dönüşüme yol açmaktadır. IoT, Oto sektöründeki bu dijital dönüşümün kalbidir. Veri akışını kolaylaştırmak, gerçek zamanlı kararları vermek ve otomotiv deneyimlerini geliştirmek için insanları, makineleri, araçları, otomobil parçalarını ve hizmetleri birbirine bağlar. Önde gelen otomotiv üreticileri, tedarikçileri ve bayileri, Nesnelerin İnterneti'ne yoğun bir şekilde yatırım yapmaya başlamış ve ultra verimli envanter yönetimi, satışları artıran gerçek zamanlı promosyonlar, operasyonel maliyetleri azaltan ve gelirlerde artış şeklinde geri dönüşler kazanmaktadır. İş süreçlerini değiştirmeye başlıyorlar ve zaman zaman IoT'nin otomotiv operasyonlarının ve müşteri ilişkilerinin her alanına dokunacağını kabul ediyorlar.

Tesla motorları, Nesnelerin İnterneti etki alanında büyük bir örnektir. Lüks bir araç olmanın yanı sıra, performans aracı olan araç, birçok dahili IoT özelliğine sahip büyük bir IoT cihazıdır. Bağlantılı araçlar tarafından toplanan verileri birçok yönden kullanan uygulamalar geliştirilmiştir. Örneğin, trafik kontrol sistemleri, trafik sıkışıklığı ve kazalarını önlemek için bağlı araçlardan toplanan gerçek zamanlı veriler sağlayabilir, Otomotiv komponent üreticileri, ekipmanların değiştirilmeden önce parçalarının değiştirilmesi ve müşterilere bildirilmesi için ön sipariş vermek için başarısızlık, aşınma ve yıpranma verilerinden yararlanabilir. Araç paylaşımı mobil uygulamaları, araç havuzlarını teşvik etmek için gerçek zamanlı konum verilerini kullanabilir. Ayrıca, sigorta sistemlerinde, prim oranları araçların coğrafi konumlarına ve sürücülerin sürüş davranışlarına bağlı olacaktır.

2.5.4. Güvenlik ve Acil Uygulamalar

Güvenliğin sağlanması ve acil durumlar için de Nesnelerin İnternetinden yararlanır. Başlıca uygulamalar: Özellikle içme suyu yataklarında ve yetkili olunmayan bölgelerde insan algılama amacıyla çevre erişim kontrolü, arıza ve korozyonu önleme gerekçesiyle veri merkezleri, depolar ve hassas yapılardaki nem ve sıvı algılama sistemleri, nükleer santral ortamlarında kaçaklara karşı uyarılar oluşturmak için dağıtılmış radyasyon seviye ölçümleri, kimyasal fabrikalar ve maden iç bölgelerindeki patlayıcı ve zararlı gaz tespitidir. Nesnelerin İnternetininin 2005 yılında tanıtılmasından bu yana, başlıca küresel tedarik zinciri yönetimi, çevre izleme olmak üzere çok çeşitli uygulamalar için, iletişim, algılama ve hareket yeteneğiyle

akıllı ağ oluşturan yeni nesil nesnelere görülmektedir. Yapılan bir çalışmada acil durum yönetiminde kullanılmak üzere Nesnelere İnterneti teknolojisi tanıtılıyor.

Acil müdahale işlemlerinde sıralı ve farklı üç ritmi desteklemek için gerekli bilgiler göz önüne alındığında: Hareketli ritim, ön durum değerlendirme ritmi ve müdahale ritmi. Bu çalışma acil müdahale operasyonları geliştirmek ve Nesnelere İnterneti teknolojisine bu üç ritmin nasıl dâhil edileceğini araştırmak için kullanılan bir yaklaşımı önermektedir. Araştırmanın bulguları şu iki hipotezi desteklemektedir. Birincisi nesnelere interneti teknolojisi tanımlanmış bilgi gereksinimlerine dayanır. İkincisi nesnelere interneti teknolojisi verimli iş birliği, hassas durum farkındalığı ve kaynakların tam görünürlüğüne edinme bakımından acil müdahale operasyonlarına katma değer sağlar (Yang ve ark., 2013).

2.5.5. Enerji Yönetimi

Enerji sistemlerini daha akıllı ve güçlü hale getirmek, IoT uygulamalarında geride bırakılmaz. Akıllı Şebeke, enerjinin tüketimini etkili bir şekilde izlemek ve yönetmek için geliştirilmiş örneklerdendir. Powerhouses ve rüzgâr Türbinlerinden gelen enerji akışını izlemek ve analiz etmek için birçok çözüm yaklaşımı kullanılmaktadır. Güç Kaynakları, bilgisayarlarda, telekomünikasyon sistemlerinde, elektronik uygulama cihazlarında ve sistemlerinde tüketimi, enerji verimliliğini artırmak için gerekli enerjiyi kontrol etmek ve belirlemek için kullanılır.

2.5.6. Lojistik

Lojistikte ve araçlarda kullanılan başlıca Nesnelere 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.

Lojistikte ürünlerin Nesnelere İnternetinin gelişimiyle birlikte ilgili bilgilere ve olaylara konu, transfer, depolanma, işleme 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, Nesnelere İnterneti, bulut sistemleri, GPS ve RFID ile ilgili ileri

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

Geçtiğimiz on yıl içinde birçok yaklaşım seyahat zamanı tahmini için önermelerde bulunmuştur, bunlardan birçoğu otoyol ve basit arteriyel ağındaki seyahat süresinin tahminine odaklanmaktadır. Gerçek zamanlı olarak kentsel ağ için seyahat süresi tahminini çeşitli nedenlerle elde etmek zordur: Kentsel ağdaki yönlendirme problemi ve karmaşıklığı, gerçek zamanlı sensör verilerinin oluşturulamaması, uzay zamansal veri kapsama problemi ve eksik gerçek zamanlı olaylar. Yapılan bir çalışmada, seyahat tahmin zamanı kurallarına dönüştürme ve veri madenciliği tekniği ile konum tabanlı hizmetlerin ham verilerinden trafik kalıpları keşfetmek için gerçek zamanlı ve tarihsel seyahat süresi belirteçlerini içeren bir bilgi tabanlı gerçek zamanlı seyahat süresi tahmini modeli önerilmiştir.

Ayrıca, Metakurallara göre iki belirtecin de dinamik ağırlık kombinasyonu, seyahat süresi tahmin hassasiyetini arttırmak için gerçek zamanlı trafik olay yanıt mekanizmasının oluşturulması önerilmiştir (Lee ve ark., 2009). Gürültülü gözlemlerden bir dizi GPS yörüngeleri harita eşleme bir yol ağındaki orijinal rotaların kurtarılması amacına hizmet eder. Devam eden bir çalışmada, harita eşleştirme için Koşullu Rastgele Alanlarda (CRF) özellik çıkarma ve mekânsal veri tabanı özelliği çıkarma sunulmuştur. İlk sonuçlar gerçek taksi GPS yörüngelerinden elde edilmiştir (Yang ve Meng, 2014).

Araç ağlarında coğrafi-yayın, coğrafi reklam gibi birçok uygulama için hedeflenen coğrafi bölgeye mesaj iletilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu durum aracın hareketliliği nedeniyle oldukça zor bir iştir. Bir araç kendi geleceği yörüngeden ya da araçların yörüngeleriyle, hedef bölge örtüşme karşılaştırması durumunda hedef bölgeye daha yüksek bir mesaj iletim kabiliyeti sağlamaktadır. Bu gözlemden hareketle, kapsama yeteneği denilen ve başarılı bir coğrafi-yayın mesajını karakterize eden mesaj iletim metriği geliştirilmiştir. Kapsama yeteneği hesaplanırken, araç doğru varış zamanının yokluğundan kaynaklanan ciddi bir sorunla karşı karşıya kalınmıştır. Deneysel bir çalışma ile 2600 taksi, gerçek GPS izleriyle rastgele değişken olarak modellenmiş bir aracın seyahat süresinin gama dağılımını izlemiştir. Seyahat süresi modelleme, araçlar arası karşılaştırmalarla doğru tahminler yapmak için yardımcı olur. Geniş izleme odaklı simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve sonuçlar gösteriyor ki önerilen yaklaşım temsili bir coğrafi yönlendirme protokolü olan GPSR ile kıyaslandığında

%37. oranında daha yüksek iletim ve %43 daha az iletim ek yükü sağlamaktadır (Jiang ve ark., 2014).

2.5.7. Sağlık

IoT cihazları uzaktan sağlık izlemesini sağlayabilir. Günümüzde, sadece geleneksel akıllı sağlık cihazları pazarda popüler hale gelmiyor, aynı zamanda akıllı saatler, sağlık cihazları, spor izleme cihazları, bebek ve hamilelik giyilebilir ve hatta evcil hayvan giyilebilirliği gibi giyilebilir teknoloji cihazları da var. Bu akıllı sağlık cihazları, sensörlerden veri toplama kabiliyetine sahiptir. Diğer bazı cihazlar kullanıcı arabirimini destekler veya ekranlara ve Bluetooth veya mobil ağ gibi kablosuz ağ bağlantılarına sahiptir. Giyilebilir teknoloji cihazları, kişisel gizliliği korumak için düşük güç tüketimi, sağlamlık, dayanıklılık, doğruluk, güvenilirlik ve güvenlik gibi özellikler gerektiriyordu.

Sağlık sistemlerinde çok sayıda sorun uzun zamandır göz önünde bulundurulmakta ve tüm sorunları çözmek için çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır. Farkındalık olmaması, gelişmemiş teknolojilere sahip zayıf tesisler, hasta verileri toplama, analiz, tanılama sırasında tıbbi süreçte elle görev yönetimi, sağlık hizmetlerinde ortaya çıkan bazı problemlerdir. Bunlara ek olarak, tıbbi kontrolleri veya glikoz seviyesi, sıcaklık, tansiyon, EKG, kalp hızı vb. gibi fiziksel ve fizyolojik parametreleri belirlemeye yönelik testler için hastalar tıbbi merkezlere gitmelidir. Tedaviye karar vermeden önce doktorlar, analiz sonucunda raporlanan laboratuvar sonuçlarını beklemek zorundadır. Tüm bunlar, tıbbi görev sürecine dahil olan bir zaman tüketim yöntemidir. Bu sorunları göz önünde bulundurarak, doktorlar veya sağlık personelinin hastalara uzaktan izleme ve hastalara yeterli hizmetleri sunmalarına yardım etmek için gelişmiş ağ sistemlerine sahip akıllı sensörleri devreye sokulmuştur.

Kablosuz Sensör Ağının (WSN) geniş kullanımı, teşhis sürecini ve daha hızlı bir şekilde daha hızlı bakım yapılmasını kolaylaştırır. Hastalar tarafından kullanılan akıllı cihaz uygulamaları, doktorlar tarafından önerilen karar alma rehberliğini sağlamak için geliştirilmiştir. Aynı zamanda, gerçek zamanlı veri toplama, güvenilir ve doğru teşhis sonuçları, hasta izleme ve izleme sistemine her an, her yerde yardımcı olan akıllı cihazlarla sağlanabilir. RFID, NFC veya Bluetooth, hasta izleme sisteminde kullanılan teknolojilerin geri kalanı değildir. Yukarıda belirtildiği gibi Nesnelerin İnterneti sistemleri bulut bilişim tarafından güçlü bir şekilde desteklenmektedir. Bulut

platformlarının akıllı nesnelere tercih edilmesinin nedenleri maliyet etkinliği, bakım güvenilirliği ve altyapının yükünün azaltılmasıdır. Bulut bilişim, sağlık çalışanlarının hastanın tedavisini izlemesine izin veren akıllı nesnelere entegre edilmesini sağlar. Hastanın verileri fizyolojik parametreler gibi akıllı nesnelere (sensörler) tarafından otomatik olarak kaydedilebilir ve bunları hasta ve sağlık personeli için sağlanan bulutlara gönderebilir. Ayrıca, tıbbi personel yeni kaydedilen verilerle karşılaştırmak için buluttaki önceden mevcut verileri (veri geçmişi) kullanabilir ve ilgili kararı alabilir.

Hasta Gözetimi, Tıbbi Buzdolapları, düşme tespiti, Fiziksel Aktivite, Kronik Hastalık Denetimi, Akıllı Hastane Binası, Akıllı Acil Durum Seti, sağlık alanında ortaya çıkan farklı sorunları çözmek için geliştirilen bazı IoT uygulamalarıdır.

2.5.8. Modern Tarım ve Hayvancılık

Üretimin ve ürünün kalitesinin artırılması için, tarımın yeterince yenilikler eklenerek daha fazla geliştirilmesine ihtiyaç vardır ve Nesnelere İnternet'i bu alanı ileri seviyeye taşımak için en iyi çözümdür. Seralar ile iklim, belirli sensörleri kullanılarak sıcaklık, nem ve ışık yoğunluğunun izlenmesiyle kontrol altındadır. Ayrıca otomatik uyarıları ile su ve hava kontrol etmesine yardımcı olabilir. RFID, GPS ve diğer konum bazlı sensörlerin entegrasyonu, nakliye ve depolama sırasında mal takibi sağlar. Bu birbirine bağlı sistemlerde, bilgi, üretim sürecinin tedarik zincirindeki RFID ve diğer sensörleri tarafından toplanır, saklanır ve paylaşılır. Bulut platformunun güvenilirliği ile bu teknik, gıda ürünlerinin ve bileşenlerinin mağazalarda ve takip süreçlerinde güvenli bir şekilde muhafaza edilmesine yardımcı olur.

2.5.9. Akıllı Şehirler

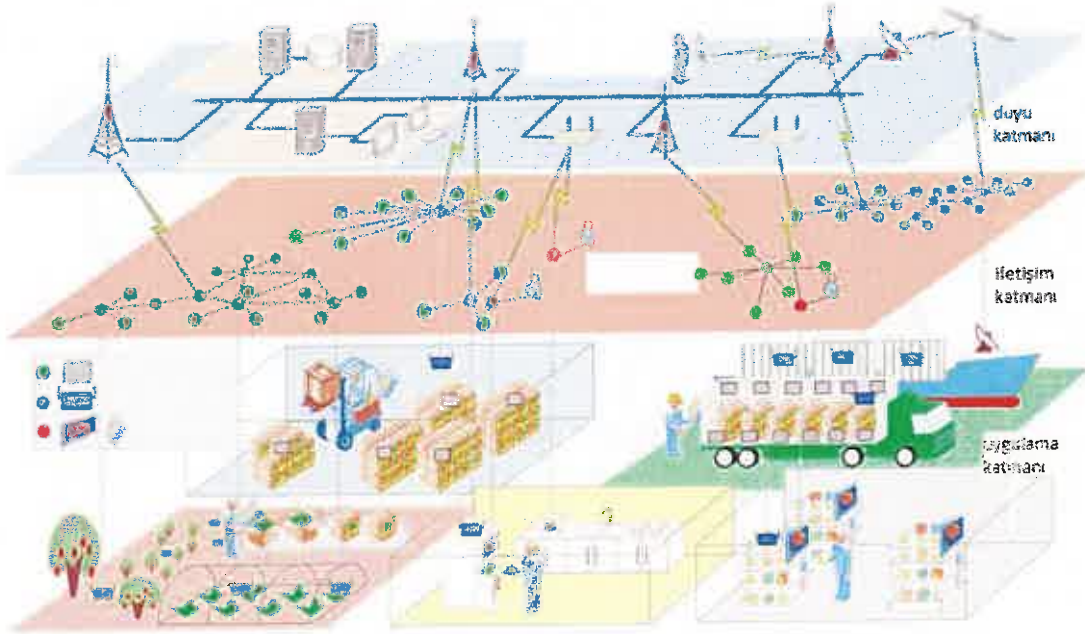
IoT akıllı aydınlatma sistemlerinin geliştirilmesi, dijital video izleme, otomasyon yangın algılama sistemi ile akıllı trafik kontrolünü daha güvenli bir şekilde sağlar. Otomobillere dahil olan sensörleri, akıllı yollarda trafik kaydedilmesini sağlar. Tehlikeli hava veya önerilen hızın üzerinde daha yüksek hız olması durumunda, hedef kullanıcılara otomatik bildirim mesajları gönderilir.

2.5.10. Yiyecek İçecek Sektörü

IoT, verimli teslimat ve gıda güvenliğini sağlamak için daha önce hiç olmadığı kadar birlikte çalışabilen gıda üreticileri, taşımacılık ve ağırlama / perakende şirketleri

arasında yeni bir işbirliğini mümkün kılar. IoT tabanlı iş çözümleri ile tedarik zincirindeki şirketler gerçek zamanlı görünürlük kazanıyor ve yiyeceklerin en yüksek kalitede olmasını sağlamak, zamanında teslim edilmek ve optimum ayarlarda hazırlanmasını sağlamak için gereken otomatik, akıllı eylemleri mümkün kılıyor.

IoT'ye bağlı test ekipmanları kullanan gıda şirketleri, fabrikadan veya depodan çıktığı zaman gıda kalitesini doğrulayabilir. Filo yöneticileri daha sonra sensörlü soğutma sistemleri sayesinde sıcaklığa duyarlı, bozulabilen ürünlerin nakliye sırasında kötü gitmemesini sağlamak için IoT'den yararlanabilir. Herhangi bir sıcaklık dalgalanması, aracın soğutmasını otomatik olarak ayarlayan uyarıları tetikleyebilir. Sistem otomatik olarak düzeltemiyorsa, gıda tedarikçisine kötü malları müşterinin iskelesine ulaşmadan önce değiştirebilecek bir uyarı gönderilebilir. Ayrıca, bağlı araçlara sürekli görünürlük sağlamak için IoT tabanlı bir filo yönetim çözümü kullanarak, kamyon müdürleri rotalamayı optimize edebilir ve yeni ürünlerin alternatif bir araçla zamanında teslimatını sağlayabilir. Sonunda, müşteri zamanında kaliteli mal alır ve bir sorun olduğunu asla bilemez. Ayrıca, sensör özellikli soğutma sistemi, parçalanmış parçayı tam olarak belirleyerek ve daha hızlı değiştirme ve düzeltmeleri kolaylaştırarak üreticiye uyarılar gönderebilir.



Şekil 2.4. Nesnelerin interneti sisteminde yiyecek tedarik zinciri

Duyu katmanı, çiftliklerdeki ve tedarik zincirindeki ürün ve hayvancılığın maliyet etkinliğine bağlı olarak farklı otomatik tanımlama ve veri yakalama teknolojileriyle durumunu izlemek için tasarlanmıştır. Örneğin, RFID etiketleri,

domuz ve sığırları ve ayrıca yüksek değerli etleri ve meyveleri tanımlamak için kullanılabilir. Düşük maliyetli meyvelerin vakaları 1 boyutlu veya 2 boyutlu barkodlar kullanılarak izlenebilir. Kablosuz sensör ağları, nakliye sırasında bozulabilir maddelerin yanı sıra domuz ve sığırlar için tarlalarda, seralarda ve konutlarda sıcaklık, nem, karbondioksit, ağır metaller ve diğer çevresel koşulları izleyebilir. İletişim katmanı, çeşitli paydaşların tedarik zinciri bilgilerine erişmesini sağlamak için tasarlanmıştır.

Uygulama katmanı, IoT'nin bir uygulamasının üzerine kurulan işlevleri sağlar, çiftçiler, perakendeciler, devlet, analistler ve tüketiciler tarafından kullanılacak uygulamaları ve hizmetleri destekleyecektir. Çin'in gıda güvenliği yönetmeliklerini içeren bir veritabanı içermektedir. Tedarik zinciri ortakları, ürün kalitesini ve raf ömrünü belirlemek için RFID etiketlerinden ve barkodlarından elde edilen verileri analiz edebilecektir.

2.5.11. Su Yönetimi

Su, canlılar için hayati bir kaynaktır ve günümüzde yönetimi oldukça önemli bir konudur. Akıllı su uygulamaları şehirlerdeki musluk suyu kalitesi için içme suyu izlenmesi, su kaçaqlarının tespiti için tanklardaki ve boru hatlarındaki basınç değişimlerinin saptanması, akarsularda fabrikaların atıklarını algılayan kimyasal sızıntı tespiti, denizlerdeki gerçek zamanlı kirlilik seviyesi ölçümleri, havuz koşullarının kontrolü, olası taşkınlar için nehir ve barajların su seviyesi değişimlerinin izlenmesi gibi konuları kapsamaktadır.

Su kontrolü için bilgi ve iletişim teknolojisi sistemleri, şu anda izleme ve kontrol ekipmanlarındaki standardizasyonun destek eksikliği nedeniyle, birlikte çalışabilirlik sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Bu sorun, su tüketimi, dağıtım, sistem tanımlama ve ekipman bakımı gibi su yönetimi konusunda çeşitli süreçleri etkiler. Bu standarda dayanarak iş süreçleri koordinasyon ve karar destek sistemleri ile nesnelerin interneti teknolojilerini birleştiren akıllı su yönetim modeli kullanılabilir (Robles ve ark., 2015).

2.5.12. Giyilebilir Teknolojiler

Bugün tekstillere kusursuz bir şekilde entegre edilmiş mikro sensörler, moda kıyafetler içine gömülü tüketici elektroniği, bilgisayarlı saatler, başa takılı ekranlı kemerli kişisel bilgisayarlar (PC'ler), çeşitli parçalara takılan gözlükler dahil giyilebilir

sistemler vücut geniş bant çalışması için tasarlanmıştır. Giyilebilir sağlık izleme sistemleri alanı, giyilebilir cihazların boyutunu en aza indirmeye, daha hayati işaretleri ölçmeye ve akıllı telefon teknolojisi ile güvenli ve güvenilir veri göndermeye doğru ilerliyor. Son zamanlarda çevresel, zindelik ve tıbbi verilerin tam olarak izlenmesi için kapsamlı biyo ve biyo olmayan tıbbi verilerin gözlemlenmesine ilgi olmuş olmasına rağmen, taşınabilir ortamlardaki fizyolojik parametrelerin izlenmesi, giyilebilir sistemlerin belirgin bir uygulamasıdır. Ticari olarak temin edilebilir giyilebilir cihazların çoğu, hayati belirtileri izlemek için tek uçlu uygulamalardır. Bununla birlikte, bu tür eğlence cihazlarının çoğu, yüksek riskli hastaların tıbbi izlenmesi için uygun değildir. Tıbbi kullanım için nitelikli olan cihazlar genellikle basittir.

3. KULLANILAN TEKNOLOJİLER VE ARAÇLAR

Bu araştırmada yiyecek içecek sektöründe soğuk zinciri bulunan firmalar tarafından yoğun olarak kullanılan, nesnelerin interneti uygulamalarından araç takip sistemleri ve bu sistemlere dahil edilebilen ısı takip sistemleri incelenmiştir.

Araç takip sistemleri temel olarak GPRS, GPS, dijital haritalar ve özel olarak geliştirilmiş yazılımlardan meydana gelen bir sistem içerisinde çalışmaktadır. Araçlara monte edilen mobil veri cihazları, GPS uydularından aldıkları iki bilgiyi (uydu sinyalinin gönderildiği gerçek zaman ve uydunun sinyal gönderildiği anda yörüngeindeki konumu) ve bağlı sensörlerden gelen sıcaklık ve benzeri telemetri bilgilerini, GPRS şebekesi üzerinden kontrol ve iletişim merkezine aktarırlar.

Gelen bilgiler özel yazılımlar sayesinde derlenir ve sunucular üzerindeki veri bankasına kaydedilir. Kullanıcı tarafında ise özel yazılımlar sayesinde araçlar, internete bağlı bir bilgisayar ve akıllı telefon/tablet ile anlık veya geçmişe dönük olarak izlenebilir, araçlardan gelen bilgiler görülebilir, araçların alarm ve program durumları değiştirilebilir. Bu yapı araç takip sistemlerinin temel çalışma mantığını oluşturur. Araç takip sisteminin çalışma şeması şekil 3.1.'de gösterilmiş, sistemde kullanılan teknolojiler de aşağıda açıklanmıştır.



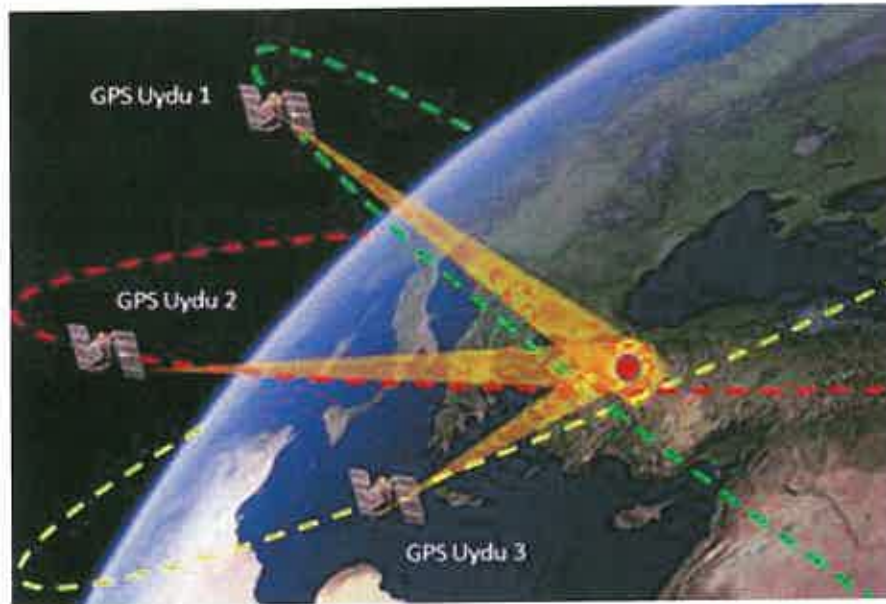
şekil 3.1. Araç takip sistemi çalışma şeması

3.1. GPS

GPS, Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi) kelimelerinin baş harflerinden oluşan kısaltmasıdır. Engelsiz bir görüş hattında bulunan GPS alıcısının dünya üzerindeki konumunu, en az 3 (yükseklik bilgisi de dahil olacaksa en az 4) veya daha fazla uydusu ile her türlü hava koşulunda, yer ve zaman bilgileriyle sağlayan uydu navigasyon sistemidir.

Kullanımına ilk olarak askeri amaçlar için başlanılan GPS, 1983 yılında 269 yolcusuyla rotasından sapan yolcu uçağının hedef alınarak düşürülmesi sonrası sivil kullanıma da açılmıştır. GPS günümüzde uçaklarda, gemilerde, otomobillerde, cep telefonlarında, araç takip sistemlerinde, navigasyon sistemlerinde, harita yapımında ve daha birçok alanda kullanılmaktadır.

Farklı ülkelerce geliştirilen küresel konumlama sistemleri mevcuttur. GPS, Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilen küresel konumlama servisedir. GPS'in yanı sıra Rusya'nın geliştirdiği GLONASS, Hindistan'ın geliştirdiği IRNSS, Çin'in geliştirdiği COMPASS BEIDOU ve Avrupa ülkelerinin geliştirdiği Galileo küresel konumlama sistemleri de bulunmaktadır. Bu sistemlerin tümüne Global Navigation Satellite System (Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi, GNSS) adı verilmiştir, ama ilk geliştirilen ve duyulan sistem olması nedeniyle yaygın olarak bu sistemler GPS adıyla anılmaktadır.



Şekil 3.2. GPS uyduları ile yer belirleme şeması

3.2. GPRS

GPRS, General Packet Radio Service (Radyo Paketi Genel Servisi) kelimelerinin baş harflerinden oluşan kısaltmasıdır. GPRS mobil cihazlardan internete bağlanılmasına olanak sağlayan bir teknolojidir. GPRS bağlantı teknolojisi (packet base services) eski bağlantı çeşitlerine göre (circuit-switched services) çok daha hızlı ve daha ekonomik veri transferi imkanı sunmaktadır. GPRS teknolojisinde geleneksel bağlantı teknolojilerinden farklı olarak internete bağlı kalınan süreye göre değil, transfer edilen veri miktarına göre ücretlendirme yapılır. Bu teknolojiyle mobil cihazlar arasında veri transferi yapılması mümkün kılınmış ve günümüzde kullanılan akıllı telefonların temeli atılmıştır. GPRS ile veri transferleri hızlanıp, maliyetler düştüğü için araç takip sistemleri ve diğer bütün mobil uygulama ve sistemler, daha hızlı ve ekonomik şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Zamanla gelişen teknoloji ile veri aktarım hızları git gide artmaktadır. Sinyal güçleri ve hızları sınıflandırılabilmesi için GPRS, E, 2G, 3G, 4G ve 5G terimleri kullanılmıştır. Bu terimlerin veri aktarım değerleri, kullandıkları bazı servisler, bağlantı türleri aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Tüm GPRS Nesillerinin Karşılaştırılması, 1G-5G (www.semanticscholar.org., Erişim tarihi: 08 Mayıs 2019)

Generation	1G	2G	2.5G	3G	3.5G	4G	5G
Start	1970-1980	1990-2000	2001-2004	2004-2005	2006-2010	2011-Now	Soon (2020)
Data Bandwidth	2 Kbps	64 Kbps	144 Kbps	2 Mbps	More than 2 Mbps	1 Gbps	more than 1 Gbps
Technology	Analog Cellular	Digital Cellular	GPRS, EDGE, CDMA	CDMA 2000 (1xRT, EVDO) UMTS, EDGE	EDGE, Wi-Fi	WiMax, LTE, Wi-Fi	www
Service	Voice	Digital Voice, SMS, Higher Capacity Packet Size Data	SMS, MMS	Integrated High Quality Audio, Video & Data	Integrated High Quality Audio, Video & Data	Dynamic Information access, Wearable Devices	Dynamic Information access, Wearable Devices with AI Capabilities
Multiplexing	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuit	Circuit, Packet	Packet	Packet	All Packet	All Packet	All Packet
Core Network	PSTN	PSTN	PSTN	Packet N/W	Internet	Internet	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical

3.3. M2M

Makinelerin kendi arasında kablosuz olarak veri (data) gönderim hatları ile iletişimine kısaca M2M denilmektedir. İngilizce machine to machine kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Cihazlara takılan özel sim kartlar sayesinde, cihazların

uzaktan izlenmesini, yönetilmesini ve birbiriyle iletişim kurabilmesini sağlayan bir teknolojidir.

M2M teknolojisi kullanılarak, araç takip sistemi cihazlarına takılı olan akıllı sim kartlarla sistemdeki sunucular arasında haberleşme sağlanmaktadır. Isı takip sistemi ürünlerinde bir ortamın sıcaklık değerinin ölçülmesi ve bu değerlerin veri depolama alanlarına aktarılması M2M data hatları ile gerçekleşmektedir.

M2M teknolojisi soğuk zincir takip sistemi ürünlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. M2M data hatları araç takip cihazlarında, depolarda, soğuk odalarda sıcaklık, nem, kapı açık/kapalı gibi birçok verinin sunuculara iletilmesinde kullanılmakta, sürecin uzaktan izlenmesini ve yönetilmesini sağlamaktadır.

Kullanım alanının genişliği ve iş modellerinde yarattığı değişiklikler nedeniyle M2M, en önemli kullanım alanları olan araç ve sıcaklık takibinin yanında, sayısız alanda kullanılma potansiyeline sahiptir. Sayaç okuma, tarım ve hayvancılık, araç sürüş güvenliği, bina enerji izleme, jeneratör takip, güvenlik bağlantılı binalar, lojistik ve finansal hizmetler tarafında POS ve ATM'ler, yazarkasalar M2M'nin kullanılmaya başlandığı alanlardır.

Uygulama alanları sürekli genişleyen M2M, miktar olarak da çok hızlı büyümektedir. Turkcell verilerine göre, dünyada GSM hatlarına oranı 2011 yılında yüzde 2,3 olan M2M hatlarının, 2020'de yüzde 19'a yükseleceği tahmin ediliyor. Önümüzdeki yıllarda mobil sektörde en fazla yıllık büyümeye sahip alanlardan birisinin M2M olacağı düşünülmektedir. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu verilerine göre, Türkiye'de M2M abone sayısı, 2018 sonu itibarıyla 5 milyonu geçmiştir. (BTK, 2018)

Aşağıdaki şekilde, 2011-2021 dönemi için dünya genelindeki tahmin edilen M2M bağlantı sayılarına yer verilmiştir:



Şekil 3.3. Yıllara göre dünyada M2M mobil bağlantı sayısı (Analysys Mason, 2013)

4. NESNELERİN İNTERNETİ İLE SOĞUK ZİNCİR ISI TAKİBİ

Bu araştırma ortamı için, başta havalimanları olmak üzere, Türkiye ve ondan fazla ülkede, günde seksen binden fazla kişiye yiyecek içecek hizmeti veren, TAV Holding şirketlerinden BTA işletmeleri seçilmiştir.

TAV Havalimanları Holding'in iştiraki olan BTA, Türkiye'nin lider yiyecek, içecek ve servis şirketlerindedir. 1999 yılında kurulan BTA, Türkiye, Gürcistan, Makedonya, Tunus, Umman, Letonya, Hırvatistan, Fransa, Ukrayna, Ürdün ve Suudi Arabistan'ın havalimanlarında, İstanbul Deniz Otobüsleri iskele ve gemilerinde, 350'den fazla satış noktasında uluslararası standartlarda yiyecek içecek hizmeti sunmakta, yaklaşık 4000 bin çalışanı ve 700 aşçısıyla günde yaklaşık 80 binden fazla yolcuyu ağırlamaktadır. İzmir Adnan Menderes Havalimanında TAV Airport Hotel'in işletmesini de yürüten BTA tarafından 2006 yılında kurulan unlu mamul üretim tesisi Cakes&Bakes ise ayda 7 milyon adet üretim hacmine sahiptir.

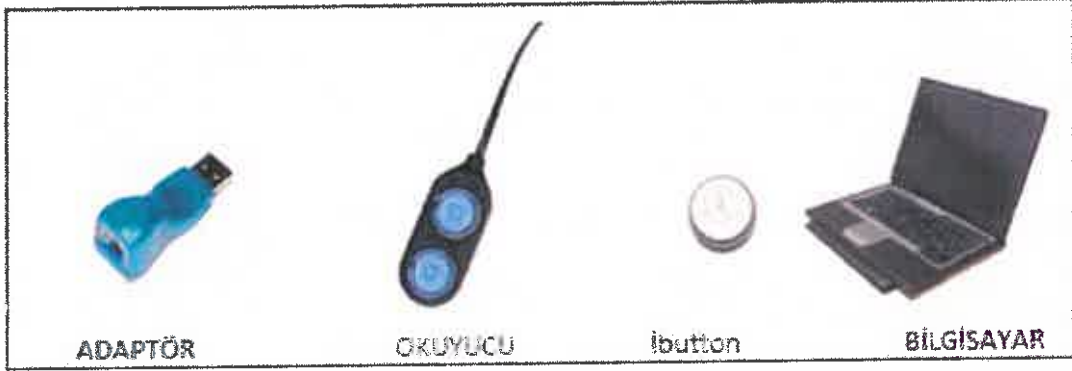
Gıda üretimi ve satışı yapan BTA İşletmeleri için gıda kalitesini korumak, hem insan sağlığı açısından bir gereklilik hem de yasal olarak bir zorunluluktur. İşletme TS EN ISO 22000 nolu, gıda güvenliği yönetim sistemleri, gıda zincirindeki herhangi bir organizasyon için gereksinimler başlıklı Türk Standartı'na göre gıdalar için ısı takibi yapmakta ve raporlamaktadır.

Araştırmada üretilen gıdaların işletmenin çeşitli lokasyonlarda bulunan şubelerine ve müşterilerine nakliyesinde, soğuk zincir ısı takibi için 2008-2013 yılları arasında kullanılan sistem ve 2013 yılında yapılan dönüşümle kullanılmaya başlanan nesnelere interneti (IoT) uygulaması incelenerek, IoT'nin soğuk zincirde sağladığı avantajlarla nasıl bir güç ve tasarruf sağladığının gösterilmesi hedeflenmektedir.

4.1. BTA Eski Soğuk Zincir Isı Takip Sistemi

BTA İşletmelerinde soğuk zincir takibi 2008 yılında başlamıştır. Üretimi yapılan gıdaların nakliyesinde soğuk zincir takibi datalogger olarak adlandırılan sistemle yapılmaktaydı. Bu sistemin çalışma mantığı basit olarak, frigofirik araç kasalarına yerleştirilmiş ısı sensörlerinden gelen verilerin, aracın ön konsolunda bulunan datalogger kayıt cihazına belli aralıklarla otomatik kaydedilmesi ve

kaydedilen ısı verilerinin “ibutton” olarak adlandırılan temaslı aktarım cihazı ile kayıt cihazından görüntüleme ve raporlama yapılacak bilgisayara taşınması şeklindedir. Sistemde kullanılan ekipmanlar şekil 4.1.’de bir arada gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Datalogger soğuk zincir ısı takip sistemi ekipmanları

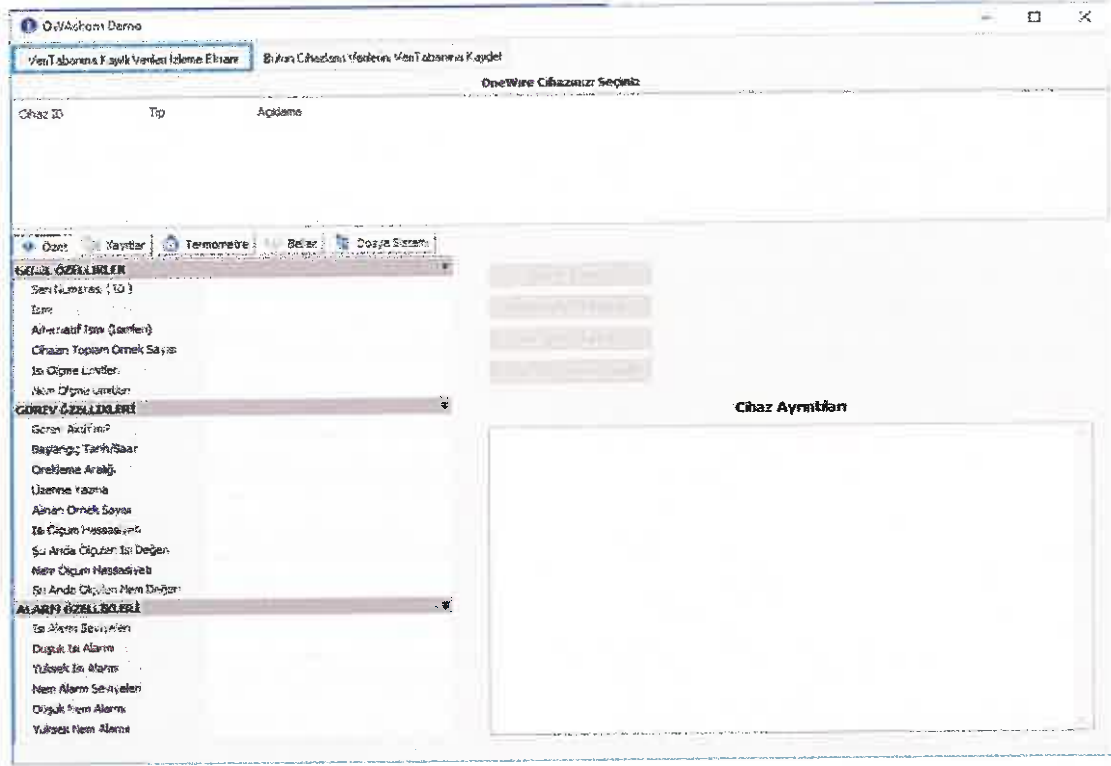
Sistemin çalışma sıcaklığı -30 C ve +60 C aralığıdır. Bilgisayara veri aktarımı için USB veriyolunu kullanan sistem, 16.000 kayıt hafızalıdır. Enerji için araç aküsüne bağlantı yapılmıştır ve bataryaya ihtiyaç duymamaktadır. Okuyucu, USB veriyolu ile bilgisayara takılı bir adaptöre bağlanmaktadır. Şekil 4.2.’de görülen “ibutton” aktarım cihazı, okuyucuya temas ettirilerek, üzerindeki tüm ısı değerleri bilgisayarda yüklü sistemin yazılımına aktarılmaktadır.



Şekil 4.2. Datalogger soğuk zincir ısı takip sistemi aktarım cihazı (ibutton)

Okuyucu vasıtasıyla ibutton aktarım cihazından gelen veriler, bilgisayarda yüklü Owaskom isimli uygulamaya yazılmaktadır. Bu uygulamada veri alınan cihazla ilgili bilgiler, alınan ısı verilerinin adeti ve tarih/saat bilgileriyle birlikte ısı değerleri görüntülenebilmektedir. Belirlenen alt ve üst ısı değerlerinin dışında kalan, yani alarm durumu olarak değerlendirilen veriler de ayrıca gösterilmektedir. Owaskom uygulamasına aktarılan ısı verileri bir veritabanına yazılarak, uzun süreli gözleme ve

raporlamaya olanak sağlamaktadır. Şekil 4.3.'te Owaskom uygulamasının giriş arayüzü gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Datalogger soğuk zincir ısı takip sistemi Owaskom uygulaması görüntüsü

4.2. Arvento'nun Sunduğu Nesnelere İnterneti Uygulamaları

BTA gıda nakliyelerinde soğuk zincir ısı takibi amacıyla, 2013 yılından bu yana Arvento firmasının ürünlerini kullanmaktadır. Arvento kendi mobil sistemlerini geliştirip, üreten bir teknoloji şirkettir. Araç takip sistemleri, nesne takip sistemleri, M2M çözümleri ve filo yönetim sistemleri geliştirip üretmektedir. Türkiye'de geliştirdikleri ve ürettikleri bu teknolojileri yurtdışında birçok ülkeye de ihraç etmektedir. Kendi alanında Türkiye'de pazar lideri, dünyanın da ilk 5 şirketinden biri konumundadır. ISO 9001-2008, ISO 27001, ISO 14001 kalite sertifikalarına sahiptir.

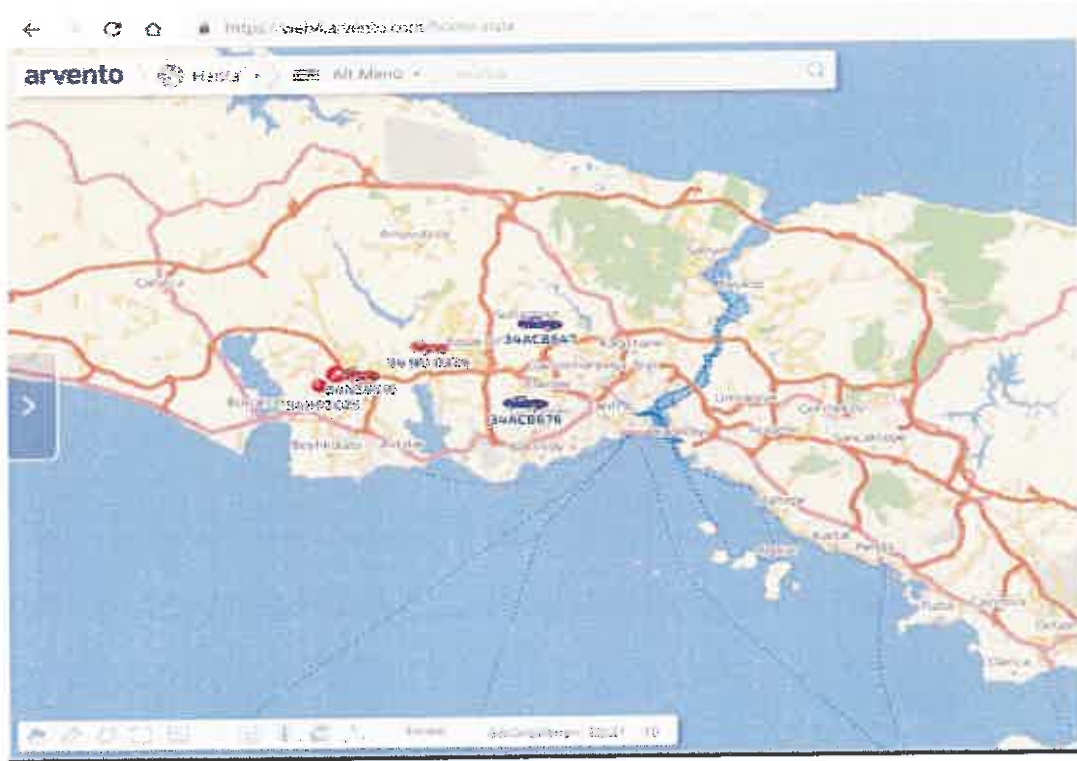
BTA İşletmesinin soğuk zincir ısı takibi amacıyla seçtiği ve kullanmaya başladığı sistem, aynı zamanda gıda nakliyesinde kullanılan araçların takibini de olanak sağlamıştır. Araç takip sistemi basit tanımı ile GPS uydularından faydalanılarak kara, deniz vb. araçların sürekli olarak, internete bağlı bilgisayar, akıllı telefon, tablet vb. üzerinden takip ve kontrol edilebilmesini sağlayan sistemlerdir. Araç takip sistemleri ile hız, rotalar, duraklama yapılan yerler, mevcut konum gibi çok sayıda

bilgi, harita üzerinden anlık ve geçmişe dönük olarak izlenebilir, anlık ve geçmişe dönük raporlar ile, kayıt ve kontrol altına alınabilir.

4.3. BTA Soğuk Zincir Nesnelerin İnterneti Uygulaması

BTA İşletmelerinde kullanılan soğuk zincir takip ısı sistemi, sıcaklık denetiminin ve yönetiminin büyük önem taşıdığı gıda sektörü için, Arvento firması tarafından geliştirilmiştir. Sistem sayesinde, BTA yetkilileri frigofirik araçlarının sıcaklık değerlerini, internet üzerinden anında kontrol edebilmektedirler. Sistem, BTA'nın gıda nakliye operasyonlarını tek bir merkezden yönetebilmesini de sağlamaktadır.

Firmanın ilgili çalışanları, izleme ve kontrolleri Arvento web sitesi üzerinden, web ara yüzüne kullanıcı adı ve şifre girerek yapmaktalar. Şekil 4.4.'de sisteme ilk giriş yapıldığında ekrana gelen ara yüz görüntülenmiştir.



Şekil 4.4. Arvento araç takip sistemi web ara yüzü giriş ekran görüntüsü

Arvento'dan alınan bilgilere göre; sistemde kullanılan uygulamalar web tabanlı uygulama geliştirme paketi Microsoft .NET platformunda geliştirilmektedir. Kolaylıkla oluşturulabilen web servislerle diğer uygulamalarla entegrasyonlar mümkün olmaktadır.

Oluşabilecek kritik sıcaklık değişimleri, sistemde tanımlanan kişilere hem program üzerinden hem de kısa mesaj ile alarm mesajları şeklinde anında gönderilmektedir. Sistemin bu özelliği, ani ve kritik sıcaklık değişiminden kaynaklanan problemler için gerekli önlemlerin alınabilmesini sağlamaktadır. Sıcaklık değerlerindeki bu değişimler, grafikler ve istatistik raporlamalar ile takip edilebilmektedir.

İşletmenin frigofirik kamyonlarındaki araç takip cihazları, taşınan gıdaların cinsine ve nakliye için gerekli sıcaklık değerlerine göre konfigüre edilmişlerdir. Araçların bir kısmının araç takip cihazları -50°C ile 0°C sıcaklık aralığı dışında kaldığında, bir kısmının ise -16°C ile 41°C aralığı dışında kaldığında alarm üretmektedirler. Şekil 4.5.'da 17-23 Temmuz 2019 tarihleri arasında gıda nakliyesi yapılan kamyonlardan gelen sıcaklık alarmlarının raporu görüntülenmiştir.

Araç No	Sıcaklık	Durum	Durum Değişikliği	Durum	Durum	Durum	Durum	Durum
41	255317	BAFF348		21 Temmuz 2019 Saat 17:14:11	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.40	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
42	255317	BAFF348		22 Temmuz 2019 Saat 14:11:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	26.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
43	255317	BAFF348		23 Temmuz 2019 Saat 17:23:45	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	3134 Bl. Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
44	255317	BAFF348		23 Temmuz 2019 Saat 17:23:45	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Başvurdu Mh. Çarşı 1152 Zeytin Mh.
45	255317	BAFF348		23 Temmuz 2019 Saat 17:23:45	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	İzmit Mh. Çarşı 1152 Zeytin Mh.
46	255317	BAFF348	alarm yok	23 Temmuz 2019 Saat 17:23:45	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Başvurdu Mh. Çarşı 1152 Zeytin Mh.
47	255317	BAFF348		23 Temmuz 2019 Saat 17:23:45	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Hüseyin Beyoğlu Ç. Başvurdu Mh. A
48	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
49	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
50	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
51	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
52	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
53	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
54	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
55	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
56	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
57	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
58	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
59	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık
60	255317	BAFF348		17 Temmuz 2019 Çarşı 17:46:10	Sıcaklık Alarmı	Sıcaklık	24.30	Camangaz Mh. Beyoğlu İstasyon Tık

Şekil 4.5. Arvento soğuk zincir sıcaklık alarmları örnek ekran raporu

Sistem sayesinde; sıcaklık değerlerinin kontrolünün yanı sıra şirketin frigofirik araçlarının belirlenen teslimat rotalarını izleyip izlemedikleri, bu rotalara zamanında varıp varmadıkları, hangi aracı hangi sürücünün kullandığı, sisteme tanımlanan hız limitlerine uyulup uyulmadığı, rölanti yerleri ve süreleri gibi operasyonel bilgiler takip



Şekil 4.7. Arvento soğuk zincir ve araç takip sistemi rapor ekranı görüntüsü

4.3.1. Ekipman

BTA işletmelerinde gıdaların nakliyesi frigofirik araçlarla yapılmaktadır. Sıcaklık değişimlerine duyarlı gıda maddeleri, ilaçlar ve kimyasal maddelerin taşınması için tasarlanan bu karayolu araçlarının soğutucu üniteleri bulunmaktadır. Şekil 4.8.'de işletmenin gıda yüklemesi için bekleyen frigofirik kamyonları görülmektedir.



Şekil 4.8. BTA frigofirik kasalı kamyonları

İşletmenin soğuk zincir ısı takibi, frigofirik kamyonların araç takip cihazlarına entegre edilen sıcaklık sensörleri sayesinde mümkün olmaktadır. Araçların gıda yüklü kasalarındaki sıcaklık seviyeleri canlı olarak takip edilmekte ve raporlanmaktadır. Kritik ısı değişikliklerinde tanımlanan kişilere hem program üzerinden hem de kısa mesaj ile uyarı mesajları gönderilmektedir. BTA frigofirik kamyonlarından birindeki araç takip cihazına bağlı ısı sensörü şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Araç takip cihazına bağlı ısı sensörü

4.3.2. Takip ve Raporlama

BTA soğuk zincir nesnelerin interneti uygulaması incelemesinde, sistemde canlı olarak izleme ve takip yapılmıştır. Soğuk zincir için en önemli veriler olan sıcaklıklar üzerinde yoğunlaşmıştır. Rutin sıcaklık ve ısı alarm durumları gözlemlenmiş, sonrasında bu verilerin geçmişe dönük olarak raporları alınmıştır.

İlk rapor 16-18 Temmuz 2019 tarihleri arasında, işletmenin frigofirik araçlarındaki araç takip cihazlarından 30'ar saniye aralıklarla gelen sıcaklık değerlerine göre, maksimum, minimum ve bu tarih aralığındaki ortalama sıcaklık değerleri için alınmıştır. Tüm araçlar içinde en yüksek kasa sıcaklığı 78,3°C, en düşük kasa sıcaklığı -28,1°C olarak gözlemlenmiştir. 78,3°C ile çok yüksek sıcaklık verisi gönderen aracın durumu sorgulanmış, o gün servis bakımında olduğu öğrenilmiştir.

Araç takip cihazlarından gelen sıcaklık verilerine göre, 16-18 Temmuz 2019 tarihleri için oluşan özet sıcaklık raporu çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. BTA gıda nakliye araçları özet sıcaklık raporu, 16-18 Temmuz 2019

Kayıt No	Cihaz Numarası	Plaka	Kayıt Sayısı	Maksimum Sıcaklık	Minimum Sıcaklık	Ortalama
1	240912	34HR1709	10777	29,8	-16,2	18,37
2	240913	34ER7966	11431	26,6	-8,2	13,69
3	240914	34HR1708	11395	29	-4,2	22,12
4	240916	34LK3359	1	13	13	13
5	240918	34ET2841	11489	29,8	-3,5	23,58
6	256344	34FF4402	5502	27	-5,6	18,16
7	256345	34FF4269	5723	28,9	-5,6	16,78
8	256367	34GF1848	15476	25,3	-28,2	-0,55
9	256368	34KJ5920	5538	28,6	19	23,55
10	256370	34KJ5916	5735	29,6	19,8	24,39
11	256372	34KJ5918	5684	26,5	-23,9	11,41
12	256373	34KJ5919	5474	24,5	-3,6	18,31
13	278295	34LK3358	5639	23,8	-3,4	15,46
14	288579	34HR2026	193	78,3	1	18,6
15	365235	34NS9616	8583	22,6	1,5	14,48
16	371030	34HR2025	3465	24,1	-20,3	9,36

İkinci rapor 18 Temmuz 2019 tarihinde gıda sevkiyatına çıkan BTA frigofirik kamyon araç kasalarının, belirlenen aralıktaki sıcaklık değerlerinin dışına çıktığı, yani oluşan alarm durumu için alınmıştır. 18 Temmuz 2019 için sıcaklık alarmları çizelge 4.2.'de listelenmiştir.

Çizelge 4.2. BTA İşletmesi gıda sevkiyatı sıcaklık alarm raporu, 18 Temmuz 2019

Kayıt No	Cihaz Numarası	Plaka	Tarih/Saat	Değer
1	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 07:20:17	1,4
2	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 08:10:08	0,7
3	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 08:22:24	0,1
4	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 08:55:15	1,5
5	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 09:34:20	1,5
6	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 10:13:16	1,6
7	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 10:32:51	0,1
8	240913	34ER7966	18 Temmuz 2019 Perşembe 11:59:09	0,1
9	240918	34ET2841	18 Temmuz 2019 Perşembe 07:54:42	0,2
10	240918	34ET2841	18 Temmuz 2019 Perşembe 08:29:28	1,4
11	240918	34ET2841	18 Temmuz 2019 Perşembe 08:59:48	0,1
12	256367	34GF1848	18 Temmuz 2019 Perşembe 09:21:25	-19,2
13	256367	34GF1848	18 Temmuz 2019 Perşembe 10:06:00	-20,8
14	256367	34GF1848	18 Temmuz 2019 Perşembe 16:15:32	-24
15	256372	34KJ5918	18 Temmuz 2019 Perşembe 20:10:51	-19,7
16	371030	34HR2025	18 Temmuz 2019 Perşembe 02:27:47	0,2
17	371030	34HR2025	18 Temmuz 2019 Perşembe 11:31:59	0,5
18	371030	34HR2025	18 Temmuz 2019 Perşembe 13:27:43	2

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm, BTA işletmesinde kullanılan soğuk zincir ısı takip sisteminin, nesnelerin interneti uygulamasıyla yenilenmesi sonucu oluşan maliyet ve karlılık analizinin sonuçlarını sunmaktadır. Analiz, BTA şirketinin yöneticileriyle yapılan uzman görüşmelerine ve şirketin ilgili veri tabanından alınan bilgilere dayanarak yapılmıştır. Eski manuel sistem, farklılıkları belirlemek için IoT özellikli yeni sistem ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, nakliyesi yapılan ürün hacimleri sabit kalmak kaydıyla, eski ve yeni sistemlerin uygulandığı yirmi beş adet araç için ve eşit beşer yıllık operasyon süreleri üzerinden yapılmıştır. IoT özellikli yeni sistemin ürettiği tasarruflara dayanarak karlılık analizi yapılmıştır. İlgili maliyet rakamları Euro cinsindedir.

İlk olarak, IoT özellikli soğuk zincir ısı takip sistemi için işletmenin yaptığı yatırım maliyeti incelenmiştir. İşletme çizelge 5.1.'de bileşenler bazında detayları gösterilen yeni sistem için araç başına 992 Euro, yirmi beş araç için toplamda 24.800 Euro yatırım maliyeti üstlenmiştir.

Çizelge 5.1. BTA İşletmesi IoT özellikli soğuk zincir ısı ve araç takip sistemi yatırım maliyeti, Temmuz 2013

YATIRIM MALİYETİ		
BİLEŞENLER	1 Araç için (Euro)	25 Araç için (Euro)
Araç Takip Cihazları	332	8300
Yedek dahili bataryalar (300 saatlik)	60	1500
Sensörler	450	11250
Montaj ve aktivasyon	150	3750
TOPLAM	992	24800

BTA İşletmesinde soğuk zincir ısı takibi için kullanılan eski sistemde herhangi operasyonel maliyet bulunmazken, IoT özellikli yeni sisteme geçişle birlikte bazı operasyonel maliyetler söz konusu olmuştur. Bu maliyetler çizelge 5.2.'de araç

ve süre bazında listelenmiştir. Yirmi beş araç ve beş yıl süre için operasyonel maliyetler toplamı 11.625 Euro olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. BTA İşletmesi IoT özellikli soğuk zincir ısı ve araç takip sistemi operasyonel maliyetleri, Temmuz 2013 - Haziran 2018

OPERASYONEL MALİYETLER						
Operasyonel Giderler	1 ARAÇ İÇİN (Euro)			25 ARAÇ İÇİN (Euro)		
	AYLIK	YILLIK	5 YILLIK	AYLIK	YILLIK	5 YILLIK
Sunucu ve Abonelik Hizmeti	6	72	360	150	1800	9000
Yazılımlar						
Haritalar lisansları						
7/24 Çağrı Merkezi Desteği						
m2m GSM hat maliyetleri	1,75	21	105	43,75	525	2625
TOPLAM	7,75	93	465	193,75	2325	11625

İşletmede soğuk zincir ısı takibi için kullanılan eski manuel sistem ile IoT özellikli yeni sistemin her ikisi için de bakım ve servis maliyetleri mevcuttur. Eski sistemin Temmuz 2008 - Haziran 2013 aralığındaki bakım ve servis maliyetleri çizelge 5.3.'de, IoT özellikli yeni sistemin eşit süre olan Temmuz 2013 - Haziran 2018 aralığındaki bakım ve servis maliyetleri çizelge 5.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. BTA İşletmesi eski soğuk zincir ısı takip sistemi bakım ve servis maliyetleri, Temmuz 2008 - Haziran 2013

SERVİS MALİYETLERİ							
Bakım Maliyetleri (Euro)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TOPLAM
Arıza ve onarım maliyetleri	0	40	90	120	100	160	510
Yedek parça maliyetleri	20	40	150	160	220	305	895
TOPLAM	20	80	240	280	320	465	1405
BAKIM MALİYETLERİ							
Bakım Maliyetleri	1 Araç için (Euro)	25 Araç için (Euro)					
Periyodik bakımlar (yılda iki kez, 5 yıllık)	100	2500					
TOPLAM	100	2500					
TOPLAM SERVİS VE BAKIM MALİYETLERİ (Euro)				3905			

Çizelge 5.4. BTA İşletmesi IoT özellikli soğuk zincir ısı ve araç takip sistemi bakım ve servis maliyetleri, Temmuz 2013 - Haziran 2018

SERVİS MALİYETLERİ							
Bakım Maliyetleri (Euro)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOPLAM
Arıza ve onarım maliyetleri	40	140	65	230	260	220	955
Yedek parça maliyetleri	70	170	220	450	520	380	1810
TOPLAM	110	310	285	680	780	600	2765
BAKIM MALİYETLERİ							
Bakım Maliyetleri	1 Araç için (Euro)	25 Araç için (Euro)					
Periyodik bakımlar (dört ayda bir, 5 yıllık)	270	6750					
Batarya yenilemeleri (iki yılda bir)	180	4500					
TOPLAM	450	11250					
TOPLAM SERVİS VE BAKIM MALİYETLERİ (Euro)				14015			

Her iki sistem için yukarıdaki çizelgelerde detayları gösterilen rakamlara göre toplam maliyetler çizelge 5.5.'de gösterilmiştir. Buna göre beş yıl için eski manuel sistemin işletmeye toplam maliyeti 3905 Euro olurken, IoT özellikli yeni sistemin toplam maliyeti 50.440 Euro olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.5. BTA İşletmesi eski ve yeni soğuk zincir ısı takip sistemlerinin beşer yıllık toplam maliyetleri

Soğuk zincir ısı takip sistemleri	Yatırım maliyeti (Euro)	Operasyonel maliyetler 5 yıllık (Euro)	Servis ve bakım maliyetleri 5 yıllık (Euro)	TOPLAM MALİYET 5 yıllık (Euro)
Eski manuel sistem	0	0	3905	3905
Yeni IoT sistemi	24800	11625	14015	50440

Soğuk zincirde ısı takibinin temel amacı gıda kalitesinin korunması ve insan sağlığıdır. Alınan önlemlere rağmen, zaman zaman gıdaların nakliyesinde çeşitli nedenlerle sıcaklık uygunsuzlukları olmakta ve gıdalar kaliteleri bozularak, insan sağlığına elverişsiz hale gelmektedir. BTA İşletmesi, nakliye sırasında ısı uygunsuzluğu oluşan kamyonlarındaki gıdaları imha etmekte ve bunları zayi maliyetleriyle birlikte kayıt altına almaktadır. Çizelge 5.5.'de eski sistemle ısı takibi yapılan Temmuz 2008 - Haziran 2013 aralığında gıda nakliyesinde ısı uygunsuzluğu nedeniyle oluşan zayi maliyetleri, çizelge 5.6.'da ise IoT özellikli yeni sistemle ısı takibi yapılan Temmuz 2013 - Haziran 2018 aralığında gıda nakliyesinde ısı uygunsuzluğu nedeniyle oluşan zayi maliyetleri gösterilmiştir. Bu maliyetler, eski ve yeni sistemlerin uygulandığı yirmi beş adet araçta, aynı cins ve aynı ürün hacimleri için hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6. BTA İşletmesinde gıda nakliyelerinde ısı uygunsuzluğu nedeniyle oluşan zayi maliyetleri, Temmuz 2008 - Haziran 2013

2008	2009	2010	2011	2012	2013	TOPLAM
9000	25000	29000	35000	45000	22000	165000

Çizelge 5.7. BTA İşletmesinde, IoT dönüşümü sonrası, gıda nakliyelerinde ısı uygunsuzluğu nedeniyle oluşan zayi maliyetleri, Temmuz 2013 - Haziran 2018

2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOPLAM
5500	3200	2900	3500	3300	1400	19800

BTA İşletmelerinin Temmuz 2013'de yaptığı, araç ve soğuk zincir ısı takip süreçlerinde nesnelerin interneti (IoT) dönüşümü sonrasında, beş yıllık süreçte yaptığı tasarruf ve edilen kar analizi Çizelge 5.8.'de hesaplanmıştır. Buna göre, işletme beş yılda IoT dönüşümü sonrası gıda nakliyesinde ısı uygunsuzluğuna bağlı zayi maliyetlerini 98.665 Euro azaltarak tasarruf etmiştir.

Çizelge 5.8. BTA İşletmesinde, IoT dönüşümü sonrası, 5 yılda yapılan tasarruf ve karlılık analizi, Temmuz 2013 - Haziran 2018

Soğuk zincir ısı takip sistemleri	Toplam Sistem Maliyeti 5 yıllık (Euro)	Gıda nakliyesinde ısı uygunsuzluğuna bağlı zayi maliyetleri, 5 yıllık (Euro)	Soğuk zincir ısı takip toplam maliyeti 5 yıllık (Euro)
Eski manuel sistem	3905	165000	168905
Yeni IoT sistemi	50440	19800	70240
		FARK	98665

Araştırmada BTA İşletmesinde soğuk zincir ısı takibi için daha önce kullanılmış manuel takip sistemi ile mevcutta kullanılan nesnelerin interneti (IoT) sistemi ayrı ayrı incelenmiş, eski sistemin dezavantajlarına karşın, yeni sistemin avantajları belirlenmiştir.

5.1. Manuel Soğuk Zincir Isı Takip Sisteminin Dezavantajları

- Isı değerleri sadece sefer öncesinde ve sonrasında manuel olarak, görevlilerin bilgisayarına aktarıldıktan sonra görülebilmektedir
- Sefer süresince herhangi ısı takibi mümkün olmamaktadır
- Araç kasa kapı açılması, soğutucu arızası, gereğinden fazla soğutma, taşıma hatası vb. sorunlar anlık olarak fark edilemediği için zamanında müdahale imkanı bulunmamaktadır
- Kullanılan cihazın kayıt kapasitesi maksimum on altı bin kayıt ile sınırlıdır. Kapasite sefer esnasında dolduğunda, ısı verilerinin kaydı durmaktadır

5.2. Nesnelerin İnterneti Özellikli Soğuk Zincir Isı Takip Sisteminin Avantajları

- Isı değerleri sürekli olarak anlık ve uzaktan izlenebilmektedir
- Gelen veriler anlık olarak sunuculara kaydolmaktadır. Herhangi bir kapasite ve kayıt sınırlaması bulunmamaktadır
- Isı ve nem değerlerinin önceden belirlenen limitlerin dışına çıkması halinde, sistemin uyarılar vermesiyle ürün kayıplarının azalması sağlanmıştır

- Araçların konum ve gıdaların ısı takibi, internet olan herhangi uzak bir noktadan web tabanlı yönetim ve izleme ile yapılabilmekte, istenilen zaman aralığı için raporlama imkanı bulunmaktadır
- Önceden belirlenen alt ve üst limitlerin dışına çıktığında kısa mesaj, e-posta ve ekran görselleri ile uyarılar alınabilmektedir

6. SONUÇLAR

İnternet teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte nesnelerin interneti, bilgi teknolojileri ve iletişimin geleceğinde büyük rol oynayacaktır. Genellikle fiziksel nesnelere ağı olarak tanımlanan nesnelerin interneti, tek bilgisayar ağı değil; araç, akıllı telefon, ev aletleri, oyuncaklar, kameralar, medikal aletler, insanlar, hayvanlar, binalar ve endüstriyel ürünler gibi her tür boyutta bir cihaz ağına dönüşmüştür.

Yiyecek içecek sektöründe en sık rastlanan nesnelerin interneti çözümlerinden biri olan soğuk zincir ısı ve araç takip sistemleri, başta insan sağlığı için önemi büyük ve yasal bir zorunluluk olan gıda kalitesinin korunması olmak üzere, ilgililere araçlara gömülü ekipmanlar vasıtasıyla çeşitli bilgiler göndererek, izleme ve takip için kullanılmaktadır. Gıda nakliyelerinde ısı uygunsuzluğu oluştuğunda, anlık olarak haberdar olunmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede işletmeler için büyük maddi zararlara neden olan gıda kayıpları önemli oranda azaltılmaktadır.

Bu araştırmada yiyecek, içecek sektöründe faaliyet gösteren BTA İşletmesinin yasal zorunluluğun yanında, gıdaların kalitesini korumak, sağlıklı muhafazalarını ve nakliyelerini sağlamak amacıyla, sürekli olarak yaptığı soğuk zincir ısı takibinde kullandığı eski sistem ve 2013 yılında yaptığı dönüşümle kullanmaya başladığı nesnelerin interneti özellikli takip sistemi incelenmiştir. Nesnelerin interneti özellikli soğuk zincir ısı ve araç takip sisteminin, gıda güvenliğinde soğuk zincirin korunması için frigofirik nakil araçlarında etkin bir takip olanağı sunması ve artan verimlilik ortaya konmuş, maliyet ve karlılık analizinin sonuçları sunulmuştur. İşletmenin Temmuz 2013'de yaptığı, soğuk zincir ısı ve araç takip süreçlerinde nesnelerin interneti dönüşümü sonrasında, beş yıllık süreçte 98.665 Euro tasarruf ettiği ortaya konmuştur.

7. ÖNERİLER

Araştırma sonunda gıda soğuk zincir ısı takibinde ve yiyecek, içecek sektörü için nesnelerin interneti (IoT) teknolojileriyle yapılabilecekler konusunda aşağıdaki öneriler getirilmiştir.

- Araç ve soğuk zincir takibinde uygunsuz durumlarda ilgililere anlık uyarılar gitmesine rağmen, bu uyarılar durum ve sayısal bilgilendirmeler ile sınırlıdır. Günümüzde maliyetleri düşen ve teknolojik olarak nesnelerin interneti sistemlerine kolaylıkla dahil edilebilen, araç kasalarına monte edilecek, uygunsuz durum olduğu anda tetiklenerek devreye girecek kameralar, sorunun görsel olarak da tespitini, uyarıların daha anlamlı olmasını ve oluşan uygunsuzluğun çok daha hızlı çözümlenmesini sağlayacaktır.
- Mevcut sistemlere yapılacak bir ekleme ve entegrasyonla, teslim noktalarında gıdaların teslim edildiği andaki sıcaklık derecelerinin müşterinin kendi takip sistemiyle ölçülüp, üretici firmanın sistemine de veri göndermesiyle olası anlaşmazlıkların önüne geçecektir.
- Güzergah takibinde, anlık trafik durumlarının da dikkate alınmasıyla hem teslimat sürelerinde doğruluk oranı artacak, hem de yakıt maliyetlerinde azalma olacaktır.
- Satış noktalarındaki tezgahların, vending cihazlarındaki gıdaların stok durumları takip edilerek ürün bulunurluğun sürekliliği sağlanabilir.

8. KAYNAKLAR

- Andrew Whitmore & Anurag Agarwal & Li Da Xu, *The Internet of Things—A survey of topics and trends*, Springer Science+Business Media New York 2014
- Akyıldız, L.F., Sankarasubramaniam, Y., Su, W., Cayırcı, E., (2002). Wireless sensor networks: A survey. *Journal of Computer Networks*, 38, 393-422.
- Bonaventure O. (2011). *Computer Networking: Principles, Protocols and Practice*. ... KTH Royal Institute of Technology; Stockholm, Sweden.
- BTK (2018) Üç Aylık Pazar Verileri Raporu, 2018 4. çeyrek özet bilgileri, s.11
- Domingos, P. (2015). *The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*. New York: Basic Books.
- Druzdzel, M. & Flynn, R. 2002. *Decision Support Systems*. In: Allen Kent (eds.) *Encyclopedia of Library and Information Science*, 2nd Edition, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Engelbrecht, A. (2007). *Computational Intelligence: An Introduction*. 2 nd edition. Chichester: John Wiley & Sons.
- Ertel, W. (2011). *Introduction to artificial intelligence*. New York, USA: Springer Science & Business Media
- Finkzeller, K, (2010) *RFID Handbook*, John Wiley & Sons, Ltd Vision and Challenges for Realizing the Internet of Things
- Furth, B., Escalante, A., (2010), *Handbook of Cloud Computing*, Springer, New York, ABD
- Gnimpieba Z. D. R., Nait-Sidi-Moh, A., Durand, D., Fortin, J., (2015). Using Internet of Things technologies for a collaborative supply chain: Application to tracking of pallets and containers. *Procedia Computer Science* 56 550 – 557.
- Grossmann, W. & Rinderle-Ma, S. (2015). *Fundamentals of Business Intelligence*. New York, USA: Springer
- Gubbi et al. (2013). *Future Generation Computer Systems* 29 1645–1660.
- Jiang, R., Zhu, Y., He, T., Liu, Y., Ni, L. M., (2014). Exploiting Trajectory-Based Coverage for Geocast in Vehicular Networks. *IEEE Transaction on Parallel and Distributed Systems* Vol. 25, No. 12

- Leavitt, N. (2009). Is cloud computing really ready for prime time?, IEEE Comp, 1.Sayı, s.15-20
www.Cisco.com
- Li, X., Chen, X., Zhen, Y., & Zeng, L. (2011). Applications of Internet of Things on smart grid in China. Proceedings of the 13th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT).
- Liu, Y., & Zhou, G. (2012). Key technologies and applications of Internet of Things. Proceedings of the Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). Liu, J.,
- Luo, J., Chen, Y., Tang, K., & Luo, J. (2009). Remote monitoring information system and its applications based on the Internet of Things. Proceedings of the International Conference on Future BioMedical Information Engineering (FBIE 2009).
- Mattern, F. and Floerkemeier, C. (2010) From the Internet of Computers to the Internet of Things. In Sachs, K., Petrov, I. and Guerrero, P., Eds., From Active Data.
- Mazhelis, O., Warma, H., Leminen, S., Ahokangas, P., Pussinen, P., Rajahonka Mervi, Riikka Siuruainen, Hanna Okkonen, Alexey Shveykovskiy, Jenni Myllykoski (2013). Internet-of-Things Market, Value Networks, and Business Models: State of the Art Report, University Of Jyväskylä, Department Of Computer Science, And Information Systems,
- Palattella, M. R., Dohler, M., Grieco, A., Rizzo, G., Torsner, J., Engel, T., and Ladid, L. (2016). Internet of Things in the 5G era: Enablers, Architecture, and Business Models. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 34(3):510–527.
- Power, D.J. (2007). A Brief History of Decision Support Systems. <http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html> (10.06.2019)
- Robles, T., Alcarria, R., Martín, D., Navarro, M., Calero, R., Iglesias, S., López, M., (2015). An IoT based reference architecture for smart water management processes. Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications, 6(1):4-23.
- Russell, S. & Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence - a Modern Approach. New Jersey: Prentice Hall.
- Serrano, M., Hauswirth, M. & Baldini, G. (2014). Putting the Internet of Things Forward to the Next Level. In: V. Ovidiu and P. Friess, (eds.) Internet of things - from research and innovation to market deployment. Aalborg: River Publishers.
- Sundmaeker, H., Guillemin P., Friess, P. Woelfflé, S. (2010) Vision and Challenges for Realizing the Internet of Things, Luxembourg: Publications Office of the European Union,
- Teece, David J. (2010), Business Models, Business Strategy and Innovation, Long Range Planning 43(2-3):172-194

Toivanen, T., Mazhelis, O., Luoma, E.(2015) Network analysis of platform ecosystems: the case of internet of things ecosystem. Springer.

Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Sundmaeker, H., Eisenhauer, M., Moessner, K., Arndt, M., Spirito, M., Medagliani, P., Giaffreda, R., Gusmeroli, S., Ladid, L.,

Waller, M. & Fawcett, S. (2013). Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: a Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management. *Journal of Business Logistics*, 34, (2), pp. 77-84.

Yang, L., Yang, S.H., Plotnick, L., (2013). How the internet of things technology enhances emergency response operations. *Technological Forecasting & Social Change* 80 (2013) 1854–1867.

Yang, J., Meng, L., (2014). Feature Engineering for Map Matching of Low- Sampling-Rate GPS Trajectories in Road Network. *ECML/PKDD14 workshop on Machine Learning for Urban Sensor Data*

9. ÖZGEÇMİŞ

Aykut KILIÇ, İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünü 2002’de bitirdi. 1997 yılında iş hayatına başladı. 2000-2003 yılları arasında, bilgisayar donanımları satış ve servis hizmetleri alanlarında faaliyet gösteren şirketinin işletmesini üstlendi. 2005-2006 yıllarında, Tuborg ve Kyocera firmalarının bilgi teknolojileri saha ekiplerinde görev alırken, Sistem Uzmanlığı ve Yöneticiliği eğitimlerini tamamladı. 2006-2007 arasında, HP Sistem Destek Mühendisi olarak çalışan Kılıç, 2007’den itibaren TAV Holding şirketlerinde Bilgi Teknolojileri Yöneticisi olarak görev yapmaktadır. Yurtiçi ve yurtdışında birçok havalimanı açılış projelerinin, ICT çalışmalarında bulunmuş ve yönetmiştir. Proje Yönetimi (PMP), ISO 27001 Baş Denetçilik, İş Güvenliği Uzmanlığı (İSG) eğitimleri almış, Yönetim Bilişim Sistemleri (MIS) alanında yüksek lisansını tamamlamıştır.