

## İçindekiler Tablosu

Nesnelerin İnterneti (Iot) .....	1
1. Nesnelerin İnterneti Kavramı .....	1
1.1. Bileşenler .....	2
1.1.1 RFID .....	2
1.1.2 Kablosuz algılayıcı ağlar .....	2
1.1.3 Gömülü sistemler ve nanoteknoloji .....	2
1.2 Kullanılan Teknolojiler .....	2
1.2.1 Haberleşme Teknolojileri .....	2
1.2.2 Algılama Teknolojileri .....	2
1.2.3 Hesaplama Teknolojileri .....	2
1.2.4 Tanımlama Ve Adresleme Teknolojileri .....	3
1.2.5 Verilerden Anlam Çıkarma Teknolojileri .....	3
1.3 Nesnelerin İnternetinin Hizmetleri .....	3
2. Nesnelerin İnternetinin Mimarisi .....	3
2.1 OSI Referans Modeli – TCP/IP Modeli .....	5
3. Nesnelerin İnternetinin Platformları .....	6
4. Nesnelerin İnternetinin Uygulamaları .....	6
5. Nesnelerin İnternetini Geliştirme ve Kullanma Aşamasında karşılaşılan zorluklar .....	8
6. Nesnelerin İnternetinin Geleceği .....	8
7. LoRaWAN İle Nesnelerin İnterneti .....	10
8. Sonuçlar .....	11
9. Kaynaklar .....	11

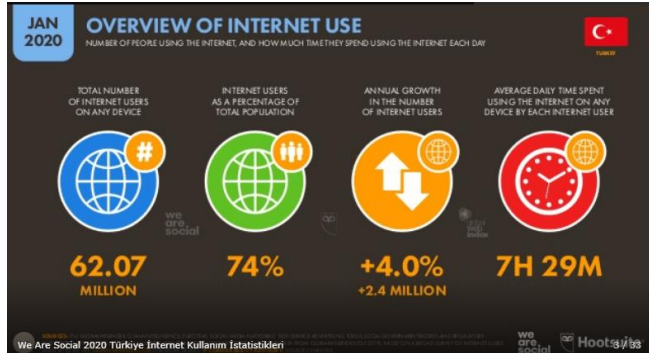
# NESNELERİN İNTERNETİ (IOT)

Mustafa Levent Koç

*İnternet teknolojisindeki gelişmeler, bununla birlikte iletişim alanındaki gelişmeler insanların, cihazların birbirleriyle internet ağı üzerinden konuşmasını sağlayacak yenilikler getirmiştir. Önceden daha profesyonel cihazların internet bağlantısı mevcut iken günümüzde kullandığımız birçok elektronik eşyanın bu iletişim ağını kullanması Nesnelerin İnterneti kavramı meydana çıkarmıştır. Bu makalede, nesnelerin interneti hakkında bilgiler, karşılaştığı sorunlar ve fırsatlar yer almaktadır.*

## NESNELERİN İNTERNETİ (IOT)

Dünya nüfusunun yarısından fazlası, e-mail işlemleri, multimedya içeriklerine erişme, sosyal medya ile vakit geçirme, alışveriş yapma, online toplantılar yapma, eğitimlere katılma, uzaktan işyerindeymiş gibi çalışma gibi birçok işlemi yapabilmek için internet ağını kullanmaktadır. Ülkemizde ve dünyamızda İnternet kullanıcısı sayısı da her geçen gün artmaktadır. Aşağıda ülkemizde internet



kullanımı verileri bulunmaktadır. (Şekil 1)

Şekil 1

İnternet kullanımı günümüz dünyasında iletişim aracı olmaktan çıkmış, insan hayatı için vazgeçilemez bir konuma gelmiştir. Dolayısıyla yapılan çalışmalar, insan için bu kadar vazgeçilmez olan interneti, insanın kullanımındaki tüm nesnelerle entegre ederek, bunların birbirleriyle konuşmasını sağlayarak birçok kolaylık ve yenilikler meydana getirmiştir. Bu sisteme de Nesnelerin İnterneti İngilizcesi ile Internet of Things(IoT) denilmiştir. Önümüzdeki süreçte milyarlarca cihazın Nesnelerin İnternetine bağlı çalışacağı tahmin edilmektedir. Bu yeni teknolojiye bağlı cihazların sayısının artması ile birlikte erişilecek ve işlenip yorumlanabilecek verilerde olacaktır. Örnek olarak: Mobil telefon ile insan yoğunluğu verisi(Covid-19 sürecinde Sağlık Bakanlığının geliştirdiği uygulamada kullanılmaktadır), klimalar ile ortam sıcaklık verileri, otomobillerdeki silgeçler ile yağış miktarı gibi farklı türden veriler edinilebilecektir.

Nesnelerin İnterneti, cihazların oluşturduğu geniş bir networktür. Bu networkte cihazlar birbirleri ile iletişim

halinde olduğu gibi bir merkeze de veri aktarmaktadırlar. Kendi çalışma performansları ile ilgili bilgilerin yanı sıra içerisinde bulundukları mekân hakkında bilgi alış verişini yapabilmektedirler. Burada nesne diye tabir edilen şey, tıbbi cihaz, bina sistemi, şebeke hatları, üretim bant sistem cihazı gibi veri toplama yapabilen bir cihaz olabilir.

Nesnelerin İnterneti 2000 li yılların başında MIT(Massachusetts Institute of Technology) kullanılan cihazların oluşturduğu iletişim ağını tarifleyebilmek adına Kevin Ashton tarafından söylenmiştir. Nesnelerin İnterneti için birçok farklı ülkede araştırmalar yapılmış ve çeşitli neticelere varılmış olsa da sonuçlar birbirleri ile büyük benzerlikler göstermektedir. Nesnelerin internetinin tam anlamıyla işlevsellik kazanabilmesi için cihazları sisteme dahil etmek, bulundukları yerlerde veri alışverişini sağlamak, tespit takip izleme özellikleri kazandırmak, cihazların karar verme yetisini geliştirmek gerekmektedir. Bu şekilde oluşturulan bir habitat kullanıcısına daha iyi hizmet verebilmektedir.

Nesnelerin interneti 2005 yılında Dünya Bilgi Topluluğu Zirvesinde resmi kavram olarak tanımlanmıştır. Kavram üzerinden rapor hazırlanmış, geleceği, etkileyeceği sektörleri, ticari kazanımları hakkında geleceğe yönelik bilgiler verilmiştir. Rapordan 15 yıl sonra Nesnelerin İnterneti kendisini kullanan üreticileri için rakipleri ile aralarında tercih sebebi olacak bir çok fırsat sunmaktadır. Nesnelerin interneti, güvenlik, sağlık, tarım, stok ve ürün yönetimi gibi çok geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabileceği görülmektedir.

## 1. NESNELERİN İNTERNETİ KAVRAMI

Nesnelerin İnterneti, veri toplamak, haberleşme ve verileri işlemek için, gelişim süreci devam eden bir olgudur. Nesnelerin İnterneti için birçok farklı kaynaktan birçok farklı tanım bulunmaktadır. Nesnelerin İnterneti kavramı için yapılan tanımlardan bazıları:

Standart iletişim protokollerine dayalı, birbirine bağlı ve eşsiz olarak adreslenebilen evrensel nesneler ağıdır,

Bilgi toplama için mevcut ve gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerine dayalı, birbirine bağlı nesneler tarafından geliştirilmiş hizmetler sağlayan küresel bir altyapıdır,

Çevre şartlarına göre davranabilme, bilgi, veri ve kaynak paylaşabilme, otomatik organize olabilme yeteneklerine sahip açık ve kapsamlı akıllı nesneler ağıdır.

Nesnelerin İnterneti konusu incelendiğinde RFID yani radyo frekanslı tanımlama pek çok adımda mevcuttur. Nesnelerin İnterneti ağına RFID özelliğine sahip mobil cihazlar, elektronik cihazlar ve bilgisayarlar mevcuttur. (Şekil 2) Bu ağda yapılması gereken kapsamlı bir iş, yapılmak üzere küçük iş kollarına ayrılır ve her biri ağdaki

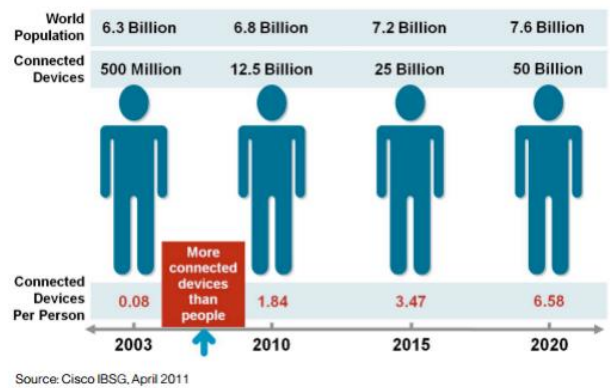
### 1.1. Bileşenler

### 1.1.1 *RFID*

### 1.1.2 Kablosuz algılayıcı ağlar

### 1.1.3 Gömülü sistemler ve nanoteknoloji

## 1.2 Kullanılan Teknolojiler



Şekil 3

### 1.2.1 Haberleşme Teknolojileri

Nesnelerin İnternetinde en çok kullanılan haberleşme teknolojisi WIFI ağıdır. 100 metrelik bir alanda nesneleri birbirleriyle konuşturmak için frekans dalgalarını kullanır. Bluetooth birbirine yakın nesneleri konuşturmayı sağlar ve daha az enerji tüketir. 2016 yılında bluetooth 5.0 geliştirilmiştir. Bu versiyon akıllı evlerdeki nesnelerin bağlantısını kolaylaştıran yeni bir protokol getirdiği gibi kendinden önceki versiyona göre daha düşük enerji tüketmektedir. Bunların yanı sıra daha hızlı bir haberleşme olanağı sunmaktadır.

LPWAN konum belirleme özelliği olan, güç tasarrufuna sahip, geniş mesafelere erişebilen maliyeti az haberleşme ağıdır. Esas olarak uzaktaki cihazların birbirleri ile az enerji ve yüksek veri hızı ile konuşmasını sağlamayı sağlamaktadır.

RFID, 6LoWPAN, UWB, NFC kısa mesafe haberleşmeleri için kullanılır.

### 1.2.2. Algılama Teknolojileri

### 1.2.3 Hesaplama Teknolojileri

Donanım ve yazılım hesaplamada rol almaktadır. İşlemciler Nesnelerin İnterneti için hesaplama özelliği kazandırır. Nesnelerin İnterneti için geliştirilen donanım bileşenlerine: Arduinio, Intel Galileo, WiSense,

Raspberry PI, Gadgeteer, BeagleBone, Cubieboard, UDOO, Z1 ve Mülle örnek gösterilebilir.

Nesnelerin interneti için hesaplama yapmasına olanak sağlayan yazılımlar bulunmaktadır. İşletim sistemleri en önemli yazılımlardır. Bu işletim sistemleri ile ilgili bilgiler Şekil 4 te bulunmaktadır.

İşletim Sistemleri	Programlama Dili Desteği	Gereken Minimum Bellek	Olay Güdümlü Programlama	Çoklu İplikli Çalışma	Dinamik Bellek Desteği
TinyOS [58]	nesC	1 KB	Evet	Kısmen	Evet
Contiki [56]	C	2 KB	Evet	Evet	Evet
LiteOS [57]	C	4 KB	Evet	Evet	Evet
Riot OS [59]	C/C++	1.5 KB	Hayır	Evet	Evet
Android [61]	Java	-	Evet	Evet	Evet

Şekil 4

#### 1.2.4 Tanımlama Ve Adresleme Teknolojileri

Nesnelerin İnterneti ağında bulunan her cihaza ulaşılabilir ve ayırt edilebilir bir kimlik kazandırmak için kullanılmaktadır. Gelen talepleri kategorize etmek ve ona göre cihazlarla eşleştirmek dolayısıyla tanımlama yapmak işlemlerin devamı için önem arz etmektedir. Cihazları tanımlamak adına EPC ve uCode tarzı metotlar kullanılmaktadır.

Bunların yanı sıra cihazların aldıkları kimliklerin, adreslerinden ayrılması işleminin yapılması gerekmektedir. ID cihaz kimliği anlamına gelir. Adres networkteki adresi anlamındadır. IPv4 ve IPv6 adresleme yöntemleri kullanılmaktadır.

#### 1.2.5 Verilerden Anlam Çıkarma Teknolojileri

Bu kısım Nesnelerin İnternetinin beynidir. Birçok farklı cihazdan gelen bilgilerin tanımlanması, işlenmesi, analiz edilmesi bu kısımda gerçekleşir. Bu işlemler RDF- Kaynak Tanımlama Yapısı ve OWL gibi semantik web uygulamaları ile yapılır. Bununla birlikte Nesnelerin İnterneti için anlam çıkarmada Efficient XML Interchange- yani verimli XML değişimi (EXI) kullanılması önerilmiştir. Burada verimli XML değişimi önem arz etmektedir. XML yapısal olarak kısıtlı kaynak olduğu durumlarda kullanılabilir. Bununla birlikte verimli XML değişimi, az enerji harcayarak, küçük kod ve dosya boyutu ile eldeki imkânları zorlamaz. Şekil 5 te temel yapı gösterilmektedir.

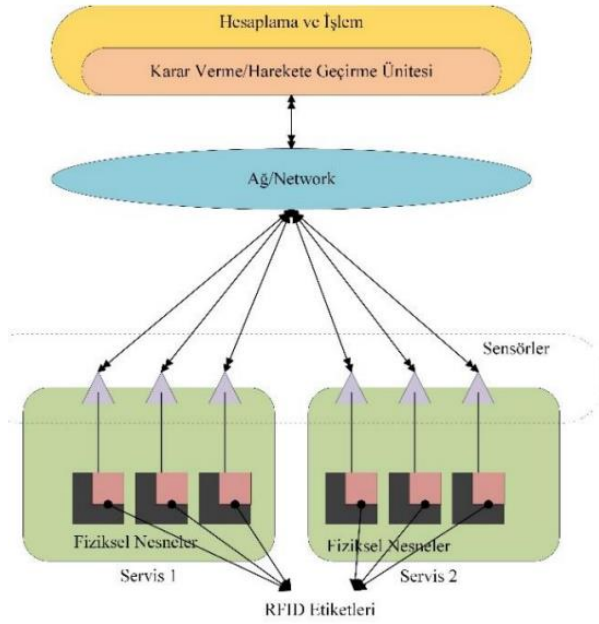
### 1.3 Nesnelerin İnternetinin Hizmetleri

Nesnelerin İnternetinin kullanım alanı çok geniştir. Uygulamaların ileriye götürülmesi, performans ve hız artışı sağlamak için daha çok özellik, daha çok girdi gerekmektedir. Bu hizmetler aşağıdaki gibi gruplara ayrılabilir.

- Kimlikleme
- Veri Toplama
- Ortaklaşa Çalışma

- Yaygın olma

Nesnelerin interneti kavramının şeması Şekil 6 da verilmiştir.



Şekil 5

## 2. NESNELERİN İNTERNETİNİN MİMARİSİ

Nesnelerin İnternetinin mimarisi genel üç ana katmanlıdır. Üç katmanlı bu mimari şu kısımlardan oluşur(Şekil 7a):

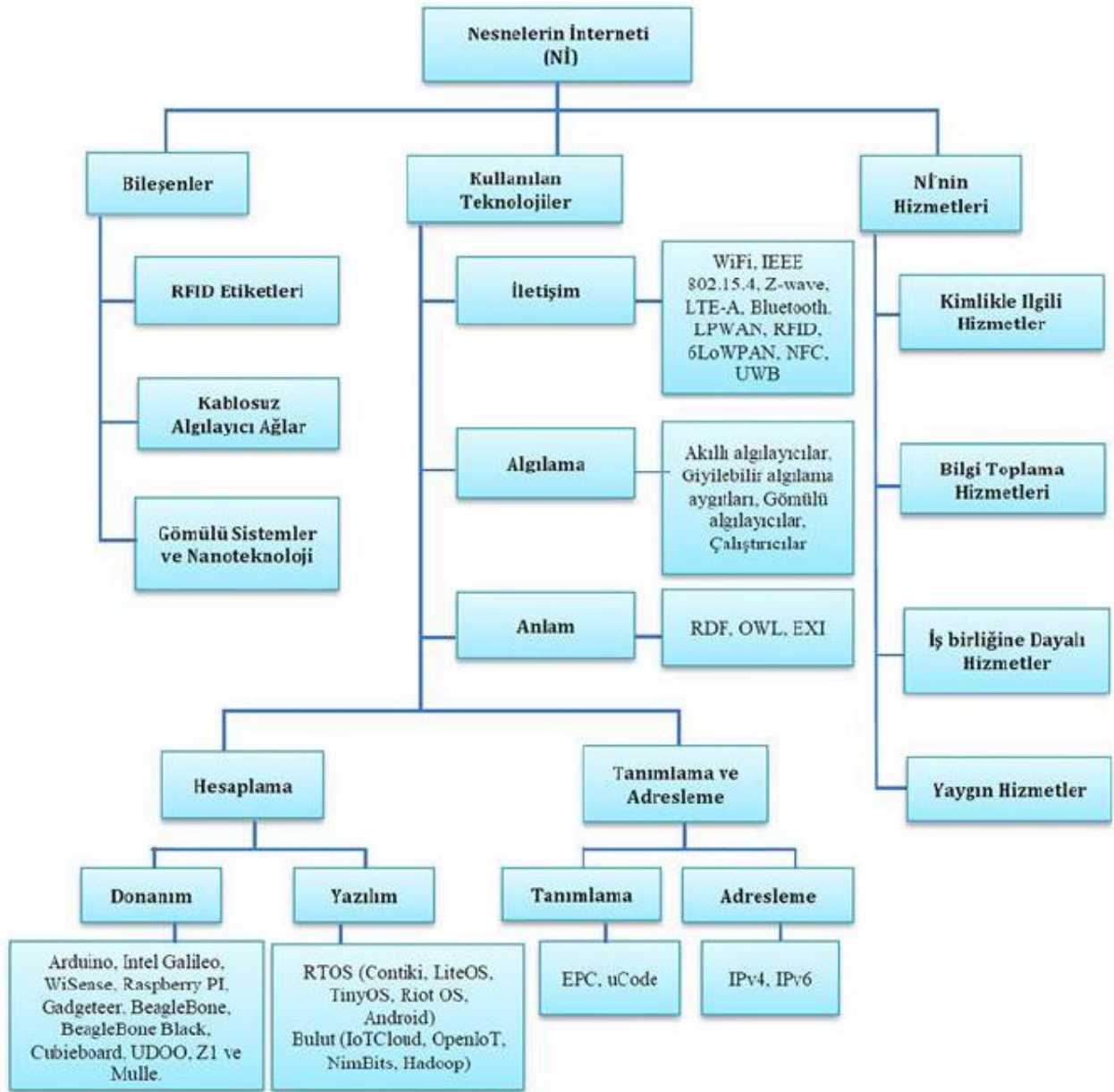
- Algı
- Ağ
- Uygulama

Algı katmanının en alt kısımda bulunmakla birlikte veri toplama işlemini yapan fiziksel katmandır.

Ağ Katmanı, algı ile uygulama katmanlarını bağlayan orta katmandır. Geçiş için mimaride yer almıştır. Nesneler, sistemler, uygulamalar, hizmetler bu katmandan üst katmana geçiş yapabilirler.

Uygulama Katmanı: Algı ve ağ katmanlarından aldığı verileri inceleyerek analizini yapmaktadır. Bunlarla birlikte hizmet ve uygulamaları çalıştırmaktadır.



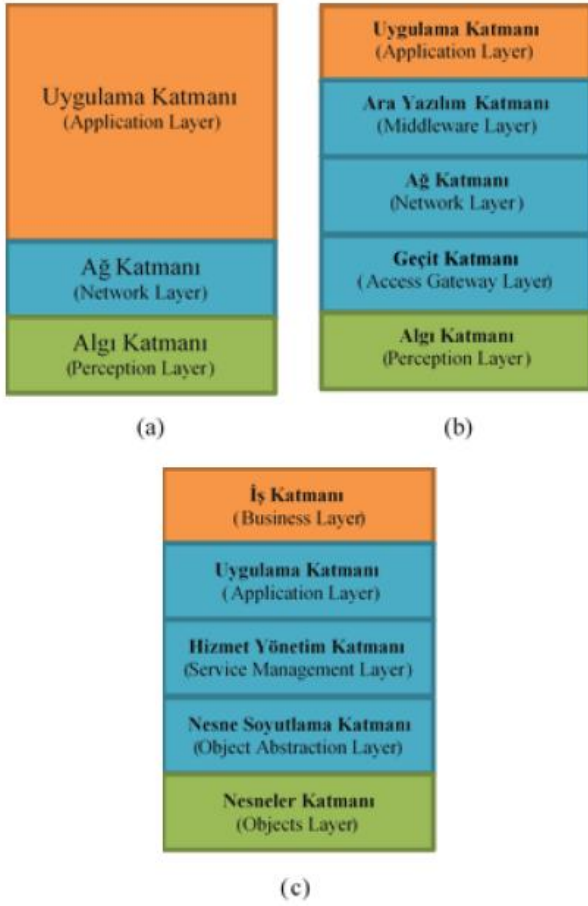


Şekil 6

Yukarıda anlatılan baz mimariden daha ayrıntılı mimarilerde mevcuttur.

- Ara yazılım tabanlı model: üç katmanlı mimariye geçit (gateway) ve ara yazılım (middleware) yerleştirilmiştir.
- Beş katmanlı model: TCP/IP katmanlarıyla karıştırılmamalıdır.
  - Nesneler: Cihazlar katmanıdır. Veri toplama ve işleme yapılmaktadır. Bununla birlikte verileri bir sonraki katmana gönderir. Big Data'nın başlangıç katmanıdır.
  - Nesne Soyutlama: Önceki katmandan gelen verileri bir hizmet yönetime gönderir. Burada çeşitli teknolojiler(3G, GSM, WIFI, RFID) kullanılır. Verilerin yönetilmesi işleminin yapıldığı katmandır.

- Hizmet Yönetim: Ara yazılım katmanıdır. Hizmetler ile taleplerin eşleşme işlemleri yapılır. Veriler işlenir, buna göre bir karar verir ve işlemleri yapar.
- Uygulama: Son kullanıcının hizmetini gerçekleştirir.
- İş Katmanı: Yönetim katmanıdır. Uygulama katmanından alınan bilgiler ışığında iş modelleri, akış şeması oluşturur. Tasarım, Analiz, Uygulama, Değerlendirme, Takip ve İcra işlemleri bu katmanın sorumluluğundadır.



Şekil 7

## 2.1 OSI Referans Modeli – TCP/IP Modeli

### OSI MODEL

### TCP/IP MODEL

Application Layer	Application Layer
Presentation Layer	
Session Layer	
Transport Layer	Transport Layer
Network Layer	Internet Layer
Data Link Layer	Network Access Layer
Physical Layer	

Şekil 8

Standartlar zorunlu olduğu ve hiçbir Nesnelerin İnterneti projesi ya da bina projesi aynı olmadığı için, birlikte çalışabilirlik sorununu çözmek adına Nesnelerin İnternetinin temellerini anlamak önemlidir.

OSI ağ modeli, yedi katmanlı yapısı ile iletişim kurmayı kolaylaştırmakta ve Nesnelerin İnterneti iletişimini ve ilgili standartları da anlamaya yardımcı olmaktadır. OSI ağ modelinin yedi katmanı, mantıksal olarak oluşturulmuş sıralı bir alt sistemler kümesi meydana getirmektedir.

- Katman 7 Uygulama katmanıdır. Uygulama ve kullanıcı düzeyindeki işlemleri temsil etmektedir. Nesnelerin İnterneti kapsamında, son kullanıcıya olan bağlantının en yakın olduğu yer burasıdır ve ağ hizmetlerine erişim sağlamaktadır. CoAP, MQTT, XMPP, AMPQP ve HTTP gibi mesajlaşma protokolleri bulunmaktadır.
- Katman 6 sunum katmanıdır. Verileri uygulama tarafından kullanılabilir bir biçimde dönüştürmektedir. Verileri iletişim için biçimlendirip şifrelediği için, esas olarak uygulama ve ağ arasındaki iletişimdeki uyumluluk sorunlarını çözmektedir. Buna örnek olarak Aktarım Katmanı Güvenliği (TLS) serisi şifreleme protokolleri verilebilmektedir.
- Katman 5 oturum katmanıdır. Yerel ve uzak uygulamalar arasındaki bağlantıların başlatıldığı, yönetildiği ve sonlandırıldığı yerdir. Ağ istasyonlarındaki (bilgisayarlar vb.) İşlemler arasında ağ oturumları oluşturulmasını sağlamaktadır.
- Katman 4 Taşıma katmanıdır. Serverdan diğer server bilgisayarına veri aktarımı ya da iletimi ile ilgilidir. Aktarım katmanı, serverlar arasında veri aktarımının tamamlanmasını sağlamaktadır. Hata giderme içermektedir. TCP ve UDP, aktarım katmanındaki iki protokol örneğidir.
- Katman 3 ağ katmanıdır. Farklı ağlar arasında veri paketlerini aktarmak için yönlendirme katmanıdır. İnternet Protokolü olan TCP / IP protokolünde bulunan IP'nin ikinci kısmını içerir. IPv4'ü ve tamamlayıcı standartları içeren daha geniş bir Nesnelerin İnterneti mimarisinin parçası olan IPv6'yı içerir.
- Katman 2 veri bağlantı katmanıdır. Bir ağda doğrudan bağlı iki düğüm arasında veri aktarımının gerçekleştiği yerdir. Ethernet gibi IEEE 802 standartlarında, veri bağlantı katmanı iki alt katmana ayrılır. Birincisi orta erişim kontrol katmanı (MAC katmanı) İkincisi de mantıksal bağlantı kontrol katmanıdır (LLC). Bu katmandaki Nesnelerin İnterneti iletişimleri için IEEE 802 standartları önemlidir (ZigBee, ISA100.11a ve Thread gibi diğer özellikler tarafından kullanılan IEEE 802.15.4 ya da düşük hızlı Kablosuz PAN).
- Katman 1 fiziksel katmandır. Burası, ağların düzenlendiği yerdir. Ham verilerin kaynağıdır. Verilerin iletilmesi gereken yerdir. OSI fiziksel katman veri iletişimi açısından, 'algılanan' ham verilerden, kodlanmış verilere geçmenin temelini oluşturur. Nesnelerin İnterneti ve bağlı cihazlarının temelini oluşturur. Nesnelerin İnternetini gerçekleştiren temel fiziksel yapıyı içeren katmandır. Kablo ve radyo frekans bağlantılarını, temel iletim tanımlamalarını, ağ topolojilerini, bir cihazdaki veri seviyesindeki iletişim protokollerine ve donanımı içerir.

Bu şekilde OSI modeli, Nesnelerin İnternetindeki birlikte çalışabilirlik sorunlarını çözmenin bir yolu haline

gelmektedir. OSI modelinin Nesnelerin İnterneti ile ilişkisi şekil 9 da gösterilmektedir.

	IOT STACK	WEB STACK
TCP/IP	IOT applications Device Management	Web applications
Data Format	Binary, JSON, CBOR	HTML, XML, JSON
Application Layer	CoAP, MQTT, XMPP, AMPQP	HTTP, DHCP, DNS, TLS/SSL
Transport Layer	UDP, DTLS	TCP, UDP
Internet Layer	IPv6/IP Routing 6LOWPAN	IPv6, IPv4, IPSec
Network/Link Layer	IEEE 802.15.4 MAC IEEE 802.15.4 PHY / Physical Radio	Ethernet (IEEE 802.3) DSL, ISDN, Wireless LAN (IEEE 802.11), Wi-Fi

Şekil 9

### 3. NESNELERİN İNTERNETİNİN PLATFORMLARI

Nesnelerin İnternetinin Yazılım ve Donanım olarak iki ana platformu vardır.

Yazılım açısından düşünürsek; Nesnelerin İnterneti ağında bulunan cihazlar, diğer cihazlar ile bulut tabanlı uygulamalar vasıtası ile konuşarak veri paylaşımında bulunmayı amaçlamaktadırlar. Nesnelerin internetine ait platform, cihazlar ile networklerin iletişimini sağlar. Cihazların ürettiği bilgilerin alınması ve işlenerek analiz edilmesi için uygulamalar yazılım platformu vasıtası ile üretilir. Nesnelerin İnternetinde yazılım platformu olarak ThingWorx, AWS IOT, Appcelerator, Ericsson Framework, IBM IOT bulunmaktadır. Bunlardan birisini seçmek için Nesnelerin İnterneti gereksinimlerini karşılamaları gerekmektedir. Bu gereksinimleri karşılayacak özellikler aşağıdaki gibi listelenebilir:

- **Cihaz Yönetimi:** Cihazların durumunu izleyebilmeli, online güncelleme işlemlerini takip edebilmeli ve gerçekleştirebilmeli, ayarları yönetebilmelidir. Hata olduğu durumlarda, hatanın nedeni ile ilgili analiz yaparak log kayıtlarını içeren raporlama tekniğini bulundurmaktadır. Belli dönemlerde cihaza ait analizler verebilmelidir.
- **Entegrasyon:** Geliştirilen Uygulamalar, Servisler verilere ulaşabilmelidir. REST-API' ler daha çok tercih edilmektedir.
- **Bilgi Güvenliği:** Nesnelerin interneti ağındaki cihazlar ile yazılım platformu arasındaki network, olabilecek dinlemeleri önlemek için güçlü bir şifreleme mekanizmasıyla şifrelenmelidir. Ancak, Nesnelerin interneti platformlarında yer alan az maliyetli ve gereken seviyenin altında güce sahip nesnelerin çoğu, gelişmiş erişim kontrol önlemlerini destekleyemez. Bu durumda, yazılım platformu, bu durumu kendi katmanında çözmelidir. Örneğin, Nesnelerin İnterneti trafiğinin özel ağlara ayrılması, bulut uygulama düzeyinde güçlü bilgi güvenliği teknikleri, düzenli parola güncellemelerin yapılmasını zorunlu tutmak, yazılım güncellemelerinin sadece kimlik doğrulama yoluyla kabul etmek Nesnelerin İnterneti yazılım platformunun güvenlik seviyesini artırır.

- **Veri Toplama Protokolleri:** Nesnelerin İnterneti yazılım platformunun bileşenleri arasında yer alan veri iletişimi için kullanılan protokoller dikkat edilmesi gereken bir bileşendir. Yazılım platformunun, yüksek miktarda cihazı yönetmesi gerekir. Enerji ve ağ kaynaklarını minimum seviyede kullanarak işlemleri sağlayabilmek için protokol seçimini ona göre yapmalıdır.
- **Veri Analizi:** Nesnelerin İnterneti yazılım platformundaki cihazlardan alınan işe yarar verilerin analiz edilmesi gerekir. Nesnelerin İnternetinde kullanılabilecek veri analiz yöntemleri:
  - **Gerçek zamanlı analiz:** Akan verilerin online analizini gerçekleştirir. Örnek olarak bulut ağı üzerinde gerçek zamanlı akış işleme gösterilebilir.
  - **Yığın analiz:** İşlemleri biriken veri kümesi üzerinden yürütür. Böylece, işlemler planlanan zaman aralıklarında gerçekleşir ve birkaç saat veya gün sürebilir.
  - **Tahmini analiz:** Yapılan istatistiksel tekniklere ve makine öğrenme yöntemlerine dayanan tahminlerin yapılmasına olanak sağlar.
  - **Etkileşimli analiz:** Hem akan verilerin hem de biriken veri kümesi üzerinde birden fazla keşif analizi gerçekleştirir.

- **Görüntüleme:** Verilerin görüntülenmesi yazılım platformunun önemli bir görevidir. Görüntüleme ile veri analizi birlikte yürütülür. Böylece, yazılım platformu, cihazlardan gelen verilerle birlikte, verilerin analiz edilmesinden sonra elde edilen sonuçların grafik haline getirilmesi için gerekli desteği verebilmelidir.

### 4. NESNELERİN İNTERNETİNİN UYGULAMALARI

Nesnelerin İnterneti sağlık, ulaşım, endüstri, güvenlik, akıllı yaşam alanları gibi çok geniş bir yelpazede uygulanmaktadır. Nesnelerin internetinin uygulandığı alanlarla ilgili birtakım örnekler bulunmaktadır.

- **Ulaşım:** Akıllı Şehirciliğin en önemli uygulama alanı akıllı ulaşım sistemi konusudur. Trafik yoğunluğunun anlık takip edilebilmesi ve uygun güzergâhların tercih edilerek, var olan yükün tüm hatlara eşit olarak dağıtılması, akıllı otopark sayesinde, şehrin bu yöndeki ihtiyacının zaman ve yakıt tasarrufu sağlanarak giderilmesi sağlanmaktadır. Akıllı sinyalizasyon ile gereksiz yoğunluğun önüne geçilmesi söz konusu olmaktadır.





Şekil 10

- **Doğa Olaylarının Takip Edilmesi:** Çevre izleme olarak özetlenebilir. Sıcaklıklardaki değişimler, rüzgâr şiddetinin ölçülmesi, yağış miktarlarının takip edilmesi, nehir ve dere yataklarındaki su miktarının gözlenmesi, yeraltı sismik hareketlerinin takip edilmesi ve bu bilgilerin anlık edinilerek doğru şekilde analiz edilip yorumlanması sonucunda oluşabilecek olumsuz durumlardan vatandaşları bilgilendirmek, önlemlere alarak birçok hayatı kurtarmak mümkün olmaktadır. Burada çalışan birçok akıllı cihazın birbirleri ile uyum içerisinde çalışabiliyor olması ve edindikleri verileri anlık olarak veri merkezine iletmesi gerekmektedir. Hatta kendi yorumlamasını da ekleyerek ona göre bir analiz sunması karar vericiler için önem arz etmektedir.
- **Sağlık:** Nesnelerin İnterneti ile hastanelerde yatan hastaların miktarı, hastaya verilecek doğru ilacın tespit edilmesi, hastaya ait sağlık verilerinin uzaktan takip edilmesi, salgın hastalıkların yayılımının izlenerek, hastalığın seyrine göre önlemler alınması sağlanabilmektedir. Bunların yanı sıra Ambient Assisted Living-AAL ortam destekli yaşam ile yaşlılar ve bakıma muhtaç kategorisindeki insanlar için, Nesnelerin İnterneti ağındaki algılayıcılar ve RFID etiketleri ile sağlık verileri belli periyotlarla takip edilebilmekte ve Bu bilgiler eşliğinde yapılması gerekenler belirlenebilmektedir.
- **Endüstri:** Ürünlerin az maliyetle, yüksek kalitede ve fazla sayıda üretilmesi akıllı teknolojiler ile mümkün olmaktadır. Nesnelerin İnterneti ile, örnek olarak bir fabrikada risk oluşturabilecek durumların tespit edilmesi, nakliye işlemlerinin etkin yapılması, çalışanlar arasındaki görevlerin planlanması, makine parkuru ile ilgili işlemlerin yapılması, tüm üretim hattının izlenmesi mümkündür. Networkten alınan datalar bağlı oldukları bilgisayarlara ya da server bilgisayarlara gönderildikten sonra işlenmektedir. Sonrasında işlenmiş bu datalar ışığında karar verilir ve uygulayıcılar çalıştırılır.

- **Tarım:** Tarımsal üretimi arttırmak, verimli tarım yapılması neticesinde aşırı ya da yetersiz sulama yapılmasını engellemek, kimyasal ürünlerin kullanımını azaltmak, uygun araziye uygun ürünün ekilmesini sağlamak için Nesnelerin İnterneti kullanılmaktadır. Tarım ürünleri RFID etiketleri ve algılayıcılar ile etiketlenmektedir. Ekinlerde ani sıcaklık değişiklikleri, nem oranındaki dalgalanmalar gibi olağan dışı bir durum olduğunda, algılayıcı cihazlar bu olayı RFID ile bağlı olduğu noktaya internet ağını kullanarak ulaştırmaktadırlar. Bu veriler eşliğinde ilgili kişi alabileceği önemler ile üretimde kaybı aza indirebilmektedir.



Şekil 11

- **Akıllı Yaşam Alanları:** Nesnelerin İnterneti teknolojisi kullanılan akıllı binalarla, bina havalandırma işlemleri, güvenlik ve izleme işlemleri aktif olarak yönetilmektedir. Yangın ve su baskını gibi acil durumların anlık takip edilmesi ile sorunun çözümüne yönelik kararlar verilebilmekte acil durum hatlarına yardım çağrısı otomatik olarak oluşturulabilmektedir. Elektrik su ve iklimlendirme işlemlerinde tasarruf sağlanabilmektedir.
- **Güvenlik:** Yaşam alanlarının tamamı için bir zorunluluk olan güvenlik gereksinimi Nesnelerin İnterneti ile bir noktadan yönetilerek organize hale getirilmiştir. Bu sayede daha etkin ve caydırıcı hale gelen güvenlik hizmetleri sayesinde insanlar kendilerini daha güvende hissetmektedirler. Ortam sensörleri ile tehlikeli kimyasalların tespit edilmesi ve insan davranışlarını takip eden algılayıcılar ile şüpheli davranışları olan kişilerin tespit edilmesi sayesinde elde edilen verilerle erken uyarı sistemi güvenlik katmanlarına entegre edilebilmektedir.



Şekil 12



- **Sosyal Uygulamalar:** Nesnelerin İnternetinin ilgilendiği konulardan biriside sosyalleşme uygulamalarıdır. Bu uygulamalar ile konum bilgisi ve yapılan etkinliklerin paylaşılması, kaybedilen RFID etiketi olan cihazın yerinin tespit edilerek bulunabilmesi sağlanabilmektedir.

##### 5. NESNELERİN İNTERNETİNİ GELİŞTİRME VE KULLANMA AŞAMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

Birbirleri ile konuşabilen cihazların yoğun şekilde kullanılması Nesnelerin İnternetinin yapısal özelliğidir. Bu ağda bulunan cihazlar, etiketli diğer cihazlar ile internetle veya belirlenen diğer protokollerle haberleşebilmektedir. Bu haberleşmenin neticesinde belli işbirlikleri yapabilirler. Bu kadar haberleşme, işbirliği olan bir yapının gerçekleşmesi için karşılaşılan birtakım zorluklar mevcuttur. Bu engeller aşağıda mevcuttur.

**Sınırlı İmkân:** Nesnelerin İnternetine bağlı cihazlar sınırlı imkânlarla sahiptir. Enerji, bellek, işlemci ve diğer imkânlar kısıtlıdır. Nesnelerin İnternetinin ağındaki cihazlar, bu ağa bağlı diğer cihazları tanıma, verileri işleme ve haberleşme için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu enerjinin şehir hattından alınmadığı durumlarda pil kullanılmaktadır. Pil bittiğinde değişimini gerçekleştirmek oldukça zor, hatta imkânsız olabilmektedir. Örnek olarak Nesnelerin İnternetinde KAA denilen nesnelerin interneti uygulamalarını 10 kata kadar daha hızlı oluşturabilecek ara katman yazılımı teknolojisi bulunmaktadır. Bunlar pille çalışmakta ve kısıtlı enerjiye sahiptir. RFID etiketleri de sınırlı hesaplama kapasitesini en etkin şekilde korumak durumundadır.

**Ayrışık Yapı:** Bir sistem içerisinde birbirinden farklı özellikte birçok cihazın çalışması Nesnelerin İnterneti ağının yapısında bulunmaktadır. Bu cihazların haberleşme ve diğer özelliklerinin birbirlerinden farklı olma olasılığı çok doğal ve olağan bir durumdur. Bu farklılıklara rağmen verimli çalışan bir sistem oluşturmak bir çok zorluğa sebep olmaktadır.

**Ölçeklenebilirlik:** Nesnelerin İnternetinde bulunan nesneler, internet ağındaki bilgisayarlardan çoktur. Nesnelerin İnternetinde RFID etiketi olan nesneler; adlandırma, veri iletişimi, veri yönetimi, servis yönetimi konularında ölçeklenebilirlik konusunda problem oluşturmaktadır. Problemlerin çözümü için, verileri azaltmak ve operasyon için düğüm kümeleri seçmek metotlarından birisi seçilmektedir.

**Tanımlama (Kimlikleme):** Nesnelerin İnternetinde bulunan çok sayıdaki nesnenin birbirinden farklı bir kimliği ve adresleme metodu olmalıdır. IPv4 protokolündeki adres sayısının yetersiz kalması sebebiyle IPv6(128 bit) kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti için kısıtlı kaynaklar bulunması durumu sebebiyle yeni çözümlere ihtiyaç bulunmaktadır.

**Arama ve Keşfetme:** Nesnelerin İnternetinde operasyonlar için nesnelerin ortak çalışması gerekmektedir. Bunun için ortak çalışacak cihazların bulunması gerekmektedir. Bulma işleminde cihazların konumu ve gelecek veri tiplerinin değişkenlik göstermesi ya da tam belli olmaması problem oluşturmaktadır. Verilerle cihazların gerektiği gibi konuşabilmesi için ara bölümler oluşturulmalıdır.

**Hareketlilik:** Nesnelerin İnterneti ağındaki cihazların yerlerinin sabit olmaması, hareket halindeki cihazların her noktadan aynı sinyali alamaması ve sonucunda kopmalar yaşanması büyük bir sorun oluşturmaktadır.

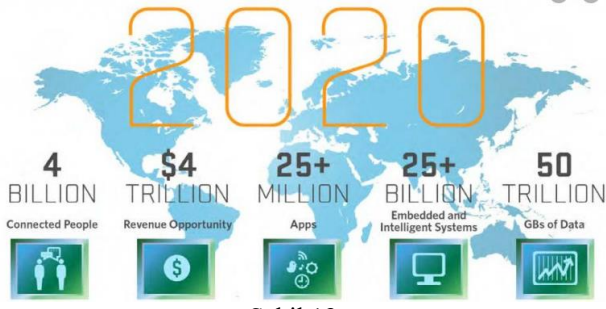
**Güvenlik ve Gizlilik:** Nesnelerin İnterneti ağında, dışarıdan erişime ve veri güvenliğinin sağlanamama durumuna göre geliştirme gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Verilerin sadece görünmesi istenilenler tarafından erişilir halde olması, kullanıcının kendisine ait bilgilerin ulaşılma durumunun belirlenmesi, gerektiğinde sistemin kilitlenerek saldırılara karşı hazır olması gerekmektedir.

**Nesnelerin Yönetimi:** Nesnelerin ağındaki cihazların kendi kendini yönetebilecek kabiliyette tasarlanması gerekmektedir. Cihazların açma kapama işlemleri, cihazların kurulması, yazılım güncellemesi yapılması, hataların giderilmesi, cihazların izlenmesi, cihazlar ile ilgili bilgilerin toplanması yönetim süreci içerisinde bulunmaktadır. Burada sınırlı imkânlar ve ayrışık yapı düşünülerek bir tasarım yapılmalıdır. Nesnelerin İnterneti için şimdiki teknoloji ile insan gücü vazgeçilmezdir. Bu sebeple büyük ve uzun soluklu uygulamalarda problemler yaşanmaktadır. Bunun çözümü için ara katmanda kendisi konfigürasyonunu yapabilen, optimizasyon yaparak performansını arttırabilme kabiliyetleri olan akıllı cihaz yönetimi kullanılarak sorun çözülmektedir. Örneğin, ağ geçidi cihazları (gateway devices), cihazları bulduktan sonra bunları yapılandırabilir olmalı, hatalı düğümleri tanımlamalı, karar verme ve hataları ortadan kaldırma yeteneklerine sahip olmalıdır. Bu kapsamda, TR-069, SNMP ve NETCONF gibi mevcut cihaz yönetimi çözümlerinin çoğu çok sayıdaki kısıtlı nesnelerin yönetimi için uygun değildir. Bu tür çözümler, yönlendiriciler, dağıtıcılar ve akıllı telefonlar gibi kaynak açısından zengin cihazların yönetimi için kullanılabilir. Nesnelerin İnterneti uygulamaları için tasarlanan nesne yönetim çözümleri, ölçeklenebilirlik ve sınırlı imkânlar gibi Nesnelerin İnternetinin tasarimsal özelliklerini dikkate almalıdır. İnternetin ücretli oluşu ve çekim gücünün farklılık göstermesi, düşük maliyetli akıllı algılama sistemlerin geliştirilmemesi Nesnelerin İnterneti için karşılaşılan diğer problemlerdir.

##### 6. NESNELERİN İNTERNETİNİN GELECEĞİ

Nesnelerin İnterneti bu günün ve geleceğin teknolojisidir. Bu alandaki yenilikler insan hayatını kolaylaştırırken, gelişen teknolojiler ile bugün hayal edilenler gelecekte gerçekleştirilebilecektir. Nesnelerin internetinde az enerji ile daha performanslı bilgi işleme cihazları ile kullanılarak var olan problemler giderilecektir. İlerleyen zaman dilimlerinde Nesnelerin İnterneti günlük faaliyetlerin

tamamında kullanılacaktır. İnternet insan hayatında vazgeçilmez bir noktaya nasıl geldiye, nesnelerin interneti de o derece yaygın hale gelecektir.



Şekil 13

Nesnelerin İnterneti ile gelecek teknolojilerine örnek olarak aşağıdaki sektörlerdeki değişiklikler ve yenilikler gösterilebilmektedir.

Otonom Araçlar: Gelişimi çok hızlı ilerleyen bilgisayar endüstrisi ve Nesnelerin İnterneti teknolojileri ile bu tip araçlar geliştirilmektedir.

Otonom Araçlar Nasıl Çalışır?



Şekil 14

Otonom araçlar, otomatik kontrol sistem donanımları sayesinde insan faktörüne ihtiyaç duymadan yolu, trafik durumunu ve çevre şartlarını algılayarak gidebilen Nesnelerin İnterneti teknolojisini kullanan otomobillerdir. Sürücüsüz araç teknolojisi, radar, GPS, odometri ve bilgisayar görüşü sistemleriyle donatılarak trafikteki yerini almaktadır. Otonom araçlar otomatik pilot sürüşünü, tekerleklerle yerleştirilen ultrasonik sensörler sayesinde trafikteki fren yapan ve park halindeki araçların konumlarını belirleyerek yapmaktadır. Böylece sensörün, merkezi bilgisayar sistemine ilettiği bu veriler, aracın direksiyon kontrolü, yavaşlama, hızlanma gibi manevralarını doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleştirmesini sağlamaktadır. Sistemin temelini yazılımlar oluşturmakta ve yapay zekâ kavramı, sürücüsüz otomobillerde oldukça önemli bir konuma gelmektedir. Yapay zekânın tarama ve veri analizi yapabilmesini sağlayan donanımlar ise kamera ve sensörlerdir. Ultrasonik sensörler, insan kulağının algılayamayacağı düzeyde ses dalgaları yayan ve ses dalgalarına göre mesafe ölçebilen özelliklere sahiptir. Kameralarla birlikte çalışan bu mekanizma, güzergâh üzerindeki tabelaları, yayaları yani canlı ve cansız tüm nesneleri algılamaktadır. Bu tasarımın hata yapma payı oldukça düşüktür ve insanlar için kolaylıklar sağlayan bu araçlarda güvenlik, her zaman üst seviyededir.

Robot Taksi: Akıllı Şehirciliğin temel taşlarından birisidir. Robot taksiler Nesnelerin İnterneti, yapay zekâ teknolojileri, birbirleri ile sürekli konuşan haberleşen yapıları ile birlikte çalışmaktadır. Bu tür araçlar trafik yoğunluğunu takip ederek güzergâh belirleyebilmektedir. İhtiyaç durumunu tahmin ederek yolcuları alacakları noktalara hareket edebilmektedirler.



Şekil 15

Kazaları önlemek, insan faktörünün sebep olduğu bir takım olumsuzlukları ortadan kaldırmak için tasarlanan robot taksiler sayesinde daha sağlıklı seyahat etme olanağı sunulmaktadır.

Kent Bilgi Modeli: Bu modelde asli unsurlar Akıllı Binalar, kente ait Nesnelerin İnterneti cihazları ile donatılan sosyal tesisler, yollar, kanalizasyonlar, duraklar vb. yapılardır. Bu model ile bahsi geçen yapılarla ilgili veriler ilgili yetkililer tarafından takip edilebilmektedir. Gizli olanlar hariç bu veriler API ler vasıtasıyla başkalarıyla da paylaşılabilmektedir.



Şekil 16

Bu teknoloji ile örnek olarak belli şartları taşımayan bir bina ya da tesisin inşa edilmesinin önüne geçilmektedir. Arıza yapan otobüsün ikmalini sağlayacak ve hatta yolcu taşımacılığının devamlı olmasını sağlayacak yapay zekâ teknolojilerini içerisinde barındırmaktadır. Aydınlatma, su, elektrik gibi tesisatların etkin şekilde gerektiği kadar kullanımını sağlayarak kentsel tasarruf sağlanmaktadır.

Eğlence Alanları: Bu alanlarda kullanılan cihazlar Nesnelerin İnterneti teknolojisi ile donatılmıştır. Konum, hareket, nem, sıcaklık, kan basıncı, kalp atışı bilgilerini alan cihazlar bahsi geçen bilgiler neticesinde farklı eğlence seviyeleri belirlemektedir.

Akıllı Ödeme Sistemleri: Dünyada geçerli bir sistem olan akıllı ödeme sistemleri ile nakit ya da kredi kartı kullanmadan, kente ait ödeme sistemi ile önceden karta yüklenen kontör miktarı kadar olanaklardan faydalanılması sağlanabilmektedir. İstanbul Kart ile İstanbul'da ulaşım, alışveriş, kurum ödemeleri, yeme – içme, otopark, eğlence ve etkinlik gibi faaliyetlerde akıllı ödeme teknolojisi ile ödeme yapılmakta ve gelecekte yeni eklenen özelliklerden faydalanılabileceği belirtilmektedir.

- Tıbbi Ürün Saklama Sistemi



Şekil 17

Bunların dışında alanlarına göre Nesnelerin İnterneti kullanılmaya başlanan ve gelecekte gelişecek uygulamalar aşağıdaki listelenmektedir.

#### Akıllı Kentler:

- Akıllı Otopark Uygulaması
- Bina Takip Uygulaması
- Akıllı Trafik Uygulaması
- Akıllı Aydınlatma Uygulaması
- Akıllı Yol Uygulaması

#### Akıllı Ortam İzleme:

- Orman Yangın Bildirim
- Deprem Erken Uyarı
- Hava Kirliliği Takip
- Sel Uyarı ve Takip

#### Akıllı Dağıtım:

- Tedarik Zinciri Kontrolü
- Akıllı Ürün Yönetimi

#### Akıllı Tarım:

- Akıllı Sera
- Tarımsal Ürün Gelişim Takibi

#### Ev Otomasyonu:

- Enerji ve Su Kullanım Takibi
- Uzaktan Kumandalı Sistemler
- Akıllı Güvenlik Sistemleri

#### Sağlık:

- Akıllı İzleme Sistemi
- Elektronik Sağlık Kayıt Sistemi

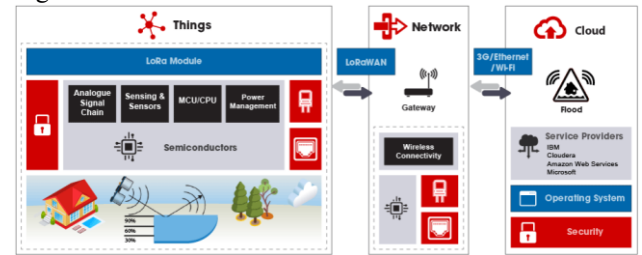
## 7. LoRAWAN İLE NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin İnterneti ağındaki cihazların kendi aralarında haberleşmelerini sağlayabilen ortak bir protokol olarak, LoRaWAN iyi bir seçenektir. LoRaWAN çok az güç kullanacak şekilde optimize edilmiştir. Uzun mesafe (LoRa) ve geniş alanlı ağ (WAN) özelliklerine sahiptir. Bu özellikleri sebebiyle, LoRaWAN Nesnelerin İnterneti(IoT) ağındaki kablosuz ve pille çalışan uç noktalar için tercih edilebilecek çözümler sunmaktadır. 0,3 kbps'den 50 kbps'ye kadar veri hızı sağlayarak iki yönlü haberleşmeleri güvenli bir şekilde gerçekleştirebilmektedir.

Sensör ağları, güvenlik sistemleri, akıllı ev, akıllı ölçüm, endüstriyel kontrol ve akıllı şehirler LoRaWAN kullanılabilecek uygulamalardır. Amsterdam, LoRaWAN ile tam bir kapsama sağlamak için, kitlesel fonlama ile 10 adet ağ geçidi kullanarak IoT veri ağı oluşturan ilk şehirdir. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ) akıllı sayaç uygulamasındaki cihazlarını LoRaWAN ile konuşturnmak için altyapı çalışmaları yapmaktadır. Böylece sahadaki cihazlar(sayaçlar vb) hem birbirleri ile hem de merkezi bilgisayarlar ile irtibat halinde çalışacak, uzaktan sayaç okuma, sayaç durum bilgisi alma, açma-kapama ve kayıp kaçak takibi işlemleri gerçekleştirilebilecektir.

Uyarlanabilir veri hızı (adaptive data rate) düzeni sayesinde, şehir içinde 2-5km veya şehir dışında 15km'ye kadar haberleşme aralıkları elde etmek mümkün olmaktadır. LoRaWAN çoklu yıldız topolojisi şeklinde çalışmaktadır.

Elektrikli cihazlar olan ağ geçitleri; Ethernet, 3G veya Wi-Fi gibi geleneksel protokoller yoluyla mesajları aktarmadan önce uç noktalarla LoRaWAN protokolü aracılığıyla haberleşmektedir. Çoğu uç nokta haberleşmesi çift yönlüdür, ancak ağ güncellemeleri veya toplu dağıtılan acil durum mesajları için LoRaWAN çoklu yayın yapmayı desteklemektedir. Bu özelliği sayesinde su baskını sistemlerinde LoRaWAN tercih edilmektedir. Su baskınına müsait bir bölgede, sensörlerden oluşan bir ağ aracılığıyla durumdan etkilenen bölge sakinlerine erken uyarı sistemi sağlanabilmektedir.



Şekil 18

LoRaWAN birden fazla şifreleme katmanını içerir.

Benzersiz Ağ Anahtarı (EUI64)  
Benzersiz Uygulama Anahtarı (EUI64)  
Cihaza Özel Anahtar (EUI128)

Uç cihazlar, uygulamaya bağlı olarak A, B ve C sınıflarına ayrılır.

A Sınıfı - En düşük güçteki uç cihaz sınıfıdır. Cihazlar istedikleri zaman mesaj gönderebilmektedirler (uplink). Mesaj alım (downlink) pencereleri ise sadece gönderi ardından açılmaktadır.

B Sınıfı – Cihazlar, ağı sağladığı işaret (beacon) sinyalinin kullanarak mesaj alım pencerelerini programlanmış zamanlarda açmaktadırlar ve bu aralıklarda mesaj gönderebilmektedirler.

C Sınıfı – En çok güç gerektiren çalışma şeklidir. Mesaj gönderdiği zamanlar haricindeki zamanlarda kesintisiz olarak mesaj alabilme özelliğine sahiptirler.

## 8. SONUÇLAR

Nesnelerin İnterneti uygulamaları akıllı cihazların yaygınlaşması ile gerçek ve sanal dünyanın birleşmesini, araştırma ve iş imkânlarının oluşmasını sağlamıştır. Gelecekte internet ve teknolojileri bugün kullanılan internetten farklı olacaktır. Gelişen teknoloji ile birlikte İnternet ağı hayati birçok fonksiyon için vazgeçilmez ürünler ortaya çıkaracaktır.

Bu makalede, yeni nesil ağ türü Nesnelerin İnterneti tüm yönleriyle anlatılmaktadır. Nesnelerin İnterneti teknoloji ve hizmetlerini geliştirmek için gereken ana konulara değinilmiştir. Nesnelerin İnterneti için uygulama alanları sunup ön görülen bazı geleceğin uygulamaları tanımlanmıştır.

Anlatılan uygulamaların insan hayatımıza olumlu etki edeceği düşünülmektedir. Bu bilgiler eşliğinde geleceğin internetinin bugün kullandığımız internetten çok daha farklı olacağı açıktır.

Nesnelerin İnterneti kendisi için AR-GE yapan firmalara kazanç, kişilere vizyon ve geçim kapısı olacak teknolojilerle kendisini geliştirmeye devam edecektir.

## 9. KAYNAKLAR

- [1] <https://nicolaswindpassinger.com/osi-reference-model>
- [2] <https://www.bimteknoloji.com/fikir/kent-bilgi-modellemesi-city-information-modeling-cim-nedir/>
- [3] <https://www.lexus.com.tr/discover-lexus/lexus-otomobilleri-hakkinda-hersey/otonom-araclar-nasil-calisir-otonom-arac-teknolojisi>
- [4] <https://lepicalidus.com/teknoloji/robot-taksi-japonyada-2020-yilinda-hizmette-olacak>
- [5] [https://www.researchgate.net/publication/325762020\\_Overview\\_of\\_internet\\_of\\_things\\_Concept\\_characteristics\\_challenges\\_and\\_opportunities](https://www.researchgate.net/publication/325762020_Overview_of_internet_of_things_Concept_characteristics_challenges_and_opportunities)
- [6] <https://www.ibb.istanbul/>
- [7] <https://www.istanbulkart.istanbul/istanbulkart-mobil>
- [8] <https://ioturkiye.com/2020/04/akilli-tarim-tarimda-iot-ve-veri-analitiklerinin-rolu/>
- [9] <https://digitalage.com.tr/akilli-sehir-smart-city-vizyonuna-dogru/>
- [10] <http://lidersistem.com.tr/kalabalik-alanda-yuz-tanimlama.html>
- [11] <https://www.istanbul.edu.tr/tr/haber/akilli-ulasim-sistemleri-onemli-veriler-sagliyor-6D006F0057007A0035007300350050003500730041003100>
- [12] <https://dijilopedi.com/2020-turkiye-internet-kullanimi-ve-sosyal-medya-istatistikleri/>
- [13] Macaulay J, Buckalew L, Chung G. “Internet of Things in Logistics, A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry”. DHL Trend Research|Cisco Consulting Services, Troisdorf, Germany, 2015.
- [14] <https://tr.rsdeldelivers.com/campaigns/microsites/lorawan>