**Nesnelerin İnterneti Teknoloji ve Standardizasyondaki Uygulamalar ve Zorluklar**

**Debasis Bandyopadhyay · Jaydip Sen**

# Özet

Nesnelerin interneti ifadesi kağıt paralardan bisikletlere kadar fiziksel nesnelerin bir ağ aracılığı ile kendileri ve çevreleri hakkında bilgi transferi yaparak aktif rol alacağı geleceğin internet vizyonunu müjdeliyor. Fiziksel dünya ve içindeki nesneler hakkında bilgilere anında erişim sağlamak yenilikçi hizmetlere, verimlilik ve üretkenlikte artışa imkan sağlayacak.

Bu makalede, IoT’nin son teknolojisi ve IoT alanındaki temel teknolojik sürücüleri, potansiyel uygulamaları, zorlukları ve gelecekteki araştırma alanlarını işlemiştir. IoT kavramını akademik ve endüstri topluluklarında farklı bakış açılarından tartışılmış ve karşılaştırılmıştır. Son olarak, IoT ile ilgili gelecekteki araştırmaların bazı önemli konuları tanımlanmış ve kısaca tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Nesnelerin İnterneti (IoT) · Birlikte Çalışabilirlik · Güvenlik · Gizlilik · Ağ protokolü · Kablosuz ağlar

# 1 Giriş

Son birkaç yıl içinde, kablosuz iletişim ve internet ağları alanında, ilk olarak 1998 yılında Kevin Ashton tarafından tanıtılan Nesnelerin İnterneti (IoT) adlı yeni bir paradigma, akademi ve endüstride giderek daha fazla ilgi gördü [1].

Nesnelerin interneti, kısa mesafeli mobil alıcı-vericileri günlük öğelere ve çeşitli araç gereçlere monte ederek, insan - nesne ve nesne – nesne arasında yeni iletişim biçimleri etkinleştirerek ,

Bilgi ve iletişim dünyasına yeni bir boyut katacaktır.

Kuşkusuz, IoT vizyonunun temel gücü, günlük yaşamın çeşitli yönleri ve potansiyel kullanıcıların davranışları üzerinde yaratacağı yüksek etkidir. Kullanıcı bakış açısından, IoT'nin en belirgin etkileri hem çalışma alanlarında hem de alışılagelmiş alanlarda görülecektir. Bu bağlamda, yardımlı yaşam, akıllı evler ve ofisler, e-sağlık, gelişmiş öğrenme, yeni paradigmanın yakın gelecekte başrol oynayacağı olası uygulama senaryolarının yalnızca birkaç örneğidir [2].

Benzer şekilde, iş kullanıcıları açısından bakıldığında, en belirgin sonuçlar otomasyon ve endüstriyel üretim, lojistik, iş süreci yönetimi, insanların ve malların akıllıca taşınması gibi alanlarda eşit derecede görünür olacaktır.

Bununla birlikte, birçok zorlu konunun hala ele alınması gerekiyor ve IoT vizyonu gerçeğe dönüşmeden önce hem teknolojik hem de sosyal düğümlerin birleştirilmesi gerekiyor. Temel konular, bağlı cihazlar arasında birlikte çalışabilirliğin nasıl sağlanacağı ile beraber, kullanıcıların ve verilerinin güvenini, güvenilirliği ve mahremiyetini garanti ederken, adaptasyonlarını ve özerk davranışlarını etkinleştirerek onlara nasıl yüksek derecede akıllılık sağlanacağıdır [3]. Dahası, IoT, düşük güçlü kaynak kısıtlı nesnelerde kaynakların verimli kullanımı ile ilgili konularla ilgili birkaç yeni sorun ortaya çıkaracaktır.

Çeşitli endüstriyel, standardizasyon ve araştırma kuruluşları, IoT'nin teknolojik gereksinimlerini karşılamak için şu anda çözüm geliştirme faaliyetlerinde yer almaktadır. Bu makalenin amacı, okuyucuya, protokol, algoritma, sistem tasarımı ve geliştirme alanlarında neler yapıldığına ve gelecekteki araştırmaların neler olduğuna odaklanarak, IoT teknolojisinin mevcut durumu ve teknoloji trendleri hakkında kapsamlı bir tartışma sağlamaktır.

Makalenin geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2, IoT vizyonunu sunar. Bölüm 3, IoT için genel bir katmanlı mimari çerçeveyi ve farklı katmanlarda yer alan çeşitli sorunları tartışır. Bölüm 4, IoT ile ilgili temel teknolojileri sunar.Bölüm 5, çeşitli sektörlerde IoT'nin bazı özel uygulamalarını sunar. Bölüm 6, IoT kavramının gerçek dünyada konuşlandırılmasındaki bazı zorlukları tanımlar. Bölüm 7, IoT alanındaki gelecekteki araştırma alanlarını sunar ve Bölüm 8 makaleyi sonuçlandırır.

# 2 Nesnelerin interneti vizyonu

Araştırma topluluklarında, IoT çeşitli farklı bakış açılarından tanımlanmıştır ve bu nedenle literatürde IoT için çok sayıda tanım bulunmaktadır. Tanımın net ve belirsiz olmasının nedeni, söz dizimsel olarak iki terimden- İnternet ve nesneler- oluşmasından kaynaklanmaktadır. İlki, IoT'nin ağ odaklı bir vizyonuna doğru itilirken, ikinci eğilim, odağı ortak bir çalışma yapısına entegre edilecek genel nesnelere taşıma eğilimindedir [2]. Bununla birlikte, 'İnternet' ve ‘nesneler’ terimleri bir araya getirildiğinde, ICT dünyasına yıkıcı bir yenilik düzeyi getiren bir anlam kazanır. Aslında IoT, anlamsal olarak " Dünya çapında, standart iletişim protokollerine dayalı olarak benzersiz şekilde adreslenebilen birbirine bağlı nesnelerden oluşan bir ağ" anlamına gelir [4]. Bu durum sürece çok sayıda ve muhtemel olarak birbirinden farklı nesnelerin dahil olduğu anlamına gelir. IoT'de, nesnelerin benzersiz tanımlanabilmesi ve değiş tokuş edilen bilgilerin temsil edilebilmesi ve depolanabilmesi en zorlu konudur. IoT'nin üçüncü perspektifini, semantik perspektifini getiriyor. Şekil 1'de, ana kavramlar, teknolojiler ve standartlar vurgulanmış ve IoT'nin [2] üç vizyonuna göre sınıflandırılmıştır.

Bu, IoT'nin üçüncü perspektifini, semantik perspektifini getiriyor. Şekil 1'de, ana kavramlar, teknolojiler ve standartlar vurgulanmış ve IoT'nin [2] üç vizyonuna göre sınıflandırılmıştır. Şema, IoT paradigmasının, üç vizyonunun yakınsamasına yol açacağını açıkça gösteriyor.



Şekil 1 IoT'nin farklı vizyonlarının yakınsaması

Nesnelerin bakış açısından, IoT'i genel nesnelerin ortak bir çalışma alanına nasıl entegre edileceğine odaklanır ve radyo frekansı tanımlama (RFID) konusunu mercek altında tutar. IoT terimi, ağa bağlı RFID ve gelişen algılama teknolojileri alanında dünya çapında bir akademik araştırma laboratuvarları ağı olan Auto-ID laboratuvarlarına [5] atfedilir. Bu kurumlar, kuruluşlarından bu yana, çabalarını EPC global ile entegre olan IoT mimarisini tasarlamaya odaklamışlardır [6] .Bu çabalar, öncelikle dünya çapındaki modern ticaret ağlarında RFID kullanımını desteklemek ve EPC küresel Ağı için endüstri odaklı küresel standartlar oluşturmak için elektronik ürün kodunun (EPC) geliştirilmesine yönelik olmuştur. Bu standartlar temel olarak nesne görünürlüğünü iyileştirmek için tasarlanmıştır (yani bir nesnenin izlenebilirliği ve durumu, mevcut konumu, farkındalığı vb.). Bu, IoT dağıtımına yönelik önemli bir adım olsa da, IoT'nin kapsamını çok daha dar hale getiriyor. Daha geniş anlamda, IoT, yalnızca nesnelerin RFID olduğu küresel bir EPC sistemi olamaz. Benzer şekilde, [7] 'de tanımlanan benzersiz / evrensel / her yerde bulunan tanımlayıcı (UID) mimarisi, nesnelerin küresel görünürlüğü için ara katman yazılımına dayalı çözümler geliştirmeye çalışır ve yine IoT'nin kapsamını daraltır.

CASAGRAS konsorsiyumu [8], yalnızca RFID merkezli bir yaklaşımın çok ötesine geçen bir IoT vizyon önermektedir. CASAGRAS konsorsiyumu (i) hem sanal hem de fiziksel jenerik nesneleri birbirine bağlayan küresel bir altyapı olarak IoT vizyonunu önerir ve (ii) bu vizyona mevcut ve gelişen İnternet ve ağ gelişmelerinin dahil edilmesinin önemini vurgular. Bu perspektiften IoT, yüksek derecede otonom veri yakalama, olay aktarımı, ağ bağlantısı ve birlikte çalışabilirlik ile karakterize edilen bağımsız birleşik hizmetlerin ve uygulamaların dağıtımı için doğal mimari haline gelir.

Nesnelerin perspektifi, genel nesneleri ortak bir çerçeveye entegre etmeye odaklanırken, "İnternet" perspektifi ağ odaklı bir tanıma doğru ilerler. 2008 yılında oluşturulan bir forum olan IPSO (Akıllı Nesneler için IP) birliğine [8] göre, IP bloklarının halihazırda çok sayıda iletişim cihazını bağlayan ve pille çalışan cihazlarda çalışabilen hafif bir protokoldür. Bu, IP'nin IoT'yi gerçeğe dönüştürmek için tüm niteliklere sahip olduğunu garanti eder. IP'nin akıllı bir şekilde uyarlanması ve IEEE 802.15.4 protokolünün IP mimarisine dahil edilmesi ve 6LoWPAN'ın [9] benimsenmesi yoluyla, büyük ölçekli bir IoT dağıtımının gerçek olması muhtemeldir.

Bu bölümde daha önce bahsedildiği gibi, semantik yönelimli IoT vizyonları da literatürde önerilmiştir [10-13]. Bu önermenin arkasındaki fikir, gelecekte internette yer alan öğelerin sayısının son derece yüksek olacağı yönündedir. Bu nedenle, IoT tarafından üretilen bilgilerin nasıl temsil edileceğine, depolanacağına, birbirine bağlanacağına, aranacağına ve düzenleneceğine ilişkin sorunlar çok zorlu hale gelecektir. Bu bağlamda anlamsal teknolojiler anahtar rol oynayacaktır. Aslında, bu teknolojiler nesnelerin tanımlanması, IoT tarafından üretilen veriler üzerinde akıl yürütme, anlamsal yürütme ortamları ve IoT gereksinimlerini ve ölçeklenebilir depolama ve iletişim altyapısını barındıran mimariler için uygun modelleme çözümlerinden yararlanabilir [10]. Nesnelerin İnterneti ile ilişkili bir başka vizyon, sözde nesneler ağıdır [14]. Bu IoT vizyonuna göre, web standartları, gömülü bir cihaz veya bilgisayar içeren günlük kullanımda olan nesnelerine bağlanmak ve web'e entegre etmek için yeniden kullanılır.

# 3 Nesnelerin İnterneti Mimarisi

IoT'nin uygulanması, birkaç katmandan oluşan bir mimariye dayanmaktadır. Bu mimari alan verisi toplama katmanından en üstteki uygulama katmanına kadardır. Katmanlı mimari, çeşitli endüstrilerin, işletmelerin, toplumların, enstitülerin, hükümetlerin vb. gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanacaktır. Şekil 2, IoT için genel bir katmanlı mimari sunmaktadır [2]. Katmanlı mimarinin, iletişim için ortak bir ortam amacına hizmet etmek için aralarında bir İnternet katmanı bulunan iki farklı bölümü vardır. Alttaki iki katman veri yakalamaya katkıda bulunurken, üstteki iki katman uygulamalarda veri kullanımından sorumludur. Çeşitli katmanların işlevleri aşağıda kısaca verilmiştir:



Şekil 2 Nesnelerin internetinin katmanlı mimarisi

Kenar katmanı (Edge Layer): Bu katman donanım katmanıdır. Sensör ağları, gömülü sistemler, RFID etiketleri ve okuyuculardan veya farklı biçimlerde diğer yumuşak sensörlerden oluşur. Bu sensörler, sahada konuşlandırılan birincil veri sensörleridir. Bu donanım elemanlarının çoğu, tanımlama ve bilgi depolama (ör. RFID etiketleri), bilgi toplama (ör. Sensör ağları), bilgi işleme (ör. Gömülü kenar işlemcileri), iletişim, kontrol ve çalıştırma sağlar.

Erişim ağ geçidi katmanı (Access gateway layer): Veri işlemenin ilk aşaması bu katmanda gerçekleşir. Mesaj yönlendirme, yayınlama ve imzalama işlemleri ile ilgilenir ve ayrıca gerekirse platformlar arası iletişim gerçekleştirir.

Ara katman katmanı (Middleware layer): Bu katman iki yönlü modda çalışan en kritik katmanlardan biridir. En alttaki donanım katmanı ile üstteki uygulama katmanı arasında bir ara yüz görevi görür. Cihaz yönetimi ve bilgi yönetimi gibi kritik işlevlerden sorumludur ve ayrıca veri filtreleme, veri toplama, anlamsal analiz, erişim kontrolü, EPC (Elektronik Ürün Kodu) bilgi hizmeti ve nesne adlandırma hizmeti gibi bilgi keşfi konuları ile ilgilenir.

Uygulama katmanı (Application layer): Modelin en üstündeki bu katman, çeşitli uygulamaların IoT'deki farklı kullanıcılara sunulmasından sorumludur. Uygulamalar, üretim, lojistik, perakende, çevre, kamu güvenliği, sağlık hizmetleri, gıda ve ilaç vb. gibi farklı olabilir. RFID teknolojisinin artan olgunluğuyla, IoT çatısı altında yer alacak çok sayıda uygulama gelişmektedir.

# 4 Nesnelerin İnternetine Dahil Olan Anahtar Teknolojiler

IoT yalnızca, donanım, yazılım ve son derece sağlam uygulamalar ile değil, endüstri ve işletme sektörünün her alanını kapsayan birden çok teknolojinin yararlı bir şekilde dağıtılmasıyla gerçekleştirilebilir. Bu bağlamda, bu bölüm IoT'yi etkinleştiren teknoloji alanlarını içerecek ve araştırma geliştirme zorluklarını belirleyecek, pratik ve güvenilir çözümler sağlamak için gelecekteki araştırma faaliyetleri için bir yol haritası çizecektir.

IoT'yi etkinleştirecek temel teknoloji alanlarından bazıları şunlardır: (i) tanımlama teknolojisi, (ii) IoT mimari teknolojisi, (iii) iletişim teknolojisi, (iv) ağ teknolojisi, (v) ağ keşif teknolojisi, (vi) yazılımlar ve algoritmalar, (vii) donanım teknolojisi, (viii) veri ve sinyal işleme teknolojisi, (ix) keşif ve arama motoru teknolojisi, (x) ilişki ağı yönetimi teknolojisi, (xi) güç ve enerji depolama teknolojisi, (xii) güvenlik ve gizlilik teknolojileri, (xiii) standardizasyon. Bu temel teknolojiler aşağıdaki bölümde bahsedilmiştir.

# 4.1 Tanımlama Teknolojisi

Tanımlamanın işlevi, benzersiz bir tanımlayıcıyı veya UID'yi belirsizlik olmadan geri alınabilir ve tanımlanabilir hale getirmek için bir varlığa eşlemektir. UID'ler, tek bir miktar olarak veya değerlerinin kombinasyonu benzersiz olacak şekilde bir öznitelikler kümesinden oluşturulabilir. IoT vizyonunda, nesnelerin dijital bir kimliği vardır. Nesnelere dijital bir ad tanımlanır ve nesneler arasındaki ilişkiler dijital alanda belirtilebilir. IoT dağıtımı, tanımlama ve adresleme şemalarını kullanarak küresel kimlik şemalarını, kimlik yönetimini, kimlik kodlamayı / şifrelemeyi, kimlik doğrulama ve depo yönetimini ele alması gereken yeni teknolojilerin geliştirilmesini ve çeşitli IoT uygulamaları için küresel dizin arama hizmetlerinin ve keşfi gerektirecektir.

# 4.2 IoT Mimari Teknolojisi

 IoT için son birkaç yılda önerilen ara yazılım (teknolojik ve uygulama düzeyleri arasında yer alan bir yazılım katmanı) mimarileri, genellikle hizmet odaklı mimari (SOA) yaklaşımını izler. SOA ilkelerinin benimsenmesi, karmaşık ve monolitik sistemlerin daha basit ve iyi tanımlanmış bileşenlerden ve ekosistemden oluşan uygulamalara ayrıştırılmasına izin verir. Ortak ara yüzlerin ve standart protokollerin kullanılması, bir kurumsal sistemin yatay bir görünümünü verir. Bu nedenle, sonunda nesnelerin eylemleriyle ilişkilendirilen koordineli olarak hizmet vermesinin önünü açar. SOA yaklaşımı aynı zamanda yazılım ve donanımın yeniden kullanımına izin verir, çünkü hizmet uygulaması için belirli bir teknoloji dayatmaz [15]. Şekil 3, IoT ara yazılım için genel bir SOA tabanlı mimari yapısını içermektedir.

Hizmet odaklı mimaride, altta yatan bilgi toplama aygıtlarının, iş yapılarının ve diğer belgelerin heterojen doğasına rağmen, sağlayıcıların ve talepte bulunanların birbirleriyle anlamlı bir şekilde iletişim kurması zorunlu hale gelir. Bu gereksinim, anlamsal birlikte çalışabilirlik olarak adlandırılır. Genellikle teknoloji, talep sahipleri ve sağlayıcılar arasında etkili iş birliği ve entegrasyonun önündeki en büyük engel olarak algılanır, ancak temel neden genellikle anlamsal birlikte çalışabilirlik sorunudur.



Şekil 3 IoT ara yazılımı için SOA tabanlı mimari

Heterojen bilgi sistemleri arasında anlamsal birlikte çalışabilirlik çok çeşitli yollarla sağlanabilir. Bir uçta, kapsamlı paylaşılan bilgi modellerinin geliştirilmesi, katılımcı uygulamalar ve işletmeler arasında anlamsal birlikte çalışabilirliği kolaylaştırabilir. Diğer uçta, anlamsal birlikte çalışabilirlik, katılımcının anladığı bilgi formatına dönüşümü kolaylaştırmak için her katılımcıya uygun anlamsal aracılar sağlayarak sağlanabilir.

Çoğu zaman sistemler bilgililerin anlaşılması ve beraber kullanımı için farklı kombinasyonlar kullanır. Heterojen çevreler arasında ölçeklenebilirlik, modülerlik, genişletilebilirlik ve birlikte çalışabilirlik, IoT için temel tasarım gereksinimleridir.

#

# 4.3 İletişim Teknolojisi

IoT uygulamaların aşağıda belirtilen çeşitli konuları ve parametreleri içeren birçok boyutta geniş bir tasarım alanı oluşturur.

* Dağıtım - tek seferde, artımlı veya rastgele.
* Hareketlilik - Ara sıra veya sürekli olarak seçilen ortamdaki her şey veya seçilen şeyler tarafından gerçekleştirilir.
* Maliyet, boyut, kaynaklar ve enerji - çok fazla kaynak kısıtlı veya sınırsız kaynaklar.
* Heterojenlik - tek bir şey türü veya farklı özellik ve hiyerarşilerin çeşitli kümeleri.
* İletişim yöntemi - tek sekmeli veya çok sekmeli iletişim.
* Altyapı — farklı uygulamalar sabit altyapının kullanılmasını dışlar, buna izin verir veya gerektirir.
* Ağ topolojisi - tek atlama, yıldız, çoklu atlama, ağ veya çok katmanlı.
* Kapsam - seyrek, yoğun veya fazlalık.
* Bağlantı - sürekli, ara sıra veya düzensiz.
* Ağ boyutu - onlarca düğümden binlere kadar değişir.
* Ömür - birkaç saat, birkaç ay veya uzun yıllar.
* QoS gereksinimleri - gerçek zamanlı kısıtlamalar, kurcalamaya karşı direnç, göze çarpmama vb.

Böylesine geniş bir tasarım alanı, açıkça IoT uygulama geliştirmeyi karmaşık bir süreç haline getiriyor. Tasarım yaparken tasarım alanındaki en kısıtlayıcı nokta için tasarım yapmak bir yaklaşım olarak kullanılabilir. Örnek olarak minimum yetenekleri, yüksek hareketlilik vb. Bununla birlikte, genellikle böyle bir küresel minimum yoktur ve tasarım alanındaki çeşitli noktaların özelliklerinden yararlanmak istenebilir. Bu, tüm tasarım alanını desteklemek için tek bir donanım ve yazılım platformunun yeterli olmayacağı anlamına gelir. Karmaşık ve heterojen sistemler doğal bir gereksinim olacaktır.

# 4.4 Ağ Teknolojisi

IoT vizyonunun fiziksel dünyadaki nesnelere ulaşmak ve bunları internete getirmek için uygulanması için uygun ağ teknolojisinin geliştirilmesini gerektirir. RFID, kısa menzilli kablosuz iletişim ve sensör ağları gibi teknolojiler, ağ bağlantısına ulaşmak için araçlarken, genişletilmiş adres alanıyla İnternet protokolü sürüm 6 (IPv6), adresleme, bağlantı ve izleme işlemlerini mümkün kılar.

Çeşitli ağa bağlı sistemler arasında güvenlik, ölçeklenebilirlik ve çapraz platform uyumluluğu temel gereksinimler olacaktır. Bu bağlamda, ağ teknolojileri ağa neredeyse her şeyi daha düşük bir maliyetle bağlamanın uygulanabilirliğini sunabilen çözümler sunmalıdır. Ağ erişiminin her yerde bulunması, bilginin işlenme şeklini de değiştirecektir. Protokol ağ geçitlerinin tasarımı, yönetimi ve dağıtımı doğal olarak karmaşıktır.

Her yerde bulunan sensör ağları iletişimleri için özel olarak tasarlanmış yeni ölçeklenebilir mimariler, milyarlarca cihazdan oluşan ağlara izin verecektir. Bu nedenle güvenli kablosuz iletişim büyük önem taşımaktadır.

# 4.5 Ağ Keşif Mekanizmaları

IoT cihazlarının bağlı olduğu ağlar dinamik olarak değişecek ve sürekli gelişecektir. Muhtemelen her gün daha fazla yeni cihazlar eklenecek ve ağ topolojileri hızla değişecek. Bu senaryoda, verimli ağ ve iletişim yönetimi için otomatikleştirilmiş keşif mekanizmaları ve eşleme yetenekleri gereklidir. Otomatikleştirilmiş bir keşif mekanizması olmadan, ölçeklenebilir ve doğru bir ağ yönetimi yeteneği elde etmek imkansızdır. Ayrıca, otomatik bir ağ keşif mekanizması, önceden ayarlanmış şablonlara ve özniteliklere karşı akıllı eşleştirmeye dayalı olarak cihazlara dinamik olarak roller atayabilir, atanan rollere ve özniteliklere göre etkin, pasif veya performans monitörlerini otomatik olarak dağıtabilir ve başlatabilir, durdurabilir, yönetebilir ve planlayabilir. Keşif süreci ve herhangi bir rol veya izleme profilinde herhangi bir zamanda değişiklik yapılabilir veya gerektiğinde yeni profiller oluşturulabilir.

Dinamik ağ keşif mekanizmaları, adresler veya hizmet uç noktaları söz konusu olduğu sürece önceden yapılandırılmamış ve sabit kodlanmış cihazlar arasında etkileşimi mümkün kılar. Bunun yerine, bağlantıların dinamik, çalışma zamanı konfigürasyonuna izin verirler, böylece mobil cihazların iş birliğine dayalı gruplar oluşturmasına ve değişen bağlamlara uyum sağlamasına olanak tanır. LAN düzeyinde keşif için protokollerden bazıları WSDD [16], Bonjour [17] ve UPnP [18] dir.

Günümüzde hem pasif hem de dinamik keşif mekanizmaları mevcuttur ve ağ verilerinin gerçek zamanlı ve dinamik keşfi mekanizmalarını uygulamak için teknolojiler geliştirilmektedir. Tüm keşif hizmetleri, gizlilik veya güvenlik sorunlarını ele almak için kimlik doğrulama mekanizmalarına dayanmalıdır.

# 4.6 Yazılımlar ve Algoritmalar

Kısıtlı cihazlar için en umut verici mikro işletim sistemlerinden biri Contiki'dir [19]. Tam bir IP bağlantısı sağlar (hem IPv4 hem de IPv6), yerel bir flash dosya sistemini destekler ve büyük bir geliştirme topluluğu ve kapsamlı bir geliştirme araçları seti içerir. IoT uygulamaları oluşturmadaki zorluklardan biri, farklı ortamlar için ortak bir temel yazılım yapısının nasıl tasarlanacağı ve çok çeşitli yazılım modülleri tutarlı bir şekilde kullanılarak, nasıl oluşturulacağıdır. Şu anda önemli miktarda araştırma ve geliştirme çalışması, birlikte çalışabilir makineden makineye, ağ üzerinden nesneden nesneye etkileşimi desteklemek için dağıtılmış ve birleştirilmiş uygulamalar geliştirmek için hizmet odaklı bilgi işlem üzerine odaklanmıştır. Hizmet odaklı bilgi işlem, web hizmetlerini daha sonra değiştirilebilir ağlar olarak tasarlar.

# 4.7 Donanım

Donanım cephesinde, nano cihazlar üzerine yapılan araştırmalar, kablosuz tanımlanabilir sistemlerin tasarımında minyatürleştirme, düşük maliyet ve artırılmış işlevsellik üzerine odaklanmaktadır.

Ortamı algılamak ve izlemek amacı ile işlevselliği artırılmış ve uçucu olmayan belleğe sahip sistemleri tasarlamak için silikon IC teknolojisi kullanılması planlanmaktadır. Mikron altı RF CMOS teknolojilerinde ultra düşük güç, düşük voltaj ve düşük sızıntı tasarımları, yüksek verimli DC-DC güç yönetimi çözümleri, ultra düşük güç, düşük voltajla kontrol edilebilir kalıcı bellek, RF MEMS entegrasyonu gibi çeşitli alanlarda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Yapılan araştırmanın odak noktası oldukça minyatürleştirilmiş entegre devrelerin aşağıdaki özellikleri taşıması üzerine olmalıdır. (i) çoklu RF, uyarlanabilir ve yeniden yapılandırılabilir ön uçlar, (ii) HF / UHF / SHF / EHF, (iii) bellek - EEPROM / FRAM / Polymer, (iv) çoklu iletişim protokolleri, (v) dijital işleme (vi) güvenlik.

IoT, sistem sağlayıcılarının gelecekte on milyarlarca cihazın iletişim taleplerine hizmet etmeleri için yeni hizmetler ve yeni iş fırsatları yaratacak. RFID etiketlerinin kullanımında aşağıdaki ana eğilimler gözlemlenmektedir.

Bilgi, hizmet operatörleri tarafından yönetilen veri sunucularında merkezileştirilirken, bilginin değeri veri yönetimi işlemlerinde bulunur. Ekstra bellek ve algılama yetenekleri gibi gelişmiş özelliklere sahip düşük maliyetli etiketlerin kullanımı da gözlemlenmektedir. Bilgi hem merkezi veri sunucularına hem de etiketlere dağıtılır. Değer, verilerin eyleme dönüştürülebilir bilgilere dönüştürülmesi dahil olmak üzere iletişim ve veri yönetiminde bulunur. Sabit veya mobil etiketlerin ve gömülü sistemlerin kullanımına da tanık olunmaktadır. Bu tür etiketler için, bilgi etiketlerde merkezileştirilirken, ağ ile güvenliği ve etkili senkronizasyon sağlanmalıdır.

Gelişmiş cihazlar arası iletişime sahip akıllı cihazlar, IoT uygulamalarının hızlı bir şekilde konuşlandırılmasını ve yeni hizmetlerin oluşturulmasını sağlayan yüksek düzeyde zeka ve özerkliğe sahip akıllı sistemlere yol açacaktır.

# 4.8 Veri ve Sinyal İşleme Teknolojisi

Farklı alanlardan endüstriyel kuruluşlar, yapılarının standartlaştırılması için temel dil olarak XML'in faydasını fark ettiler. Her endüstri sektörü, kendi amacı için XML standartları geliştirmek için standardizasyon organları oluşturmuştur. Bu tür çabaların birincil amacı, güveni, süreci, iş akışını, mesajı ve diğer veri anlamlarını XML düğümleri ve düğümler açısından ifade etmek için standart bir yol geliştirmektir. Bu XML sözlükleri daha sonra genelleştirilmiş belge türü tanımı (DTD) veya söz konusu sektörünün üyeleri tarafından kullanılmak üzere XML şeması olarak yayınlanır. Tüm üyeler aynı şemayı takip ettiğinde, anlamsal birlikte çalışabilirlik elde edilir.

 Uluslararası Meta Veri Kayıtları Standardı (ISO / IEC 11179) ve uygulaması, örneğin OpenGroup'tan Evrensel Veri Öğesi Çerçevesi (UDEF) gibi girişimler, farklı şema ve kelime sözlükleri kullanılarak ifade edilen yapılandırılmış veriler arasında anlamsal birlikte çalışabilirliği desteklemeyi amaçlamaktadır. XML biçimlendirme standartlarında farklı adlara sahip olabilirler.

Son olarak, DAML (Darpa Agent Markup Language), RDF (Resource Description Framework) ve OWL (Ontology Working Language) gibi W3C'nin semantik web tabanlı standartları, işletmelerin ve hizmetlerin dinamik keşfini içeren dinamik durumlar için anlamsal temeller sağlamaktadır.

Akıllı karar verme algoritmalarının, tek bir olaya dayalı olmayan etkinlikleri tetiklemesi gerekecektir. Genellikle bu algoritmalar, muhtemelen ham sensör verileri hem de olaylar arasındaki korelasyonu dikkate almak zorunda kalacaktır. ESPER ve DROOLS gibi karmaşık olay işleme için uygun araçlar zaten mevcuttur. Süreç için olayların tetikleme sıralarını belirlemek ve makine tarafından okunabilir kuralların formüle edilmesi yararlı olacaktır.

# 4.9 Keşif ve Arama Motoru Teknolojileri

IoT, nesnelerle hakkındaki bilgi ve hizmetler, birçok varlığa bölünecek ve sınıf düzeyinde veya seri düzeyinde sağlanabildiği gibi, nesnenin yaratıcısı tarafından yetkili olarak sunulması veya bir nesne ile etkileşime girmiş olanlar gibi diğer sınıflandırmalar da katkı sağlayacaktır.

 Nesneleri bilgi ve hizmetlere bağlamak, hem bireylerin mahremiyetini hem de iş bilgilerinin gizliliğini ve hizmetlere güvenli erişimi desteklemek için arama veya yönlendirme hizmetlerini geliştirilmesini gerekmektedir. Bilgi hizmeti sağlayanlar ile talepte bulunanlar arasındaki bu tür bir eşleştirme güven ilişkilerine dayanabilir. Akıllı bir nesne dünyada hareket ettikçe yeni ortamlarla karşılaşacaktır. Nesnenin yerel ortamında hangi yeteneklerin mevcut olduğunu keşfetmek için arama mekanizmalarına ihtiyaç duyacaktır. Sensörlerin ve aktüatörlerin mevcudiyeti , ağ iletişim ara yüzleri, verilerin hesaplanması ve bilgi olarak işlenmesi, işleme, fiziksel işleme veya bir insan operatörünün sorunlar hakkında uyarılması gibi adımlar bu duruma çözüm getirebilir.

# 4.10 İlişki Ağı Yönetim Teknolojileri

Nesnelerin interneti, milyarlarca heterojen nesne içeren ve çok çeşitli yazılım, ara yüz ve donanım cihazlarının bulunduğu ağların yönetilmesini gerektirecektir. Ağ yönetimi teknolojileri, güvenlik, performans ve güvenilirlik dahil olmak üzere birkaç önemli konuyu ele almak zorunda kalacaktır.

Ağ yönetimi, dağıtılmış veri tabanlarının, havuzların, ağ cihazlarının otomatik olarak sorgulanmasının ve ağ topolojisi değişiklikleri ve trafiğinin gerçek zamanlı grafik görünümlerinin yönetilmesini içerir. Ağ yönetimi hizmeti, IoT uygulamalarında yer alan ağların izlenmesine ve korunmasına yardımcı olmak için çeşitli araçlar, uygulamalar ve cihazlar kullanır. Bugün internette gelişen sosyal ağ hizmetlerine benzer şekilde, ağdaki nesnelerin birbirleriyle ilişki kurmasına ihtiyaç olacaktır. Bu ilişkiler, bir federasyon üyeliği gibi resmi olabilir veya bir olay veya olayın getirdiği daha sonradan kaybolacak ilişkiler olabilir.

# 4.11 Güç ve Enerji Depolama Teknolojileri

IoT uygulamalarında çalışan ve olayların algılanmasını veya izlenmesini sağlayan işlevler için güç ve enerjiye ihtiyaç duyulur. Ortamlar, nesnenin nerede ve nasıl kullanıldığına bağlı olarak geniş çeşitlilik gösterdiğinden güç toplama yöntemleri de değişebilir. İletimleri en yakın şeyden iletme yeteneğini dahil ederek iletişim ve güç verimliliğini artırmak için iyi bir öneridir. Okuyucunun bu durumda yalnızca ağın sensörlerinden bahsedildiğini bilmelidir.

Güç ve enerji depolama teknolojileri, IoT uygulamalarının konuşlandırılmasına olanak sağlar. Bu teknolojiler, günümüzün düşük güç tüketimli nano teknoloji ile birlikte kullanıldığında, kendi kendine yetebilen sistemler kurulabilecektir.

# 4.12 Güvenlik ve gizlilik teknolojileri

IoT'deki iki ana sorun, insanların mahremiyeti ve iş süreçlerinin gizliliğidir. Dağıtımın ölçeği, mobiliteleri ve genellikle nispeten düşük karmaşıklıkları nedeniyle, nesnelerin buluttan kontrol etmek zordur. Gizliliği sağlamak için, kullanım için çok sayıda standart şifreleme teknolojisi mevcuttur. Ancak asıl zorluk, şifreleme algoritmalarını daha hızlı ve daha az enerji tüketen hale getirmektir. Ayrıca, bir şifreleme şeması kullanmak için verimli bir anahtar dağıtım şeması yürürlükte olmalıdır.

Küçük ölçekli sistemler için, anahtar dağıtım fabrikada veya dağıtım sırasında gerçekleşebilir, ancak geçici ağlar için yeni anahtar dağıtım planları yalnızca son yıllarda önerilmiştir. Mahremiyet için durum daha ciddidir; nedenlerinden biri, genel halkın bilgisizliğidir. Dahası, gizliliği koruyan teknoloji hala emekleme aşamasındadır: İşleyen sistemler, sınırlı kaynaklara sahip cihazlar için tasarlanmamıştır ve mahremiyete ilişkin bütünsel bir bakış açısı geliştirilmeye devam etmektedir. IoT'deki nesnelerin heterojenliği ve hareketliliği duruma karmaşıklık katacaktır. Ayrıca hukuki açıdan bakıldığında, bazı konular net olmaktan uzaktır ve hukuki yoruma ihtiyaç duymaktadır; Örnekler arasında konumun gizlilik düzenlemesi üzerindeki etkisi ve nesnelerin bulutlarında veri sahipliği sorunu yer alır. Ağ ve veri anonimliği gizlilik için bir temel sağlayabilir, ancak şu anda bu teknolojiler esas olarak oldukça güçlü ekipmanlarla desteklenmektedir. Bunun temel sebeplerinden birisi bilgi işlem gücü ve bant genişliği olarak görülmektedir.

# 4.13 Standardizasyon

Standartlar, çok çeşitli uygulamaları destekleyecek ve çok çeşitli endüstri sektörlerinden gelen ortak gereksinimleri ve ayrıca çevrenin, toplumun ve bireysel vatandaşların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Birden fazla paydaşın dahil olduğu fikir birliği süreçleri aracılığıyla, standartlaştırılmış anlamsal veri modelleri, ortak ara yüzler ve protokoller geliştirmek mümkündür. Başlangıçta soyut bir seviyede tanımlanacak, ardından belirli çapraz platformlarada tanımlanır. XML gibi diller arası teknolojiler, ASN.1, web hizmetleri vb. Anlam bilimsel ontolojilerin ve makine tarafından okunabilir kodlamanın kullanımı, dünyanın farklı bölgelerindeki farklı insan dillerinden kaynaklanan insan hatası veya farklılıklardan ve yanlış yorumlamadan kaynaklanan belirsizliklerin üstesinden gelmeye ve diğer sistemler aracılığıyla mevcut olan ek bilgilere çapraz referans yapılmasına yardımcı olmalıdır.

Nesneler ile çevreleri, sanal buluttaki dijital benzerleri ve olayları kontrol etme veya yardımcı olma ile ilgilenen nesneler arasında iki yönlü iletişim ve bilgi alışverişi için standartlar gereklidir. Ek olarak, IoT için standartların tasarımı, enerji ve ağ kapasitesinin verimli ve adli bir şekilde kullanılmasının yanı sıra izin verilen frekans bantlarını ve radyo frekansı iletişimleri için güç seviyelerini kısıtlayan mevcut düzenlemeler gibi diğer kısıtlamalara uymayı da dikkate almalıdır. IoT geliştikçe, bu tür düzenleyici kısıtlamaları gözden geçirmek ve kullanılabilir hale geldiğinde ek radyo spektrumu tahsisi aramak gibi genişleme için yeterli kapasiteyi sağlamanın yollarını araştırmak gerekebilir. Bu bağlamda özel bir zorluk, özellikle radyo spektrumunu kullanan nesneler ve cihazlar için küresel birlikte çalışabilirliği sağlamaktır. Tarihsel olarak, çeşitli radyo spektrumu bantları, yayın, mobil telefon, radyo bandı, acil durum hizmetleri iletişimi, kablosuz internet gibi çeşitli amaçlar için tahsis edilmiştir. Ne yazık ki, frekans bandı tahsisleri dünyanın tüm bölgelerinde tam olarak uyumlu değildir ve bir bölgede belirli bir amaç için mevcut olan bazı bantlar, genellikle farklı bir amaç için kullanıldıkları için başka bir bölgede aynı amaç için mevcut değildir.

Radyo spektrumunun yeniden tahsisi, hükümet kurumlarını, düzenleyicileri ve Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) gibi uluslararası organları ve Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) veya Federal İletişim Komisyonu (FCC) gibi bölgesel organları içeren yavaş bir süreçtir. Mevcut radyo spektrumu kullanıcılarındaki kesintileri en aza indirmek ve gelecekteki ihtiyaçları planlayarak hareket etmek gerekir. Radyo spektrumu kullanan birçok IoT cihazının birden çok protokol ve birden çok frekansı kullanabilmesi gerekecektir. Çalışma bölgesine ve farklı güç seviyelerine ve farklı protokollere bağlı olarak yeniden şekillenmeleri gerekecektir.

Genel olarak IoT paradigmasına ilişkin olarak, küresel olarak uygulanabilir ICT ile ilgili standartları üreten ETSI'de [20] çok ilginç bir standardizasyon çabası şu anda başlamıştır. ETSI bünyesinde, M2M sistemleri ve sensör ağları ile ilgili standardizasyon faaliyetlerini yürütmek için Makineden Makineye (M2M) teknik komitesi oluşturulmuştur. M2M, IoT'ye yönelik gerçek bir lider paradigmadır, ancak bu alanda şimdiye kadar çok daha az standardizasyon faaliyeti olmuştur. ETSI M2M komitesinin hedefleri şunları içerir: M2M için uçtan uca bir mimarinin geliştirilmesi ve sürdürülmesi, sensör ağ entegrasyonu, adlandırma, adresleme, konum, QoS, güvenlik, ücretlendirme, yönetim, uygulama dahil olmak üzere M2M üzerindeki standardizasyon, donanımların ve ara yüzlerin güçlendirilmesi. [21]

IoT ile ilgili İnternet Mühendisliği Görev Gücü (IETF) faaliyetlerine gelince, son zamanlarda Düşük Güçlü Kablosuz Kişisel Alan Ağları üzerinden Ipv6 (6LoWPAN) IETF grubu oluşturuldu [22]. 6LoWPAN, sensör düğümlerini IPv6 ağlarına entegre etmek için kullanılabilecek bir dizi protokol tanımlamıştır. 6LoWPAN mimarisi için çekirdek protokoller zaten belirlenmiş ve bu protokol paketini uygulayan bazı ticari üreticiler ortaya çıkmıştır. IETF’in düşük güçlü ve kayıplı (ROLL) ağlar üzerinden yönlendirme adlı bir başka çalışma grubu, yakın zamanda RPL yönlendirme protokol taslağını hazırladı. Bu, 6LoWPAN dahil olmak üzere düşük güç ve kayıplı ağlar üzerinden yönlendirme için temel olacaktır. Ortaya çıkan bir fikrin, IoT standardizasyonunu gelecekteki İnternet tanımı ve standardizasyon sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak düşünmek olduğu açıktır. Bu iddia, IoT (CERP-IoT) ile ilgili Avrupa araştırma ve geliştirme projeleri tarafından da yapılmıştır. Raporunda sunulduğu gibi, farklı nesnelerin daha geniş ağlara entegrasyonu, ister mobil ister sabit olsun gelecekteki İnternet ile bağlantılarına izin verecektir [23].

# 5 IoT Uygulaması

IoT'nin sunduğu potansiyeller, ona dayalı çok sayıda uygulama geliştirmeyi mümkün kılıyor ve bunlardan şu anda yalnızca birkaç uygulama konuşlandırılmış durumda. Gelecekte, daha akıllı evler ve ofisler, daha akıllı ulaşım sistemleri, daha akıllı hastaneler, daha akıllı işletmeler ve fabrikalar için akıllı uygulamalar olacak. Aşağıdaki alt bölümlerde, IoT'nin bazı önemli örnek uygulamaları kısaca verilmiştir.

# 5.1 Havacılık ve Havacılık Endüstrisi

Nesnelerin İnterneti, sahte ürünleri ve unsurları güvenilir bir şekilde tanımlayarak ürün ve hizmetlerin güvenliğini artırmaya yardımcı olabilir. Örneğin havacılık endüstrisi, şüpheli onaylanmamış parçalar sorun yaratmaktadır. Bu parçalar, onaylı bir hava aracı parçasının gereksinimlerini karşılaması garanti edilmeyen bir hava aracı parçasıdır (örneğin, havacılık endüstrisinin katı kalite kısıtlamalarına uymayan sahte ürünler). Bu nedenle, onaylanmamış parçalar bir uçağın güvenlik standartlarını ciddi şekilde ihlal eder. Havacılık yetkilileri, Amerika Birleşik Devletleri'nde en az 28 kaza veya olayın sahtecilikten kaynaklandığını bildirmektedir [24]. Zaman alan malzeme analizlerinin yanı sıra, uçak parçalarının orijinalliğinin doğrulanması, kolayca taklit edilebilen eşlik eden belgeler incelenerek gerçekleştirilebilir. Bu sorunu, belirli kategorilerdeki hava taşıtı parçaları için, menşelerini ve yaşam döngüleri boyunca güvenlik açısından kritik olayları (örneğin, modifikasyonlar) belgeleyen elektronik olarak sunmak mümkündür. Bu soyağacının merkezi olmayan bir veri tabanında ve uçak parçalarına güvenli bir şekilde bağlanan RFID etiketlerinde saklanmasıyla, kimlik doğrulaması gerçekleştirilebilir. Bu şekilde, uçakların emniyeti ve operasyonel güvenilirliği önemli ölçüde artırılabilir.

# 5.2 Otomotiv Endüstrisi

Gelişmiş arabalar, trenler, otobüsler ve bisikletler, gelişmiş sensörler ve artırılmış işleme güçlerine sahip aktüatörlerle donatılıyor. Otomotiv endüstrisindeki uygulamalar, lastiklerdeki basınçtan araçların yakınlığına kadar çeşitli parametreleri izlemek ve raporlamak için akıllı nesnelerin kullanımını içerir. Araç üretimini kolaylaştırmak, lojistiği geliştirmek, kalite kontrolünü artırmak ve müşteri hizmetlerini iyileştirmek için Radyo Frekansı Tanımlama teknolojisi halihazırda kullanılmaktadır. Parçalara takılan cihazlar, üreticinin adı ve ürünün ne zaman ve nerede üretildiği, seri numarası, tipi, ürün kodu ve bazı uygulamalarda o anda tesisteki kesin konumu ile ilgili bilgileri içerir. Radyo Frekansı Tanımlama teknolojisi, üretim süreçlerinde, bakım işlemlerinde gerçek zamanlı veriler sağlar ve geri çağırmaları daha etkili bir şekilde yönetmenin yeni yollarını sunar. Özel Kısa Menzilli İletişim teknolojisi muhtemelen daha yüksek bit hızları elde etmeye ve diğer ekipmanlarla paraziti azaltmaya yardımcı olacaktır. Araçtan araca (V2V) ve araçtan altyapıya (V2I) iletişim, araç güvenliği hizmetleri ve trafik yönetimi gibi Akıllı Ulaşım Sistemleri (ITS) uygulamalarını önemli ölçüde geliştirecek ve IoT altyapısına tamamen entegre olacaktır.

# 5.3 Telekomünikasyon Endüstrisi

IoT, çeşitli telekomünikasyon teknolojilerinin birleştirme olasılığını ve yeni hizmetler yaratacaktır. Örnek olarak, GSM, NFC (Yakın Alan İletişimi), düşük güçlü Bluetooth, WLAN, çoklu atlama ağları, GPS ve sensör ağlarının SIM kart teknolojisi ile birlikte kullanılmasıdır. Bu tür uygulamalarda okuyucu cep telefonunun bir parçasıdır ve farklı uygulamalar SIM kartı paylaşır. NFC, nesneler arasındaki iletişimi sadece birbirlerine yakın tutarak basit ve güvenli bir şekilde sağlar. Cep telefonu bu nedenle bir NFC okuyucu olarak kullanılabilir ve okunan verileri merkezi bir sunucuya iletebilir. Bir cep telefonunda kullanıldığında SIM kart, NFC verileri ve kimlik doğrulama bilgileri (bilet numaraları, kredi kartı hesapları, kimlik bilgileri vb.) İçin depolama olarak önemli bir rol oynar. Nesneler, özel amaçlar için veya iletişim kanallarının ve ağlarının sağlamlığını artırmak için ağlara katılabilir ve eşler arası iletişimi kolaylaştırabilir. Felaket durumlarında, telekomünikasyon altyapısı arızaları durumunda hayati bilgi akışını devam ettirmek için nesneler anlık eşler arası ağlar oluşturabilir.

# 5.4 Tıp ve Sağlık Sektörü

IoT, tıbbi parametrelerin ve ilaç dağıtımının izlenmesi için bir platform olarak RFID sensörü özellikli cep telefonunu kullanma imkanı ile sağlık sektöründe birçok uygulamaya sahip olacak. Kazanılan avantaj, hastalıkların önlenmesi ve kolay izlenmesinde, özel teşhislerde ve kaza durumlarında acil tıbbi müdahalede bulunulmasında yatmaktadır. İmplante edilebilir ve adreslenebilir kablosuz cihazlar, acil durumlarda, özellikle diyabet, kanser, koroner kalp hastalığı, felç, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, kognitif bozukluklar, nöbet bozuklukları ve Alzheimer hastalığı olan kişiler için bir hastanın hayatını kurtarabilecek sağlık kayıtlarını depolamak için kullanılabilir. Yenilebilir, biyolojik olarak parçalanabilen çipler, önceden planlanmış eylemler için insan vücuduna sokulabilir. Felçli kişiler, hareket işlevlerini eski haline getirmek için implante edilmiş akıllı nesneleri kullanabilirler.

# 5.5 Bağımsız Yaşam

Giyilebilir ve ortam sensörleri kullanarak günlük yaşam aktivitelerini tespit edebilir, sosyal etkileşimleri izleyebilir, kronik hastalığı izleyerek yaşlanan bir nüfusa destek sağlanabilir bu sayede bağımsız yaşam üzerinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Kalıp tespiti ve makine öğrenimi algoritmalarının ortaya çıkmasıyla, bir hastanın ortamındaki nesneler hastayı gözleyebilecek ve ona bakabilecektir. Nesneler normal rutinleri öğrenebilir ve anormal durumlarda uyarılar verebilir veya bildirimler gönderebilir. Bu hizmetler, 5.4. bölüm'de bahsedilen tıbbi teknoloji hizmetleri ile birleştirilebilir.

# 5.6 İlaç Endüstrisi

Farmasötik ürünler için güvenlik ve güvende olmak son derece önemlidir. IoT paradigmasında, ilaçlara akıllı etiketler eklemek, tedarik zinciri boyunca takip etmek ve sensörlerle durumlarını izlemek birçok potansiyel faydaya sahiptir. Örneğin, özel saklama koşulları gerektiren öğelerin soğuk bir zincirinin nakliye sırasında koşulların ihlal edilmesi durumunda fark edilip kullanımı engellenebilir. Uyuşturucu takibi ve e soy ağacı, sahte ürünlerin tespit edilmesine izin verir ve tedarik zincirini dolandırıcılardan uzak tutar. Sahtecilik, [25] 'de gösterildiği gibi bu alanda yaygın bir uygulamadır ve özellikle gelişmekte olan ülkeleri etkilemektedir. İlaçların üzerindeki akıllı etiketler de hastalara doğrudan fayda sağlayabilir, örnek olarak prospektüsün saklayabilir, tüketicileri dozajlar ve son kullanma tarihleri ​​hakkında bilgilendirebilir ve ilacın orijinalliğini temin edebilir. İlaç etiketleri ile iletilen bilgileri okuyan akıllı ilaç dolabı ile birlikte hastalara ilaçlarını uygun aralıklarla almaları hatırlatılarak hasta uyumu izlenebilir.

# 5.7 Perakende, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi

IoT, perakende ve tedarik zinciri yönetimi operasyonlarında çeşitli avantajlar sağlayabilir. Örneğin, RFID donanımlı öğeler ve mevcut öğeleri gerçek zamanlı olarak izleyen akıllı raflarla, bir perakendeci birçok uygulamayı optimize edebilir [26]. Örneğin, mal girişini otomatik olarak kontrol edebilir, stokları gerçek zamanlı olarak izleyebilir, stok bitimlerini takip edebilir veya hırsızlık tespiti yapabilir. IoT, bir perakende mağazasında büyük bir tasarruf potansiyeli sağlayabilir, çünkü dünya çapında satış kaybının% 3,9'unun raflar boşaldığında gerçekleşmektedir. Dolu raflar müşterilerin istenen ürünleri alarak geri döndüğünde meydana geldiği keşfedildi [27]. Dahası, IoT, tüm tedarik zincirinin lojistiğini optimize etmek için perakende mağazadaki verilerin kullanılabilir hale getirilmesine yardımcı olabilir. Üreticiler perakendecilerden alınan stok ve satış verilerini biliyorlarsa, doğru miktarda ürün üretip sevk edebilirler, böylece aşırı üretim veya yetersiz üretim durumundan kaçınılmış olur. Pek çok endüstri sektöründeki tedarik zincirlerinden gelen lojistik süreçler, RFID verilerinin değiş tokuşundan faydalanabilir. Dahası, çevre sorunları daha iyi çözülebilir. Lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinin karbon ayak izi, gerçek dünyada toplanan dinamik ve ince taneli verilerin doğrudan kamyonlar, paletler, bireysel ürün öğeleri gibi bazı Nesnelerin İnterneti tarafından toplanan kullanılabilirliğine dayalı olarak optimize edilebilir. mağazalar, IoT, önceden seçilmiş bir alışveriş listesine göre mağazada rehberlik, biyometrik kullanarak otomatik ödeme, belirli bir üründeki potansiyel alerjenin tespiti, kişiselleştirilmiş pazarlama, soğuk zincirin doğrulanması gibi hızlı ödeme çözümleri gibi birçok uygulama sunabilir. vb. Ticari binalar da akıllı bina işlevlerinden yararlanacaktır.

# 5.8 İmalat Sanayi

Nesneleri bilgi teknolojisiyle beraber gömülü akıllı cihazlar kullanılarak veya akıllı bir destekleyici ağ altyapısı ve bilgi sistemleriyle etkileşime girebilen benzersiz tanımlayıcılar ve veri taşıyıcıların kullanılması yoluyla birbirine bağlayarak, üretim süreçleri optimize edilebilir. Üretimden nesnelere kadar tüm yaşam döngüsü bertaraf izlenebilir. Öğeleri ve kapları etiketleyerek, üretim yerinin durumu, partilerin yeri ve dağıtımı ile üretim makinelerinin durumu hakkında daha fazla bilgi elde edilebilir. Ayrıntılı bilgi, iyileştirilmiş üretim programları ve gelişmiş lojistik için girdi verileri işlevi görür. Kendi kendini organize eden ve akıllı üretim çözümleri tanımlanabilir öğeler etrafında tasarlanabilir.

# 5.9 İşleme Endüstrisi

Petrol ve gaz endüstrisininde birçok alanda IoT altyapısı ile entegre edilebilir. Kablosuz bağlantılar kullanılarak güvenlik arttırılabilir, operasyonlar izlenebilir, konteynerler takip edilebilir, sondaj boruları kontrol edilebilir, sabit ekipmanların yönetilebilir. Birleşik Krallık'taki kimya ve petrokimya sektörlerindeki yüksek etkili kazaların bir incelemesi [28], bu afetlerde bazı ortak özellikler gözlemlemiştir. Anlayış eksikliği ve depolama, işlem ve kimyasal ayrımın kötü yönetimi ortak sorunlardır. IoT, tehlikeli kimyasalların bulunduğu konteynerleri akıllı kablosuz sensör düğümleriyle donatarak petrol ve gaz endüstrisindeki kaza sayısının azaltılmasına yardımcı olabilir.

# 5.10 Ortam İzleme

Çevreci uygulamalarda ve çevrenin korunmasında kablosuz olarak tanımlanabilir cihazların ve diğer IoT teknolojilerinin kullanılması, gelecekte en umut verici pazar segmentlerinden biridir. Dünya çapında çevre dostu programlarda kablosuz olarak tanımlanabilir cihazların kullanımı artacaktır.

# 5.11 Ulaşım Endüstrisi

IoT, dünyadaki artan güvenlik talebini karşılamak için ücret toplama ve geçiş sistemleri, ticari taşıyıcılara biniş yapan yolcuların bilet kontrolü ve çantaların taranması, uluslararası kargo sistemi tarafından taşınan malların hükümetlerin ve ulaştırma endüstrisinin güvenlik politikalarını desteklemesi için çözümler sunar. Kullanıcıların cep telefonları aracılığıyla trafik sıkışıklığının izlenmesi ve akıllı ulaşım sistemlerinin (ITS) kullanılması, malların ve insanların taşınmasını daha verimli hale getirecektir. Konteynerler kendi kendini tarayabildiği ve tartabildiği için nakliye firmaları daha verimli hale gelecektir. Havaalanlarında ve havayolu operasyonlarında yolcu bagajını yönetmek için IoT teknolojilerinin kullanılması, otomatik izleme ve sıralama, bagaj başına okuma oranlarının artırılması ve artırılmış güvenlik sağlayacaktır.

# 5.12 Tarım ve Islah

Tarım hayvanlarının izlenebilirliğine ve hareketlerine ilişkin düzenlemeler, örneğin bulaşıcı hastalık salgınları sırasında hayvanların gerçek zamanlı tespitini mümkün kılan IoT gibi teknolojilerin kullanılmasını gerektirir. Ayrıca, birçok durumda ülkeler, sığır, koyun ve keçilerin bulunduğu çiftliklere sürüdeki hayvan sayısına ve diğer gereksinimlere bağlı olarak sübvansiyonlar vermektedir. Sayının tespiti zor olduğu için her zaman dolandırıcılık olasılığı vardır. İyi tanımlama sistemleri bu sahtekarlığı en aza indirmeye yardımcı olabilir. Bu nedenle, kimliklendirme sistemlerinin uygulanmasıyla hayvan hastalıkları kontrol edilebilir, araştırılabilir ve önlenebilir. Hayvanların ulusal, topluluk içi ve uluslararası ticarette resmi olarak tanımlanması halihazırda mevcuttur bunun yanında aşılanmış veya resmi hastalık kontrolü yapılabilir. IoT ile çiftçiler, mahsulleri doğrudan pazarlama veya mağazalar gibi sadece küçük bir bölgede değil, daha geniş bir alanda tüketicilere doğrudan ulaştırabilir. Bu, büyük şirketlerin elinde olan tüm tedarik zincirini değiştirebilir, ancak üreticiler ve tüketiciler arasında daha doğrudan ve daha kısa bir zincirine dönüşebilir.

# 5.13 Medya, Eğlence Sektörü

Kullanıcıların konumlarına göre geçici haber toplamayı mümkün kılacaktır. Haber toplama, belirli bir konumda hangi multimedya özellikli cihazların bulunduğunu görmek için IoT'yi sorgulayarak ve belirli bir olay hakkında multimedya görüntüleri toplamak için onlara bir teklif göndererek gerçekleştirilebilir. Yakın alan iletişim etiketleri olarak okuyucuyu posterle ayrıntılı bilgileri içeren bir URI adresine ekleyerek daha fazla bilgi sağlayabilir.

# 5.14 Sigorta Sektörü

IoT bireylerin mahremiyetine yönelik ciddi bir istila olarak algılanabilir. Bununla birlikte, bazen insanlar daha iyi bir hizmet veya parasal bir fayda için mahremiyetin ticaretini yapmaya isteklidir. Bir örnek araba sigortasıdır. Sigorta müşterileri, arabalarında hızlanma, hız ve diğer parametreleri kaydedebilen ve bu bilgileri sigortacılarına iletebilen elektronik kayıt cihazlarını kabul etmeye istekli ise, muhtemelen daha ucuz bir oran veya prim alacaklardır [29]. Sigortacı, yaklaşan bir kazanın çok erken bir aşamasına dahil olarak tasarruf edebilir ve en ekonomik önlemleri tetikleyebilir. Birikimin bir kısmı sigorta primlerinde indirim yapılarak müşterilere verilebilir. Aynısı, IoT teknolojisi ile donatılmış binalar, makineler gibi diğer varlıklar için de geçerlidir. Bu durumlarda, teknoloji çoğunlukla büyük ölçekli bakım işlemlerinin önlenmesine yardımcı olur veya bir olay meydana gelmeden önce çok daha ucuz öngörücü bakıma izin verir.

# 5.15 Geri Dönüşüm

IoT ve kablosuz teknolojiler; hava kalitesinin denetlenmesine yardımcı olmak için araç emisyonlarının izlenmesi, geri dönüştürülebilir malzemelerin toplanması, ambalaj kaynaklarının ve elektronik parçaların yeniden kullanılması dahil olmak üzere çok sayıda önemli şehir ve ulusal çevre programlarının verimliliğini ve etkinliğini artırmak için kullanılabilir. Şirketlerin envanterleri daha verimli bir şekilde takip etmesine ve yönetmesine yardımcı olabilir tedarik zincirinde daha fazla görünürlük sağlanması ile gereksiz nakliye gereksinimlerini ve yakıt kullanımını azaltılabilir.

# 6 Zorluklar ve Açık Sorunlar

Gelecekte analiz edilen kurumsal ortam, ev, ofis ve diğer akıllı alanlardaki iş akışları, yüksek düzeyde dinamik ve geçici ilişkilerin işletilmesini gerektiren çapraz organizasyon etkileşimi ile karakterize edilecektir. Şu anda, yalnızca çok sınırlı bir ICT desteği mevcuttur ve aşağıdaki temel zorluklar mevcuttur.

1. Ağ Temeli — mobilite, kullanılabilirlik, yönetilebilirlik ve ölçeklenebilirlik açısından mevcut İnternet mimarisinin sınırlamaları, IoT'nin önündeki başlıca engellerden bazılarıdır.
2. Güvenlik, Gizlilik ve Güven-

Güvenlik alanında zorluklar şunlardır:

1. IoT mimarisinin güvence altına alınması - tasarım zamanında ve yürütme zamanında sağlanacak güvenlik,
2. IoT'nin proaktif olarak tanımlanması ve keyfi saldırılara karşı korunması (ör. DoS ve DDoS saldırıları) ve kötüye kullanılma riski
3. IoT'nin proaktif olarak tanımlanması ve kötü amaçlı yazılımlardan korunması.

Kullanıcı gizliliği alanında, belirli zorluklar şunlardır:

1. kişisel bilgiler üzerinde kontrol (veri gizliliği) ve bireyin fiziksel konumu ve hareketi üzerinde kontrol (konum gizliliği),
2. gizliliği geliştirme teknolojileri ve ilgili koruma yasaları ihtiyacı
3. kullanıcıların ve nesnelerin kimlik yönetimi için standartlar, metodolojiler ve araçlar.

Güven alanında, belirli zorluklardan bazıları şunlardır:

1. Korunan ve hassas verilerin kolay ve doğal bir şekilde değiş tokuş edilmesi ihtiyacı
2. Güven hissiyatı IoT tasarımının bir parçası olmalı ve yerleşik olmalıdır.
3. I(iii) Heterojenliği yönetmek - heterojen uygulamaları, ortamları ve cihazları yönetmek büyük bir zorluk teşkil eder.

Yukarıdaki büyük zorluklara ek olarak, diğer zorluklardan bazıları şunlardır:

1. Yararlı hizmetler sağlamak için büyük miktarda bilgiyi yönetmek ve büyük hacimli verileri araştırmak,
2. Sensör ağı ve depolama için verimli bir mimari tasarlamak,
3. Sensör verisi keşfi için mekanizmalar tasarlama,
4. Sensör veri iletişim protokollerini tasarlama - sensör veri sorgulama, yayınlama / doğrulama mekanizmaları,
5. Sensör veri akışı işleme ve mekanizmaları geliştirme
6. Sensör veri madenciliği - korelasyon, toplama filtreleme teknikleri tasarımı.

Son olarak heterojen teknolojileri, cihazları, uygulama ara yüzlerini vb. standartlaştırmak da büyük bir zorluk olacaktır.

# 7 Gelecekteki Araştırma Alanları

IoT kavramının dağıtımını güvenilir, sağlam ve verimli hale getirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulan birkaç alan vardır. Alanlardan bazıları aşağıda tanımlanmıştır.

 Tanımlama teknolojisi alanında, küresel kimlik şemalarında, kimlik yönetiminde, kimlik kodlamada / şifrelemede, takma ad oluşturmada, geri alınabilir anonimliği vermede, tarafların kimlik doğrulamasında, kimlik doğrulama ve adresleme şemalarını kullanarak depo yönetiminde ve yeni teknolojilerin geliştirilmesinde daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Çeşitli tanımlayıcı şemalarına sahip IoT uygulamaları için genel dizin arama hizmetleri ve keşif hizmetleri gerekmektedir. Mimari tasarım alanında, dikkat edilmesi gereken konulardan bazıları şunlardır: uçtan uca özelliklere sahip dağıtılmış açık mimari tasarımı, heterojen sistemlerin birlikte çalışabilirliği, tarafsız erişim, açık katmanlama ve fiziksel ağ kesintisine karşı direnç, eşlemeye dayalı merkezi olmayan otonom mimariler.

Haberleşme protokolü alanında ele alınması gereken konular şunlardır: çok frekanslı protokol ile enerji verimli haberleşme tasarımı, haberleşme spektrumu ve frekans tahsisi, yeni protokoller için donanım yükseltme ihtiyacını ortadan kaldıran yazılım tanımlı telsizler, yüksek performanslı tasarımlar, ölçeklenebilir algoritmalar ve protokoller.

Ağ teknolojisi alanında, dinamik konfigürasyonlar için yonga iletişim mimarileri üzerinde

Araştırmaya gereksinim duyulmaktadır. Ek olarak, talep üzerine trafik patlamalarına ve düşüşlerine yanıt olarak bağlantıları açıp kapatan güce duyarlı ağ tasarımı, değişen iş yüklerine ve / veya değişen kısıtlamalara dayalı devre modülleri arasındaki iletişimi dinamik olarak desteklemek için çip üzerinde ölçeklenebilir iletişim altyapıların araştırılması önemlidir.

# 8 Sonuç

Günümüzün en son teknolojilerine baktığımızda, önümüzdeki yıllarda IoT'nin evrensel düzeyde nasıl uygulanacağına dair net bir gösterge görüyoruz. Ayrıca IoT'nin büyük ölçekli dağıtımını gerçeğe dönüştürmek için daha fazla çalışılması ve geliştirilmesi gereken önemli hususların bir göstergesini de alıyoruz. IoT yönetişim alanında önemli çalışmalara acil ihtiyaç olduğu görülüyor. Standartlaştırılmış bir yaklaşım olmadan, her biri belirli ve özel bir kullanım için hedeflenen mimarilerin, tanımlama şemalarının, protokollerin ve frekansların çoğalmasının paralel olarak gerçekleşmesi muhtemeldir. Bu, kaçınılmaz olarak IoT'nin parçalanmasına yol açacak ve bu da popülaritesini engelleyebilecek ve yaygınlaşmasında büyük bir engel oluşturacaktır. Birlikte çalışabilirlik bir zorunluluktur ve nesneler arası iletişim, IoT'nin yaygınlaşması için bir ön koşuldur.

Önümüzdeki yıllarda, her yerde bulunan ağ toplumuna ulaşmak için gerekli teknolojilerin olgunluk aşamasına girmesi bekleniyor. RFID uygulamaları daha fazla kabul edilebilirlik buldukça, IoT'nin ilk dalgasını oluşturmak için çok sayıda nesne adreslenebilir ve IP tabanlı ağlara bağlanabilir. Kesintisiz ağ erişimini garantilemek için iki büyük zorluk olacaktır: ilk sorun, günümüzde farklı ağların bir arada var olması gerçeğiyle ilgilidir; diğer sorun IoT'nin büyüklüğü ile ilgilidir. Mevcut BT endüstrisinin, yüz milyonlarca nesnenin IP ağlarına bağlı olduğu bir sistem geliştirme konusunda hiçbir deneyimi yoktur. Adres kısıtlaması, otomatik adres kurulumu, kimlik doğrulama ve şifreleme gibi güvenlik işlevleri ve ses, video sinyallerini verimli bir şekilde iletmek için çok noktaya yayın işlevleri gibi diğer güncel sorunlar muhtemelen devam eden teknolojik gelişmelerle aşılacaktır. Bu erken aşamada ele alınması gereken çok önemli bir diğer husus, mevzuatla ilgili olandır. Avrupa ve ABD'deki çeşitli tüketici grupları, bu teknolojinin kötüye kullanılması için sayısız olasılık hakkında güçlü endişelerini dile getirdi. Bu nedenle, tüm kullanıcılar için gizlilik hakkı ve güvenlik düzeyini sağlayan açık bir yasal çerçeve uygulanmalıdır. Bu teknolojinin topluma faydalarını vurgulayan sürekli bir bilgilendirme kampanyası da organize edilmelidir.

Geleneksel olarak, perakende ve lojistik endüstrisi, sınırlı özelliklere sahip çok düşük maliyetli nesneler gerektirir. Endüstriler ise çok daha yüksek miktarda veri içeren ve daha etkileşimli ve akıllı olacak etiketlere ihtiyaç duyacaktır. Veriler bu bağlamda bir nesne olarak görülebilir ve bu vizyon altında bir etiket sadece kendi özelliklerini değil aynı zamanda üstesinden gelebileceği işlemleri de taşır. IoT'deki nesnelerin sahip olması gereken zeka miktarı ve bu zekanın hangi durumlarda dağıtıldığı veya merkezileştirildiği önemli bir gelişim faktörü haline gelir. Nesnelerin IQ'su arttıkça, bu nesnelerin kesintisiz ve düşmanca olmayan ortamlarda bir arada var olabilmelerini sağlamak için bu nesnelerin davranışsal gereksinimlerinin geliştirilmesi ve araştırılması hızı da daha yaygın hale gelecektir. Bu tür etiketler, sensörlerden ve aktüatörlerden çeşitli özellikler içerecek ve yerleştirildikleri ortamla etkileşime girecektir. Böyle bir örnek, doğru ilacı doğru yerde doğru zamanda ulaştırmak amacıyla insan vücuduna yerleştirilen etkileşimli bir cihaz olabilir. Bu daha yüksek mobilite, taşınabilirlik ve zeka bağlamında, iki eğilim akıllı sistemlerin gelecekteki gelişimini etkileyecektir. İnternete ortaya çıkan bir başka ilginç paradigma, Web 2.0'ın bir evrimi olan sözde Web Squarred'dir. Kullanıcılara sağlanan içeriği zenginleştirmek için web ve algılama teknolojilerini [30] bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Bu, kullanıcı terminallerinde konuşlandırılan sensörler (mikrofon, kamera, GPS vb.) Tarafından toplanan kullanıcı içeriği hakkındaki bilgiler dikkate alınarak elde edilir. Web Squarred, tıpkı web gibi IoT üzerinde çalışan uygulamalardan biri olarak düşünülebilir, günümüzde internet üzerinden çalışan önemli bir uygulamadır.

Bu makale, özellikle ne yapıldığına ve daha fazla araştırma gerektiren konuların neler olduğuna odaklanarak IoT'nin en önemli yönlerinden bazılarını araştırdı. Mevcut teknolojiler IoT kavramını uygulanabilir hale getirirken, IoT uygulamalarının büyük ölçekli gerçek dünya dağıtımını yapmak için önümüzde çok sayıda zorluk vardır. Önümüzdeki birkaç yıl içinde, bu zorlukların üstesinden gelmek, hem endüstriyel hem de akademik laboratuvarlarda ağ oluşturma ve iletişim araştırmaları için güçlü bir itici güç olacaktır.