

Nesnelerin İnterneti (IoT)

Ali Erbey¹

Özet

Bu çalışmada, günlük yaşamdan endüstriyel süreçlere kadar geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılan nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisinin tanımı, bileşenleri ve uygulama alanları ele alınmıştır. Çalışmada, IoT kavramının toplumsal ve endüstriyel boyutlarda yarattığı dönüşüm ele alınmış, konuyla ilgili bilgi edinmek isteyen akademik çevreler ile profesyonellere kapsamlı bir analiz sunulması hedeflenmiştir. Ayrıca, IoT'nin teknolojik altyapısı, uygulama alanları ve sunduğu yenilikler ışığında, dijitalleşen dünyada yaşanan değişimlerin anlaşılmasına katkı sağlamayı, alan yazına ve profesyonel uygulamalara önemli bir referans olmayı amaçlamaktadır. Çalışmada akıllı ev sistemlerinde cihazların uzaktan kontrolü, tarımda akıllı sulama sistemleri ile verimlilik sağlanması ve sağlık sektöründe uzaktan hasta takibi gibi örneklerle bu teknolojiye olan talep ve faydalar açıklanmıştır. IoT'nin sunduğu verimlilik ve otomasyon avantajlarının yanı sıra güvenlik ve gizlilik konularına dikkat çekilmiştir. IoT cihazlarının siber saldırılara karşı savunmasız olabileceği belirtilmiş, güvenlik önlemlerinin artırılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. IoT'nin topluma katkılarının artarak devam etmesi için güvenlik ve gizlilik politikalarının güçlendirilmesi gerektiğine değinilmiştir.

1. Giriş

Nesnelerin İnterneti (IoT), cihazların internete bağlı olduğu ve veri alışverişi yapabildiği bir sistemdir. (Paul & Jeyaraj, 2019). Bu kavram, günlük yaşamda kullanılan aletlerin, cihazların ve sistemlerin birbirleriyle iletişim kurabilme yeteneğini ifade etmektedir. IoT sensörler, yazılımlar ve diğer teknolojilerin bir araya gelmesiyle, nesnelerin akıllı hale gelmesini sağlar. Örneğin, bir buzdolabı, içindeki yiyeceklerin durumunu takip ederek kullanıcıya bilgi verebilmekte veya bir akıllı termostat, enerji tasarrufu sağlamak için ortam sıcaklığını otomatik olarak ayarlayabilmektedir.

1 Öğretim Görevlisi, Uşak Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, ORCID: 0000-0002-0930-4081, ali.erbey@usak.edu.tr

IoT endüstriyel, ticari ve kişisel birçok alanda değişikliklere yol açmaktadır (Zheng, Apthorpe, Chetty, & Feamster, 2018). Özellikle son yıllarda ortaya çıkan akıllı ev teknolojileri, kullanıcıların evdeki cihazları uzaktan kontrol etmelerine olanak tanımaktadır. Kişiler evlerinin aydınlatma, güvenlik sistemleri ve ısıtma gibi unsurlarını, mobil uygulamalar veya sesli komutlarla yönetebilmektedir. IoT ile evler yönetilebilirken şehirler de yönetilebilmektedir. Bu sayede IoT, şehirlerin daha verimli ve yaşanabilir hale gelmesine yardımcı olmaktadır. Trafik yönetim sistemleri, çevre izleme, enerji yönetimi gibi uygulamalar, şehirlerin kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanmasını sağlamaktadır.

Sağlık sektöründe ise IoT hasta takibi, uzaktan sağlık hizmetleri ve acil durum yönetimi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Scarpato, Pieroni, Di Nunzio, & Fallucchi, 2017). Giyilebilir cihazlar, kullanıcıların sağlık verilerini izleyerek doktorlarla paylaşımlarına olanak tanımaktadır.

Tarımda verimliliği artırmak için kullanılan akıllı sulama sistemleri ve sensörler gibi çözümler sunar (Mekala & Viswanathan, 2017; Ruan et al., 2019). Bu uygulamalar su ve enerji tasarrufu sağlarken ürün kalitesini de artırmaktadır. Ayrıca, üretim süreçlerini optimize etmek için veri toplama ve analiz etme yeteneği sunarak sanayi devriminde önemli bir rol oynamaktadır. Akıllı fabrikalar, otomatikleştirilmiş üretim hatları ve uzaktan izleme sistemleri gibi uygulamalar, maliyetleri düşürürken verimliliği artırmaktadır.

IoT'nin bu alanlardaki etkisi daha akıllı, daha verimli ve daha sürdürülebilir bir geleceği mümkün kılmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin benimsenmesiyle birlikte gelen zorluklar ve güvenlik endişelerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

1.1. IoT Nedir?

IoT, fiziksel nesnelerin internete bağlanarak veri toplama, iletme ve işleme yeteneğine sahip olduğu bir sistemdir. Bu kavram, dünya genelinde milyonlarca cihazın birbirleriyle iletişim kurmasını, veri alışverişinde bulunmasını ve etkileşimde bulunmasını mümkün kılar.

IoT, çeşitli bileşenlerden oluşur. Bunlar arasında sensörler, yazılımlar, bağlantı teknolojileri ve veri analizi yöntemleri yer alır. IoT sistemlerinin temel yapı taşları sensörler ve aktüatörlerdir. Sensörler, çevresel verileri toplar (sıcaklık, nem, ışık düzeyi vb.) ve aktüatörler bu verileri kullanarak fiziksel değişiklikleri yapabilir (örneğin, bir motoru çalıştırmak). Bu iş ve işlemlerin gerçekleşebilmesi için bütün cihazların birbirleri ile bağlantı halinde olması gerekmektedir.

Bağlantı protokolleri ile IoT cihazlar birbirleriyle ve internet ile iletişim kurabilmektedir. Bu protokoller Wi-Fi, Bluetooth gibi çeşitli teknolojileri içerebilir (Salman & Jain, 2019). Bağlantı halindeki bu cihazlardan elde edilen veriler bulut veya yerel sunucularda analiz edilerek veri işleme ve analiz sürecine tabi tutularak anlamlı bilgilere dönüştürülür. Bu işlem, kullanıcıların karar verme süreçlerine yardımcı olabilecek yapıyı sağlamaktadır. Tüm bu süreçler kullanıcıların etkileşimde olabildiği kullanıcı arayüzleri ile gerçekleşmektedir. Bu arayüzler kullanıcıların IoT cihazları yönetmelerine ve izlemelerine olanak tanımaktadırlar. İyi yapılandırılmış mobil uygulamalar, web arayüzleri veya sesli asistanlar gibi arayüzler ise kullanıcı deneyimini artırmaktadır (Ahn & Park, 2018).

1.2. IoT'nin Önemi ve Etkisi

IoT, günümüzde hem bireysel hem de kurumsal düzeyde önemli değişimlere ve yeniliklere yol açmaktadır. IoT, süreçleri otomatikleştirerek insan müdahalesini azaltmakta ve verimliliği artırmaktadır. Cihazlar, gerçek zamanlı veri toplama ve izleme yeteneği sayesinde, kullanıcıların durumu anında değerlendirmesine olanak tanır ve toplanan veriler, daha bilinçli ve veri odaklı kararlar alınmasına yardımcı olur. Böylece kaynak kullanımı optimize edilerek maliyetler düşülebilmektedir.

Bireysel olarak insan yaşantısı üzerindeki etkilerine bakıldığında konfor ve kolaylık sağlama, kişiselleştirilmiş deneyimler ile yapılandırılmış ortamın yaratılması, sağlık süreçlerinin izlenebilirliğinin sağlanması ilk etapta karşımıza çıkan etkiler olarak söylenebilir. Akıllı evler, akıllı termostatlar konfor ve kolaylığı sağlarken alışkanlıklara ve ruhsal durumlara göre müzik ve film önerileri kişiselleştirilmiş deneyimleri sağlamaktadır. Giyilebilir cihazlar ise erken teşhis süreçleri gerçekleştirilebilmesi, böylece bireylerin sağlık durumlarının takibi sağlamaktadır. Bu vb. süreçler IoT'nin bireysel düzeyde önemine vurgu yapmaktadır.

IoT kurumsal düzeyde verimlilik ve üretkenlik, maliyet tasarrufu ve karar verme süreçlerinde önemli roller oynamaktadır. Endüstriyel IoT uygulamaları, üretim süreçlerini otomatikleştirerek verimliliği artırmakta gerçek zamanlı veri analizi yaparak süreçlerdeki aksaklıkların hızlı bir şekilde tespit edilmesine ve çözülmesine olanak tanımaktadır. Maliyet tasarrufu konusunda, IoT sistemleri, enerji tüketimini izleyerek maliyetleri düşürme fırsatları sunmaktadır. Özellikle akıllı enerji yönetimi, işletmelerin enerji israfını azaltmalarını sağlamaktadır. Karar verme süreçlerinde ise, büyük veri analitiği ile desteklenen karar verme süreçlerini iyileştirmektedir. İşletmeler, topladıkları verileri analiz ederek stratejik kararlar alabilir ve pazardaki değişimlere hızlı bir şekilde yanıt verebilmektedir.

IoT'nin ekonomik etkilerine bakıldığında ise, en önemli etkisi yeni iş modellerinin ortaya çıkmasıdır. IoT, birçok sektörde yeni iş fırsatları ve modellerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Son yıllarda ürünlerin uzaktan izlenmesi ve yönetilmesi, “as a service” (hizmet olarak) iş modelinin yaygınlaşmasına yol açmıştır (Asir, Manohar, Anandaraj, & Sivaranjani, 2016). Bu vb. iş olanakları istihdam fırsatı olarak yansımaktadır. IoT'nin büyümesi, yazılım geliştirme, veri analizi, siber güvenlik gibi alanlarda yeni istihdam fırsatları yaratmaktadır. Bu durum, iş gücü piyasasında dönüşüme yol açmaktadır.

IoT'nin çevresel etkilerine baktığımızda sürdürülebilirlik ön plana çıkmaktadır. IoT uygulamaları, kaynakların daha verimli kullanılmasına olanak tanır. Akıllı tarım sistemleri su ve enerji tüketimini optimize ederken tarımsal verimlilik artmaktadır. Aynı zamanda çevresel etkilerde atık yönetimi düzenleyebilmektedir. Akıllı şehir projeleri, atık yönetimini optimize etmek için sensörler kullanarak atık miktarını izleyebilmektedir. Böylece, geri dönüşüm oranlarını artırılabilir ve çevresel etkileri azaltılabilir.

Son yıllarda gelişen yapay zekâ, makine öğrenimi ve veri analitiği gibi teknolojilerle entegrasyon, daha akıllı ve etkileşimli sistemlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Teknolojik bağlamda olumlu etkisi olarak bakılabilecek bu süreçler varken aynı zamanda IoT'nin yaygınlaşması, siber güvenlik tehditlerini de beraberinde getirmektedir. Cihazların güvenliği, veri gizliliği ve güvenlik protokolleri üzerinde ciddi çalışmalar yapılması gerekmektedir.

IoT, bireyler işletmeler ve toplumlar için önemli fırsatlar sunarken aynı zamanda bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. IoT ile verimli, sürdürülebilir bir dünya oluşturulabilir. Ancak, bu teknolojilerin güvenli bir şekilde kullanılması ve olası risklerinde önüne geçilmesi gerekmektedir.

2. Nesnelerin İnterneti Tarihçesi

2.1. İlk Yıllar

IoT kavramı teknoloji ve iletişimdeki köklü gelişmelerin bir yansıması olarak ortaya çıkmıştır. IoT'nin temelleri, 1960'lı yıllarda bilgisayar ağlarının gelişmesiyle atılmıştır. Bu dönemde, bilgisayarlar arası veri paylaşımı ve iletişimin sağlanmasına yönelik çalışmalar yoğunlaşmıştır. Özellikle ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network), modern internetin temelini atan ve bilgisayarlar arasında iletişimi mümkün kılan ilk ağ sistemi olarak öne çıkmıştır (Roberts, 1988).

1982 yılında Carnegie Mellon Üniversitesi'nden bir grup mühendis, bir Coca-Cola otomatını uzaktan izleyebilen bir sistem geliştirmiştir (England, 2020). Bu otomat, içeceklerin sıcaklıklarını ve stok durumlarını internet üzerinden gösteren internete bağlı ilk akıllı cihaz olma özelliğine sahiptir. Bu gelişme, fiziksel nesnelerin internetle bağlantı kurma potansiyelini ortaya koyarak IoT'nin yolunu açmıştır.

1999 yılında MIT'den Kevin Ashton, "Nesnelerin İnterneti" terimini ilk kez kullanarak fiziksel nesnelerin internet aracılığıyla veri toplayabileceği ve iletişim kurabileceği fikrini ortaya atmıştır (Ashton, 2009). Ashton'ın bu kavramsallaştırması, özellikle RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) teknolojisinin gelişmesiyle ivme kazanmış ve nesnelerin izlenmesi ve tanımlanmasında devrim yaratmıştır.

2000'li yıllara geldiğinde IoT uygulamaları hızla yaygınlaşmaya başlamıştır. 2005 yılında Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), IoT'yi geleceğin iletişim paradigması olarak tanıtmış ve bu süreçte çeşitli kuruluşlar IoT teknolojileri için standartlar ve protokoller geliştirmeye başlamıştır. Bu standartlar, cihazların birbirleriyle uyum içinde çalışabilmelerini sağlamış ve IoT'nin yaygınlaşmasını hızlandırmıştır.

Günümüzde, IoT'nin etkisi her alanda hissedilmektedir. Akıllı evler, sağlık hizmetleri, tarım ve endüstri gibi birçok sektörde IoT uygulamaları aktif olarak kullanılmaktadır. 5G teknolojisi ve yapay zekâ entegrasyonu, IoT'nin gelecekteki gelişimini hızlandıracak önemli faktörlerdir. Bu teknolojilerin birleşimi, daha akıllı ve etkileşimli sistemlerin oluşmasına olanak tanıyacaktır.

IoT teknoloji ve iletişim alanındaki önemli gelişmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. İlk dönemlerde ortaya çıkan temel kavramlar ve teknolojiler, günümüzdeki gelişmeleri şekillendirmiştir. IoT'nin tarihçesi, bu alandaki yeniliklerin ve uygulamaların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır.

2.2. Teknolojik İlerlemeler

IoT teknolojisinin gelişimi, çeşitli yenilikçi teknolojik ilerlemelere dayanır. Bu gelişmeler, IoT'nin ana bileşenlerinin ve uygulamalarının oluşumunda önemli bir etki yaratmıştır. İnternet ve ağ teknolojilerindeki gelişmeler, süreci hızlandıran etkilere biridir. Özellikle internetin gelişimi, IoT'nin en temel bileşenlerinden biridir. 1980'lerde başlayan ARPANET, sonrasında TCP/IP protokollerinin ortaya çıkması, cihazların veri iletimi için gerekli olan altyapıyı sağlamıştır. Bu ağ teknolojileri, IoT cihazlarının internete bağlanmasını ve veri paylaşımını mümkün kılmaktadır. İnternet ve ağ alt yapısının ardından donanımsal olarak mikroelektronik ve nanoteknoloji alanındaki ilerlemeler, daha küçük, daha ucuz ve daha hassas sensörlerin geliştirilmesine olanak

tanımıştır. Bu sensörler, fiziksel ortamdan veri toplama ve bu verileri işleme kapasitesine sahip olmaları sayesinde, IoT uygulamalarının yaygınlaşmasına öncü rol oynamaktadır.

Sensörlerin akıllı hale gelmesi ise, yerel verileri işleyebilme yeteneği kazanmaları ile mümkün olmuştur. Bu tür sensörler, bağlı oldukları sistemler üzerinde daha fazla kontrol sağlamaktadır. İnternet alt yapısı ile sensörler gelişirken radyo frekansı ile tanımlama (RFID) teknolojisi nesnelerin tanımlanması ve izlenmesi için önemli bir araç haline gelmiştir. 2000’li yıllarda RFID sistemlerinin maliyetinin düşmesi ve etkinliğinin artması perakende, lojistik ve sağlık sektörlerinde IoT uygulamalarının yaygınlaşmasına yardımcı olmuştur. RFID, fiziksel nesnelerin internet üzerinde tanımlanmasını ve izlenmesini kolaylaştırarak otomasyon süreçlerini hızlandırmıştır (Chen & Jin, 2012). Cihazların birbiri ile iletişimi artarken ortaya çıkan verilerin depolanması için yeni bileşenlerin devreye girmesi gerekmiş bunun çözüm için ise bulut bilişim ortaya çıkmıştır.

Bulut bilişim, IoT ekosisteminin kritik bir parçası haline gelmiştir. Cihazlardan gelen büyük veri yığınlarının işlenmesi ve saklanması için bulut altyapıları tercih edilmektedir. Bulut teknolojilerinin gelişimi, IoT uygulamalarının veri analitiği, depolama ve erişim konularında daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. (Cai, Xu, Jiang, & Vasilakos, 2016). Bulut bilişim, cihazların veri paylaşımını kolaylaştırırken, ölçeklenebilirliği ve maliyet etkinliğini artırmaktadır. Bulut bilişim ile depolanan verilerin anlamlandırılması ve analiz edilmesi, işletmelerin daha bilinçli kararlar almasına olanak tanımaktadır. Veri analitiği teknolojilerinin gelişimi, IoT verilerinin daha etkili bir şekilde işlenmesini ve bu verilerden fayda sağlanmasını mümkün kılmıştır. Makine öğrenimi ve yapay zekâ, veri analitiği süreçlerini destekleyerek IoT uygulamalarını daha akıllı hale getirmiştir. Tüm bu süreçler, uygulamaları akıllı hale getirerek teknolojinin nihai amacı olan insan yaşamını kolaylaştırırken riskleri de beraber getirmektedir.

IoT’nin yaygınlaşmasıyla birlikte güvenlik ve veri gizliliği konuları daha da önem kazanmıştır. 2000’li yılların ortalarından itibaren IoT cihazları için özel güvenlik protokolleri ve şifreleme teknolojileri geliştirilmiştir. Bu teknolojiler, veri iletimi sırasında güvenliği artırmakta ve siber saldırılara karşı koruma sağlamaktadır.

Son yıllarda 5G teknolojisinin geliştirilmesi, IoT’nin hızını ve verimliliğini artırmak için önemli bir adım olmuştur. 5G, daha yüksek hız ve daha düşük gecikme süreleriyle daha fazla cihazın aynı anda bağlanabilmesine imkân tanımaktadır. Bu özellikler, IoT uygulamalarının daha geniş bir yelpazede kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, LPWAN (Düşük Güç Geniş

Alan Ağı) gibi yeni iletişim protokolleri, IoT cihazlarının enerji verimliliğini artırarak uzun süreli kullanımı sağlamaktadır.

Teknolojik ilerlemeler, IOT'nin evrimini ve yaygınlaşmasını destekleyen temel unsurlardır. İnternet, sensör teknolojileri, bulut bilişim ve veri analitiği gibi alanlardaki gelişmeler, IoT'nin potansiyelini artırmakta ve çeşitli sektörlerde devrim niteliğinde değişikliklere yol açmaktadır. IoT'nin gelecekteki gelişimi, bu teknolojilerin entegrasyonu ve yenilikçi uygulamaların ortaya çıkması ile şekillenecektir.

IoT, günümüzde hızla gelişen bir teknoloji alanı haline gelmiştir. IoT uygulamaları, bireylerin günlük yaşamlarında, işletmelerin operasyonlarında ve kamu hizmetlerinde önemli bir rol oynamaktadır.

Bugün, dünya genelinde milyarlarca IoT cihazı bulunmaktadır. Akıllı telefonlar, akıllı ev aletleri, giyilebilir cihazlar, sensörler ve endüstriyel makineler gibi çeşitli ürünler, insanların yaşamlarını ve iş süreçlerini dönüştürmektedir. Örneğin, 2023 yılı itibarıyla, global IoT cihaz sayısının 30 milyardan fazla olduğu tahmin edilmektedir. Bu sayı, gelecekte daha da artması beklenen bir trendi yansıtmaktadır. IoT; akıllı ev teknolojileri, enerji yönetimi, güvenlik sistemleri, giyilebilir teknolojiler ve uzaktan sağlık izleme sistemleri, akıllı fabrikalar, akıllı tarım uygulamaları gibi birçok sektörde geniş uygulama alanlarına sahiptir. Bütün bu sektörlerde yer alan IoT küresel bir etkiye sahip olmaktadır.

Günümüzde IoT'nin küresel etkisi, iş süreçlerini dönüştürmekle kalmayıp, sosyal ve ekonomik yapıları da değiştirmektedir. IoT, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeyi desteklerken, gelişmiş ülkelerde ise üretkenliği artırmaktadır. Ayrıca, IoT çözümleri, çeşitli sosyal sorunlara çözüm üretme potansiyeline sahip olabilir; trafik yönetimi, enerji tasarrufu ve sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesi vb.

IoT, günümüzde birçok sektörde önemli bir yer tutmakta ve bireylerin yaşamlarını dönüştürmektedir. Ancak, bu teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte güvenlik ve gizlilik konularında da dikkatli olunması gerekmektedir. IoT'nin geleceği teknoloji ve inovasyonun birleşimiyle şekillenecek ve daha akıllı, sürdürülebilir bir dünya yaratma potansiyeli sunacaktır.

3. Temel Bileşenler

3.1. Sensörler ve Aktüatörler

IoT sistemlerinin temel bileşenleri arasında sensörler ve aktüatörler önemli bir yer tutmaktadır. Bu bileşenler, fiziksel dünyayı algılamak, verileri

toplamak ve bu verilere dayalı olarak eylem gerçekleştirmekte kritik rol oynamaktadır.

Sensörler, çevresel verileri toplamak ve bu verileri dijital forma dönüştürmek için kullanılan cihazlardır. Sensörlerin belirli sınırlılıkları olsa da (Sinche et al., 2020) çeşitli ölçümler yapılabilmektedir. Sensörler, çeşitli fiziksel değişkenleri ölçebilir ve bu ölçümleri belirli bir arayüz üzerinden iletebilmektedirler.

Sensörlerin farklı türleri bulunmaktadır. Sıcaklık sensörleri, ortam sıcaklığını ölçebilirler ve genellikle HVAC sistemlerinde kullanılırlar. Nem sensörleri, havadaki nem oranını ölçerek iklim kontrol sistemlerinde kullanılırlar. Işık sensörleri, ortamın aydınlık düzeyini belirler ve akıllı aydınlatma sistemlerinde kullanılırlar. Hareket sensörleri, fiziksel hareketi algılar ve güvenlik sistemlerinde yaygın olarak kullanılırlar. Basınç sensörleri, hava basıncını ölçerek meteorolojik uygulamalarda kullanılırlar.

Sensörler, fiziksel çevrelerinden aldıkları verileri elektrik sinyallerine dönüştürür. Bu sinyaller daha sonra IoT sistemlerine iletilir, burada analiz edilir ve gerekli eylemler gerçekleştirilir. Örneğin, bir sıcaklık sensörü ortamın sıcaklığını algılayarak bu bilgiyi bir bulut sunucusuna gönderebilir.

Aktüatörler ise sensörlerden gelen verileri işleyerek fiziksel değişiklikler yapan cihazlardır. Sensörler tarafından sağlanan bilgiye dayalı olarak belirli bir eylemi gerçekleştirebilirler. Genellikle mekanik veya elektriksel güç kullanarak hareket ederler.

Aktüatörlerinde sensörler gibi farklı türleri bulunmaktadır. Elektrik motorları, dönme hareketi sağlamak için elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürebilirler. Hidrolik ve pnömatik aktüatörler, sıvı veya gaz basıncı kullanarak hareket sağlamaktadırlar. Isıtıcılar, ortamın sıcaklığını artırmak için kullanılırlar. Valfler, akış kontrolü sağlar, örneğin, su veya gaz akışını açma/kapama işlevi görür.

Aktüatörler, belirli bir kontrol sinyalini alarak fiziksel bir hareket gerçekleştirirler. Örneğin; bir termostatın sıcaklık sensörü, ortamın sıcaklığı belirli bir seviyenin altına düştüğünde ısıtıcıyı açmak için bir aktüatör sinyali gönderir. Bu şekilde, ortam sıcaklığı istenen seviyeye getirilir.

Sensörler ve aktüatörler, IoT sistemlerinin temel bileşenleri olarak kritik bir rol üstlenmektedir. Veri toplama sürecinde sensörler, çevresel koşulları sürekli izleyerek veri toplar. Bu veriler, IoT sistemlerinin karar alma süreçlerine temel teşkil eder. Otomasyon ve kontrol sürecinde aktüatörler, sensörlerden gelen verileri kullanarak otomatik eylemler gerçekleştirir. Bu, sistemlerin verimliliğini artırarak insan müdahalesini azaltır. Gerçek zamanlı

izleme sürecinde ise sensörler ve aktüatörler birlikte çalışarak, kullanıcıların ortamı gerçek zamanlı olarak izlemelerine ve yönetmelerine olanak tanır. Akıllı sistemlerin ortaya çıkmasında ise sensörler ve aktüatörler ile sistemler akıllı ve etkileşimli hale gelmektedir. Bu, enerji tasarrufu, güvenlik ve konfor gibi alanlarda önemli faydalar sunmaktadır

Sensörler ve aktüatörler, IoT sistemlerinin temel bileşenleridir. Bu bileşenler, fiziksel verilerin toplanması ve bu verilere dayalı eylemlerin gerçekleştirilmesi için kritik bir rol oynamaktadır. IoT uygulamalarında sensörler ve aktüatörler verimlilik, otomasyon ve akıllı kontrol sistemleri sağlamak için vazgeçilmez unsurlardır.

3.2. Bağlantı Protokolleri

IoT sistemlerinde, cihazların kendi aralarında ve bulut hizmetleriyle verimli bir şekilde iletişim kurmasını sağlamak için bağlantı protokolleri hayati bir önem taşımaktadır. Bu protokoller, veri iletiminde kullanılan kurallar ve standartlar setidir (Salman & Jain, 2019; Sinche et al., 2020). Farklı IoT uygulamaları için uygun bağlantı protokolü seçimi, sistemin verimliliği ve güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu protokoller Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, MQTT olabilir.

3.2.1. Wi-Fi

Wi-Fi, kablosuz ağ iletişimi için en yaygın kullanılan protokollerden biridir. Yüksek veri hızları ve geniş alan kapsama alanı sunar. Yüksek veri aktarım hızı, geniş bir kullanıcı kitlesi ve destek mobil cihazlarla uyumluluğu avantajı olarak ön plana çıkarken enerji tüketiminin yüksek olması, kapsama alanının çevresel faktörlere bağlı olması dezavantajları olarak görülmektedir. Özellikle enerji tüketiminin yüksek olmasından dolayı pil ile çalışan cihazlarda önerilmez. Akıllı ev cihazları, Wi-Fi ile bağlı kamera sistemleri ve ofis otomasyonlarında kullanılmaktadır.

3.2.2. Bluetooth

Bluetooth, kısa mesafeli kablosuz iletişim için tasarlanmış bir protokoldür. Genellikle düşük enerji tüketimi ile öne çıkar. Düşük enerji tüketimi (Bluetooth Low Energy-BLE), kolay bağlantı ve düşük maliyet, kısa mesafelerde yüksek veri aktarım hızı avantajları olarak öne çıkarken kapsama alanının sınırlı olması (genellikle 10-100 metre) dezavantaj olarak görülmektedir. Giyilebilir cihazlar, akıllı telefonlarla bağlantılı aksesuarlar, ev otomasyonu sistemlerinde kullanılmaktadır.

3.2.3. Zigbee

Zigbee, az enerji tüketimi ve düşük veri aktarım hızları için geliştirilmiş bir kablosuz haberleşme protokolüdür. Düşük enerji tüketimi, uzun pil ömrü sağlaması, ağa bağlı cihaz sayısının yüksek olması (binden fazla cihaz), mesh topolojisi sayesinde genişletilebilir kapsama alanının olması avantajlarıdır. Dezavantajları ise düşük veri aktarım hızlarının olmasıdır. Akıllı aydınlatma sistemleri, ev otomasyonu, enerji izleme sistemlerinde kullanılmaktadır.

3.2.4. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)

LoRaWAN, düşük güç tüketimi ile uzun mesafelerde veri iletimi için tasarlanmış bir protokoldür. Genellikle şehirlerde ve kırsal alanlarda geniş alanlar için kapsama alanı sağlar. Uzun mesafelerde (10-15 km) veri iletimi, düşük enerji tüketimi ve büyük veri setlerini destekleme kapasitesi, avantajları olarak ön plana çıkmaktadır. Dezavantajları ise düşük veri aktarım hızı ve kapsama alanı için özel altyapı gerektirmesidir. Tarım, çevre izleme, akıllı şehir uygulamaları, akıllı sokak lambaları gibi uygulamalarda LoRaWAN protokolü tercih edilebilmektedir.

3.2.5. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

MQTT, düşük bant genişliği ve yüksek gecikmeye dayanıklılık gerektiren IoT uygulamaları için geliştirilmiş bir haberleşme protokolüdür. Diğer bağlantı protokollerine göre avantajları olarak; düşük enerji tüketimi ve bant genişliği kullanımı, iletim güvenliği ve bağlantı güvenilirliği ve yaygın olarak kullanılması söylenebilir. Yüksek bant genişliği gerektiren uygulamalarda uygun olmaması ise dezavantajı olarak değerlendirilebilir. Akıllı ev sistemleri, sanayi otomasyonu ve sağlık izleme alanlarında kullanılmaktadır.

3.2.6. CoAP (Constrained Application Protocol)

CoAP, kısıtlı kaynaklara sahip cihazlar için geliştirilmiş bir haberleşme protokolüdür. RESTful mimariye dayalıdır ve düşük güç tüketimi ile çalışır (Ansari, Rehman, & Ali, 2018). Düşük güç tüketimi, iyi bir performans sunması ve web standartları ile uyumlu olması diğer avantajları olarak görülmektedir. Kapsama alanı ve veri aktarım hızının sınırlı olması ise dezavantajı bağlamında değerlendirilebilir. Akıllı ev uygulamaları, sensör izleme sistemlerinde kullanılmaktadır.

Bağlantı protokolleri, IoT sistemlerinin başarısı için hayati öneme sahiptir. Uygulamanın gereksinimlerine uygun bir protokol seçimi, sistemin performansını ve güvenliğini doğrudan etkiler. Her protokolün kendi

avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle, IoT uygulamalarında doğru seçim yapılması önemlidir.

3.3. Veri Yönetimi ve Analitiği

IoT sistemleri, büyük miktarda veri üretir. Bu verilerin etkili bir şekilde yönetilmesi ve analiz edilmesi, IoT uygulamalarının başarısı için kritik öneme sahiptir (Mohindru, Mondal, & Banka, 2020). Veri yönetimi ve analitiği, toplanan verilerin anlamlandırılması, kullanılabilir bilgiye dönüştürülmesi ve karar alma süreçlerinde kullanılmasını sağlayan süreçlerdir.

IoT sistemleri sensörler ve cihazlar aracılığıyla sürekli olarak veri toplar. Bu veriler, çeşitli kaynaklardan gelir ve gerçek zamanlı, tarihsel veya etiketlenmiş veriler olabilir. Sensörlerden ve cihazlardan anlık olarak alınan verilere (örneğin, sıcaklık, nem, basınç) gerçek zamanlı veriler denilmektedir. Zamanla toplanan ve saklanan veriler tarihsel bağlamda değerlendirilebilir. Bu veriler, geçmiş eğilimlerin analizi için önemlidir. Cihazlar tarafından üretilen ve belirli bir anlam veya bağlam taşıyan veriler ise etiketlenmiş verilerdir. Bu verilerin toplama süreci, veri kaynağından (sensör, cihaz) verilerin uygun formatta toplanmasını ve sistemin veri tabanına veya bulut ortamına iletilmesini içermektedir.

Toplanan verilerin güvenli bir şekilde depolanması gerekmektedir. IoT sistemleri genellikle bulut depolama, yerel depolama veya hibrit depolama yöntemlerini kullanır. Bulut depolama, yüksek hacimli verilerin depolanmasını ve işlenmesini mümkün kılan merkezi bir sistemdir. Bulut hizmet sağlayıcıları, veri yedekleme, erişim ve analiz gibi olanaklar sunmaktadır. Yerel depolama, cihazların kendi belleklerinde veri saklamasıdır. Bu, hızlı erişim ve düşük gecikme süresi sağlar; ancak veri kaybı riski taşımaktadır. Hibrit depolama ise hem bulut hem de yerel depolama sistemlerinin kombinasyonunu içerir. Kritik veriler yerel olarak saklanırken, daha az önemli veriler buluta aktarılmaktadır. Aktarılan ve depolanan bu bilgiler veri işleme sürecinde anlamlandırılmaktadır.

Veri işleme, toplanan verilerin anlamlandırılması ve kullanılabilir bilgiye dönüştürülmesi sürecidir. Bu süreçte gerçek zamanlı işleme, büyük veri analizi veya veri madenciliği teknikleri kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı işleme, anlık olarak verilerin anında analiz edilmesini ifade etmektedir. Örneğin, bir sıcaklık sensörü, belirli bir eşiğin üstüne çıktığında alarm vermek için kullanılabilir. Büyük ve karmaşık veri setlerinin işlenmesi için gerekli olan analiz yöntemleri ise büyük veri analizi ile gerçekleştirilmektedir.

Apache Hadoop ve Apache Spark gibi araçlar, büyük veri analizi için yaygın olarak kullanılan araçlardır (Nazari, Shahriari, & Tabesh, 2019).

Verilerden gizli kalıpların ve ilişkilerin ortaya çıkarılması süreci ise veri madenciliği yöntemleri ile gerçekleştirilir. Veriler işlendikten sonra veri analitiği sürecine geçilir.

Veri analitiği, işlenmiş verilerin analiz edilerek karar alma süreçlerine katkıda bulunmasıdır. IoT uygulamalarında sıkça kullanılan analitik türleri tanımlayıcı analitik, tahminsel analitik ve preskriptif analitiktir. Tanımlayıcı analitik, geçmiş verileri inceleyerek mevcut durumu anlamaya yönelik analizdir şeklindedir. Örneğin, önceki enerji tüketim verileri ile mevcut tüketim karşılaştırılarak mevcut durumu anlama sürecine gidilebilir. Tahminsel analitik, geçmiş verilere dayanarak gelecekteki eğilimlerin tahmin edilmesine yardımcı olan analiz şeklindedir. Örneğin, bir cihazın arıza süresini tahmin etmek için geçmiş veriler kullanılabilir. Preskriptif analitik ise olası sonuçları değerlendirerek en iyi kararların alınmasını öneren analizdir. Örneğin, enerji tüketimini azaltmak için en uygun stratejileri belirlemek gibi.

Veri yönetimi ve analitiği, IoT sistemlerinin verimliliğini artırmak ve daha bilinçli kararlar almak için kritik öneme sahiptir. Toplanan verilerin doğru bir şekilde işlenmesi ve analiz edilmesi, IoT uygulamalarının etkinliğini artırarak bireyler ve işletmeler için değer yaratabilir.

4. Uygulama Alanları

4.1. Akıllı Evler

Akıllı ev teknolojileri, kullanıcıların konforunu artırmak ve enerji verimliliğini sağlamak amacıyla evdeki cihazların uzaktan kontrol edilmesine olanak tanır. Akıllı ev sistemleri çeşitli sensörler, aktüatörler ve bağlantı protokolleri kullanarak günlük yaşamı daha pratik ve güvenli hale getirir. Kullanıcılar, aydınlatma sistemlerini mobil uygulamalar aracılığıyla kontrol edebilirler. Işıkların otomatik olarak açılıp kapanması veya belirli bir zamanda belirli bir aydınlatma seviyesinin ayarlanması gibi özellikler, enerji tasarrufu sağlayabilir.

Akıllı kameralar ve hareket sensörleri, evin çevresini sürekli izleyerek anlık bildirimler gönderebilir. Kullanıcılar, uzaktan erişimle kameraların görüntülerini izleyebilir ve güvenlik durumunu kontrol edebilirler. Akıllı termostatlar, evin sıcaklığını dış hava koşullarına göre otomatik olarak ayarlar. Bu, hem konforu artırır hem de enerji maliyetlerini düşürebilir.

Bu tür sistemlerin kurulumu, kullanıcıların yaşam kalitesini artırırken enerji tüketimini optimize ederek çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur.

4.2. Akıllı Şehirler

Akıllı şehirler, şehirlerin yönetiminde teknoloji ve IoT uygulamalarının entegrasyonu ile daha verimli ve sürdürülebilir bir yaşam alanı oluşturmayı hedeflemektedir. Bu uygulamalar, şehir kaynaklarının yönetimini kolaylaştırırken vatandaşların yaşam kalitesini artırmaktadır. Akıllı trafik ışıkları, gerçek zamanlı veri analizi ile trafik akışını optimize ederek trafik yönetimini sağlayabilmektedir. Sensörler, trafik yoğunluğunu algılar ve ışık sürelerini buna göre ayarlar. Bu, sıkışıklığı azaltır ve ulaşım sürelerini kısaltmaktadır. Akıllı çöp kutuları, doluluk seviyesini izleyerek belediyelere ne zaman boşaltılması gerektiğini bildirmektedir. Bu, atık toplama maliyetlerini azaltarak ve çevre dostu bir yaklaşım sağlamaktadır.

Akıllı şebekeler, enerji tüketimini optimize etmek için IoT cihazlarından gelen verileri kullanarak verimli bir enerji yönetimi gerçekleştirebilmektedir. Bu sistemler, enerji talebini dengeleyerek maliyetleri düşürürken, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu artırmaktadır. Akıllı şehir uygulamaları hem yönetim verimliliğini artırır hem de yaşam alanlarını daha yaşanabilir hale getirmektedir.

4.3. Sağlık Hizmetleri

IoT, sağlık sektöründe önemli dönüşümlere neden olmaktadır. Uzaktan sağlık izleme sistemleri, giyilebilir cihazlar ve veri analitiği, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmakta ve hasta bakımını iyileştirmektedir. Kalp atış hızı, kan basıncı ve fiziksel aktivite gibi sağlık verilerini izleyen giyilebilir cihazlar, kullanıcıların sağlık durumlarını sürekli takip etmelerini sağlar. Kronik hastalığı olan bireyler sağlık verilerini evlerinden çıkmadan takip edebilirler. Doktorlar, hastalarının durumunu izleyebilir ve gerektiğinde hızlı bir şekilde müdahale edebilirler.

Hastaneler, IoT uygulamaları sayesinde hasta kayıtlarını ve tıbbi cihazları daha etkin bir şekilde yönetebilir. Sensörler, cihazların durumunu izleyerek bakım süreçlerini optimize edebilir. Bu ve vb. uygulamalar ile sağlık hizmetlerinde IoT, hastaların yaşam kalitesini artırırken, sağlık sistemlerinin verimliliğini de yükseltmektedir.

4.4. Tarım

IoT uygulamaları, tarım sektöründe verimliliği artırmak ve kaynakları daha etkin kullanmak noktasında önemli bir rol oynamaktadır. Akıllı tarım çözümleri, çiftçilere gerçek zamanlı veri sağlamaktadır. Akıllı sulama sistemleri ile toprak nem sensörleri, sulama ihtiyaçlarını belirler ve otomatik sulama sistemlerini yönetmektedir. Bu, su tasarrufu sağlarken bitkilerin

ihtiyaç duyduğu suyu da garanti eder. Hava durumu sensörleri, sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı gibi verileri toplayarak çiftçilere bilgi sağlamaktadır. Bu veriler, tarım uygulamalarının optimize edilmesine yardımcı olmaktadır.

Tarım makinelerine entegre edilen sensörler, ürünlerin verimini izlemektedir. Bu veriler, çiftçilere doğru hasat zamanını belirlemeleri konusunda yardımcı olmaktadır. Tarımda IoT uygulamaları, sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederken gıda güvenliğini artırır ve ekonomik kazanç sağlar.

4.5. Endüstriyel Uygulamalar

IoT, endüstriyel sektörde devrim niteliğinde değişikliklere yol açmaktadır. Akıllı fabrikalar, veri analitiği ve otomasyon sistemleri ile daha verimli üretim süreçleri sunmaktadır. Endüstriyel makineler, sensörler aracılığıyla sürekli olarak izlenir. Bu, bakım gereksinimlerinin önceden tahmin edilmesini sağlar ve arıza sürelerini azaltır.

Enerji tüketimini izleyen sistemler, enerji verimliliğini artırmak için kullanılabilir. Bu sistemler, enerji tüketimini optimize ederek maliyetleri düşürür. IoT otomasyon sistemleri ve robot teknolojilerinin entegrasyonunu artırır. Bu, üretim süreçlerini hızlandırır ve hataları azaltır. Endüstriyel uygulamalarda IoT, verimliliği artırmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Bu da rekabetçi endüstride önemli avantajlar elde edilmesini sağlar.

5. Güvenlik ve Gizlilik

5.1. IoT Sistemlerinde Güvenlik Sorunları

IoT sistemleri veri iletimi ve cihazlar arası iletişim açısından büyük potansiyele sahipken bu sistemlerin güvenliği ile ilgili birçok sorun da taşımaktadır. Bu sorunlardan biri zayıf veya varsayılan kimlik bilgilerinin kullanılmasıdır. Birçok IoT cihazı, zayıf veya varsayılan kimlik bilgileri ile korunmaktadır. Bu durum, yetkisiz kullanıcıların cihazlara kolaylıkla erişmesine olanak tanıyabilmektedir. Bir diğer güvenlik açığı veri iletimi güvenliğinin tam sağlanmamasıdır. IoT cihazları arasında veri iletimi sırasında, verilerin şifrelenmemesi veya yetersiz şifrelenmesi, siber saldırganların verilere erişmesine ve bu verileri manipüle etmesine neden olabilmektedir. Bir diğer güvenlik açığı ise güncellemelerin ihmal edilmesidir. IoT cihazları için yazılım güncellemeleri genellikle ihmal edilmektedir. Güvenlik açıklarını kapatacak güncellemelerin yapılmaması, cihazların saldırılara karşı daha savunmasız hale gelmesine yol açmaktadır. Son güvenlik açığı ise fiziksel güvenlik açığıdır. Birçok IoT cihazı, fiziksel olarak kolayca erişilebilen

yerlerde bulunmaktadır. Bu durum, kötü niyetli bireylerin cihazlara zarar vermesini veya verileri çalmasını kolaylaştırmaktadır.

5.2. Gizlilik Endişeleri

IoT sistemleri, bireylerin ve işletmelerin hassas verilerini toplamakta ve iletmektedir. Bu durum, gizlilikle ilgili önemli endişeleri beraberinde getirmektedir. Toplanan veriler kullanıcının izni olmadan kullanılabilir. Kullanıcıların davranışlarını ve alışkanlıklarını izlemek için toplanan veriler olabilir. Toplanan verilerin üçüncü şahıslarla paylaşılması, gizlilik ihlallerine yol açabilir. Kullanıcılar, verilerinin nerede ve nasıl kullanılacağını bilmeyebilir. IoT sistemleri yöneten kişilerin toplamış olduğu veriler, sistemi yönetenler tarafından kullanılabilir gibi yetersiz güvenlik önlemleri, kişisel verilerin sızmasına neden olabilir. Bu, kullanıcıların mahremiyetinin ihlal edilmesine ve olumsuz sonuçlara yol açabilir.

6. Gelecek Trendleri

6.1. IoT'deki Yenilikler

Nesnelerin İnterneti (IoT) sürekli olarak evrim geçirirken, teknolojik yenilikler ve uygulama alanlarındaki gelişmeler, bu alanın geleceğini şekillendirmektedir. Önümüzdeki yıllarda sensörlerin daha hassas ve enerji verimli hale gelmesi beklenmektedir. Yeni nesil sensörler, daha geniş veri setlerini toplayarak kullanıcıların ihtiyaçlarını daha iyi anlamaya yardımcı olacaktır. Toplanan verilerin gelişmiş veri analitiği teknikleri ile daha etkili bir şekilde işlenebilmesi sağlanabilir. İşlenen veriler aracılığıyla otonom araçlar, insansız hava araçları ve robotlar gibi otonom sistemlerin IoT ile entegrasyonu artacaktır. Bu sistemler, kendi başlarına veri toplayabilir ve analiz edebilir, bu da çeşitli endüstrilerde verimliliği artıracaktır.

IoT cihazlarının sayısının artmasıyla birlikte, bağlantı protokollerinin ve iletişim yöntemlerinin daha da geliştirilmesi beklenmektedir. Yeni nesil bağlantı çözümleri, daha hızlı ve güvenilir iletişim sağlamak için tasarlanacaktır. Şehirlerin akıllı hale gelmesi için IoT çözümleri daha fazla kullanılacaktır. Akıllı trafik sistemleri, enerji yönetimi ve çevresel izleme gibi uygulamalar, şehirlerin daha sürdürülebilir ve yaşanabilir olmasına katkıda bulunacaktır.

6.2. 5G ve IoT

5G teknolojisi, IoT'nin geleceği üzerinde büyük bir etkiye sahip olacaktır. 5G, daha yüksek veri hızları ve düşük gecikme süreleri sunarak IoT cihazlarının daha hızlı ve etkili bir şekilde iletişim kurmasına olanak tanır.

Bu, gerçek zamanlı veri iletimini ve uygulama performansını artırır. 5G, aynı anda daha fazla IoT cihazının bağlanmasına olanak tanır. Bu, özellikle akıllı şehirler ve endüstriyel uygulamalar için önemlidir. Çünkü çok sayıda cihazın aynı anda çalışabilmesi gerekir. 5G, daha güvenilir bağlantılar sunarak IoT sistemlerinin güvenliğini artırır. Bu, kritik uygulamaların daha güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlar. 5G, IoT cihazlarının enerji verimliliğini artırarak daha uzun pil ömrü sunar. Bu, özellikle giyilebilir cihazlar ve uzaktan izleme sistemleri için önemlidir. 5G, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) gibi yeni uygulamaların geliştirilmesine olanak tanır. Bu, IoT'nin çeşitli sektörlerde daha yenilikçi çözümler sunmasına yardımcı olacaktır.

6.3. Yapay Zekâ ile Entegrasyon

Yapay zekâ (YZ), IoT sistemlerinin gelişimini hızlandırmakta ve bu sistemlerin daha akıllı hale gelmesine olanak tanımaktadır. YZ, büyük veri setlerini analiz ederek desenleri tanıma ve tahmin yapma yeteneği sunabildiği için işletmelerin daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilecektir. IoT sistemleri, YZ algoritmaları sayesinde otomatik olarak kararlar alabilir. Örneğin, bir enerji yönetim sistemi, enerji tüketimini optimize etmek için verileri analiz ederek otomatik olarak ayarlamalar yapabilecektir. YZ, makinelerin ve cihazların arıza olasılıklarını tahmin edebilir. Bu, bakım maliyetlerini azaltır ve arıza sürelerini en aza indirebilir.

YZ, kullanıcıların alışkanlıklarını analiz ederek kişiselleştirilmiş deneyimler sunar. Akıllı ev sistemleri, kullanıcıların tercihlerini öğrenerek otomatik olarak ayarlamalar yapabilir.

YZ, IoT sistemlerinin güvenliğini artırmak için tehditleri tespit etme ve anormal davranışları analiz etme yeteneğine sahiptir. Bu, siber saldırılara karşı daha etkili bir koruma sağlar.

Gelecek trendleri IoT'nin evrimini şekillendiren yenilikçi gelişmeler, 5G teknolojisi ve yapay zekâ ile entegrasyonun birleşimi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu gelişmeler, IoT uygulamalarının daha akıllı, daha verimli ve daha sürdürülebilir hale gelmesine katkıda bulunacaktır. IoT'nin geleceği, bu teknolojilerin etkili bir şekilde entegrasyonuna bağlı olarak daha parlak bir yol haritası çizecektir.

7. Sonuç ve Öneriler

IoT, insanların yaşam tarzlarını, iş süreçlerini ve şehir yönetimini dönüştüren bir teknolojidir. IoT'nin geleceği, hızla gelişen teknolojik altyapılar, artan veri miktarları ve kullanıcıların ihtiyaçlarına yanıt verebilen akıllı sistemlerin entegrasyonu ile şekillenmektedir. 5G teknolojisinin

sağladığı hızlı ve güvenilir bağlantılar, IoT cihazlarının daha verimli bir şekilde çalışmasını sağlayarak yeni uygulama olanaklarını ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, YZ ile entegrasyon, IoT sistemlerinin daha akıllı hale gelmesine ve daha iyi karar alma süreçlerine olanak tanımaktadır.

Önümüzdeki yıllarda IoT'nin sağlık, tarım, enerji yönetimi ve akıllı şehir uygulamaları gibi alanlarda daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Bu durum, sürdürülebilirlik ve verimlilik konularında önemli katkılar sunarak toplumsal fayda sağlayacaktır. Ancak, bu dönüşüm sürecinde güvenlik ve gizlilik sorunlarının çözülmesi, IoT'nin benimsenmesi ve etkinliği için kritik bir öneme sahiptir. Özellikle güvenlik önlemlerinin güçlendirilmesi gerekmektedir. IoT sistemlerinde güvenliği artırmak için cihaz üreticileri, yazılım geliştiricileri ve kullanıcılar arasında iş birliği sağlanmalıdır. Kullanıcıların bilinçlendirilmesi, güçlü kimlik doğrulama yöntemleri ve düzenli yazılım güncellemeleri gibi önlemler, güvenliği risklerini azaltabilir. Ayrıca kullanıcı verilerinin nasıl toplandığı, saklandığı ve kullanıldığı hakkında şeffaflık sağlanmalıdır. Veri gizliliği politikaları geliştirilerek kullanıcı güveni artırılmalıdır. Kullanıcılarda IoT teknolojileri hakkında eğitim programları ve farkındalık kampanyaları yapılmalı, kullanıcılarda bu programlara aktif olarak katılmalıdır. Hem kullanıcılar hem de geliştiriciler için bilgi ve beceri geliştirme fırsatları sağlanmalıdır.

IoT günden güne insanların yaşamında önemli yer edinmektedir. Bu bağlamda IoT alanında yeni teknolojilerin ve uygulamaların geliştirilmesi için daha fazla araştırma ve geliştirme çalışması yapılmalıdır. Bu yaklaşım, yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasını sağlayacak ve mevcut sorunlara daha iyi yanıtlar sunacaktır. Kişiler tarafından IoT'nin benimsenmesini destekleyecek politika ve düzenlemelerin oluşturulması gerekmektedir. Bu, kullanıcıların haklarını koruyarak güvenli ve sürdürülebilir bir ortam yaratılmasına katkıda bulunacaktır. IoT uygulamaları, sağlık, tarım, enerji ve ulaşım gibi çeşitli sektörlerde daha etkili hale gelmek için disiplinler arası iş birliğini gerektirmektedir. Bu iş birliği, sistemlerin entegrasyonunu ve veri paylaşımını kolaylaştıracaktır.

IoT bireyler, işletmeler ve toplum için büyük fırsatlar sunan bir teknoloji alanıdır. Ancak, bu fırsatların gerçekleştirilmesi için güvenlik, gizlilik ve sürdürülebilirlik konularına dikkat edilmesi gerekmektedir. IoT'nin geleceği, yenilikçi çözümler ve iş birlikleri ile daha parlak bir yol haritasına sahip olacaktır.

Kaynakça

- Ahn, M., & Park, N. (2018). A Study on UI prototyping based on personality of things for interusability in IoT environment. *Journal of the HCI Society of Korea*, 13(2), 31–44.
- Ansari, D. B., Rehman, A.-U., & Ali, R. (2018). Internet of things (iot) protocols: a brief exploration of mqtt and coap. *International Journal of Computer Applications*, 179(27), 9–14.
- Ashton, K. (2009). That ‘internet of things’ thing. *RFID Journal*, 22(7), 97–114.
- Asir, T. R. G., Manohar, H. L., Anandaraj, W., & Sivaranjani, K. N. (2016). IoT as a service. In *International Conference on Innovations in information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)* (Vol. 3, pp. 1093–1096).
- Cai, H., Xu, B., Jiang, L., & Vasilakos, A. V. (2016). IoT-based big data storage systems in cloud computing: perspectives and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(1), 75–87. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2619369>
- Chen, X.-Y., & Jin, Z.-G. (2012). research on key technology and applications for internet of things. *Physics Procedia*, 33, 561–566. <https://doi.org/10.1016/J.PHPRO.2012.05.104>
- England, S. K. (2020). *Internet of things device cybersecurity and national security*. Utica College.
- Mekala, M. S., & Viswanathan, P. (2017). A Survey: Smart agriculture IoT with cloud computing. In *2017 international conference on microelectronic devices, circuits and systems (ICMDCS)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMDCS.2017.8211551>
- Mohindru, G., Mondal, K., & Banka, H. (2020). Internet of things and data analytics: A current review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3), e1341.
- Nazari, E., Shahriari, M. H., & Tabesh, H. (2019). BigData analysis in healthcare: Apache hadoop, apache spark and apache flink. *Frontiers in Health Informatics*, 8(1), e14. <https://doi.org/10.30699/fhi.v8i1.180>
- Paul, A., & Jeyaraj, R. (2019). Internet of things: A primer. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(1), 37–47.
- Roberts, L. (1988). The Arpanet and computer networks. In *A history of personal workstations* (pp. 141–172).
- Ruan, J., Jiang, H., Zhu, C., Hu, X., Shi, Y., Liu, T., Chan, F. T. S. (2019). Agriculture IoT: Emerging trends, cooperation networks, and outlook. *IEEE Wireless Communications*, 26(6), 56–63. <https://doi.org/10.1109/MWC.001.1900096>
- Salman, T., & Jain, R. (2019). A survey of protocols and standards for internet of things. *ArXiv Preprint ArXiv:1903.11549*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1903.11549>

- Scarpato, N., Pieroni, A., Di Nunzio, L., & Fallucchi, F. (2017). E-health-IoT universe: A review. *Management*, 21(44), 46.
- Sinche, S., Raposo, D., Armando, N., Rodrigues, A., Boavida, F., Pereira, V., & Silva, J. S. (2020). A survey of IoT management protocols and frameworks. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 22(2), 1168–1190. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2943087>
- Zheng, S., Apthorpe, N., Chetty, M., & Feamster, N. (2018). User perceptions of smart home IoT privacy. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2(CSCW), 1–20. <https://doi.org/10.1145/3274469>