IV. KISIM - PART IV

TIPTA DİJİTALLEŞME

DIGITALIZATION IN MEDICINE

21. BÖLÜM / CHAPTER 21

NESNELERİN İNTERNETİ: ALTYAPI VE YÖNTEMLER#

INTERNET OF THINGS: INFRASTRUCTURE AND METHODS

Murat TEKBAŞ*, Sevinç GÜLSEÇEN**

*MSc. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enformatik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
E-mail: murattekbas@outlook.com

**Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, Enformatik Bölümü, İstanbul, Türkiye
E-mail: gulsecen@istanbul.edu.tr

#Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.
Proje numarası: SBA-2019-29686

DOI: 10.26650/B/ET07.2021.003.21

ÖZ

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler hayatımızın her alanına etki ederek; günlük hayatımızı kolaylaştırmaya yönelik çözümlerin üretilmesine ve yaşantımızı daha kolay bir hale getirmeye yardımcı olmaktadır. Yaşadığımız şehir, çalıştığımız ortam, sağlık hizmeti aldığımız kurumlar gibi etkileşimde olduğumuz neredeyse her alan teknolojinin gelişmesiyle bir değişime uğramaktadır. Bu değişimin şüphesiz ki en önemli unsurları veri ve bilgidir. Bilginin insanlar arasında aktarımı tarih boyunca çivi yazısı, papirüs, matbaa gibi çeşitli yollarla sağlanmış ve yayılma hızı ise teknolojiye bağlı olarak artmıştır. Elektronik alanındaki gelişmeler çevreden veri toplayabilen algılayıcıların çok daha az maliyetle üretilmesini mümkün kılmıştır. Haberleşme teknolojilerinin çeşitlenmesi ise algılayıcıların topladığı verilerin başka cihazlara aktarılabilmesine olanak sağlamış ve verilerin analiz edilmesi sonucunda bilgi üretilmesini sağlamıştır. Bilgi, önceleri sadece insanlar arasında aktarılmaktayken günümüzde artık diğer canlı ya da cansız varlıklar –bir başka deyişle nesneler- arasında da aktarılabilir duruma gelmiştir. Nesnelerin interneti adı verilen teknolojinin temelini bu veri paylaşımı oluşturmaktadır. Nesnelerin veri iletişimi yapabilmeleri sistemlerin insan müdahalesine gerek kalmadan tanımlanmış iş kurallarını uygulayabilmelerini sağlamıştır. Böylece endüstri, lojistik, sağlık, enerji sistemleri, ev otomasyonu, tarım gibi alanlarda ortam değişikliklerini algılayan ve bu verileri diğer cihazlara aktarabilen sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. Akıllı sistemler olarak da adlandırılan bu sistemler sayesinde insan müdahalesine gerek kalmadan kendi kendini yönetebilen yaşam ve iş alanları tasarlanabilmektedir. Bu bölümde nesnelerin interneti teknolojisinin ne olduğu, hangi bileşenlerden oluştuğu ve sağlanan faydalar anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri, nesnelerin interneti, haberleşme teknolojileri, algılayıcı, akıllı sistem

ABSTRACT

Technological developments in recent years have affected every area of our lives. It helps in producing solutions to make our daily lives easier and simpler. Almost every area we interact with, like the city we live in, the environment we work in, the institutions we receive health care in, is undergoing a change with the development of technology. Undoubtedly, the most important elements of this change are data and information. The transfer of information among people has been achieved in various ways such as cuneiform, papyrus, printing press throughout the history. Importantly, the speed of its spread has increased depending on technology. Developments in the field of electronics have made it possible to produce sensors that can collect data from the environment at much less costs. The diversification of communication technologies enabled the data collected by the sensors to be transferred to other devices, and these data to be analyzed and the information to be produced as a result. Although information was transmitted only among people before, it is now also transferable between other living or inanimate beings –in other words, things. This data sharing forms the basis of a technology called Internet of Things. The ability of the objects to communicate with the data enabled the systems to apply the defined business rules without the need for human intervention. Thus, systems that can detect changes in the environment such as industry, logistics, health, energy systems, home automation, agriculture, and transfer these data to other devices have begun to be developed. Thanks to these systems that are also called smart systems, self-managing living and business spaces can be designed without the need for human intervention. This section explains what the Internet of Things technology is, what its components are, and the resulting benefits.

Keywords: Data, Internet of Things, communication technology, sensor, smart system

1. Nesnelerin İnterneti

İlk olarak 1960'lı yıllarda Amerikan Savunma Bakanlığı bünyesinde çok az sayıda cihazın haberleşmesine olanak veren bilgisayar ağı internetin temelini oluşturmuştur. Bu ağ, olası bir nükleer savaş esnasında geleneksel haberleşme yöntemlerinin kesilmesi durumunda alternatif bir bilgi ve haberleşme yolu olarak hizmet vermek adına oluşturulmuştur (Yıldırım, 2014). Sonraki yıllarda Ulusal Bilim Vakfı Ağı gibi diğer başka ağlar da eklenerek küresel bir ağa dönüşmeye başlamış ve insanların bilgiyi saklama, paylaşma ve hızlıca erişebilme isteği sayesinde yayılma hızı artmıştır (Polat, 2014). Günümüzde birçok bilgisayar sisteminin birbirine bağlı olduğu ve sürekli büyüyen bu iletişim ağına internet denilmektedir. İnternet sayesinde bilgiye kolay, ucuz ve hızlı erişim sağlanabilmektedir. Bilginin internet üzerinde paylaşılması, elektronik postalar aracılığıyla iletişimin hızlanması, sonrasında elektronik ticaret ve sosyal medya gibi yeni kavramların hayatımıza girmesiyle günümüzde neredeyse her alanda internet yer almaktadır. İnternet iletişiminin temelinde çoğunlukla insan faktörü rol oynamıştır. Yazı, resim, video gibi dijital formata dönüştürülen veriler insanlar tarafından internete yüklenmiş ve diğer insanlarla paylaşılmıştır. İnternetin ilk zamanlarında verilerin bilgisayar sistemlerine yüklenmesinde insan faktörü etkin durumdayken ilerleyen zamanlarda makineden makineye (M2M) sistemlerin yaygınlaşmasıyla iki makine arasında veri alışverişi insan faktörü olmadan da gerçekleştirilmeye başlamıştır. Makineden makineye iletişim temel olarak farklı cihazların

kablolu ya da kablosuz olarak kendi aralarında haberleşebilmelerini sağlayan teknolojiyi ifade etmektedir (Oyucu ve Polat, 2016). Nesnelerin interneti (*Internet of Things–IoT*) kavramının hayatımıza girmesinde makineden makineye iletişim yapan sistemlerin yaygınlaşmasının önemi büyüktür. Her ne kadar makineden makineye iletişim teknolojisi nesnelerin interneti kavramıyla benzese de nesnelerin interneti çok daha komplike sistemleri ifade etmektedir. Nesnelerin interneti, çeşitli haberleşme protokolleri yardımıyla birbirleri ile haberleşebilen ve bu sayede kendi aralarında bilgi paylaşımı yapabilen cihazların oluşturmuş olduğu akıllı bir ağ sistemi olarak tanımlanmaktadır (Altınpulluk, 2018). Diğer bir deyişle etrafımızda gördüğümüz neredeyse her nesnenin bir şekilde internete erişip diğer cihazlarla iletişim halinde olmasıdır. Makineden makineye iletişimi, iki farklı noktayı birbirine bağlayan bir hat, nesnelerin internetini ise birçok makineden makineye sistemlerden, yazılımlardan oluşan bir ağ olarak düşünebiliriz.

Şekil 1. Makineden Makineye ve Nesnelerin İnterneti karşılaştırması

Nesnelerin interneti kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından özel bir şirket için hazırlanan sunumda kullanılmıştır (Altınpulluk, 2018). Ashton, sunumunda şirketin tedarik zinciri süreçlerinde ürün kimliklerini radyo dalgalarıyla insan müdahalesine gerek kalmadan iletmeyi ve böylece ürün konumlarının takibinin yapılabilmesini önermiştir (Şimşek, 2019). Ancak tarihteki ilk nesnelerin interneti uygulamasının, 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'nde çalışmalar yapan bir grup akademisyen tarafından gerçekleştirildiği kabul edilmektedir (Gökrem ve Bozuklu, 2016). Ortak bir kahve makinesini kullanan akademisyenler için odalarından çıkıp kahve makinesini boş görmek ve tekrar geri dönmek zaman kaybına sebebiyet vermekteydi. Sorunun çözümü için kurulan sistemle bir odada bulunan kahve

makinesinin görüntüsü kamera aracılığıyla dakikada üç kez bilgisayarlara gönderilmektedir. Böylelikle her akademisyen, kahve miktarını çevrimiçi ve gerçek zamanlı görerek, nesnelerin interneti'nin ilk temellerini atmıştır. Nesnelerin interneti;

- Nesneler,
- Nesneleri birbirine bağlayan iletişim ağları,
- Nesnelerden nesnelere akan verileri kullanan bilgisayar sistemleri

olarak belirtilen üç ana bileşenden oluşmaktadır (Özvural, 2016).

Çevremizde gördüğümüz herhangi bir nesneye algılama ve haberleşme yeteneği kazandırıldığında bu varlık nesnelerin interneti olarak tanımladığımız ekosistemin bir parçası olmaya hazır hale gelmektedir. Nesneler rüzgâr tribünleri, medikal cihazlar, endüstriyel makineler gibi büyük varlıklar olabileceği gibi priz, ampul, saat, mutfak aletleri gibi ufak kişisel cihazlar da olabilmektedir. Nesnelerin interneti ekosisteminde nesneler etraflarındaki değişiklikleri algılayabilmekte olup, bu değişiklikleri çevrelerinde bulunan diğer nesnelerle paylaşabilmektedirler.

Şekil 2. Nesneler

Son yıllarda akıllı şehirler ve otonom araçlar alanında yapılan çalışmalarla, araçların birbirleriyle haberleşebilmesi ve gelen bilgiye göre karar vermesi sağlanabilmektedir. Trafik ışıkları yaklaşan araçlarla haberleşerek ışığın durumunun değişeceği bilgisini iletebilmekte ve araçlar otonom olarak yavaşlayabilmektedirler. Öndeki araç aynı şekilde hız durumunu arkasında gelen araçla paylaşarak, olası kazaların önüne geçilmesine yardımcı olabilmektedir. Nesnelerin bu şekilde haberleşebilmesi çeşitli iletişim ağlarının yardımıyla mümkün hale gelmektedir. İletişim yönteminin seçimi uygulamanın yapılacağı yerin fiziksel koşullarına,

enerji erişimine ve nesnelerin göndereceği veri boyutu gibi etkenlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Enerji ihtiyacının karşılanmasının zor olduğu alanlarda bir nesnelerin interneti uygulaması yapılmaktaysa çok fazla güç tüketmeyen ve uzun süre çalışabilecek bir iletişim yönteminin seçimi uygulamanın sürekliliği için önemlidir. Aynı şekilde boyutu büyük verilerin gönderilmesi gerekiyorsa da büyük veri gönderimine uygun haberleşme yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir.

Nesnelerden toplanan verilerin analiz edilmesi ve sonucunda faydalı bir bilgiye ulaşılması için hesaplama gücü yüksek bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır. Algılayıcı cihazların hesaplama güçleri kısıtlı olduğundan toplanan veriler uzak sunuculara, günümüzde bulut bilişim denilen güçlü bilgisayarlara gönderilmekte ve analiz edilmektedirler.

Şekil 3. Nesnelerin İnterneti mimarisi

Nesnelerin internetinin ilk aşaması nesnelerin veri toplamasıdır. Sensör adı veriler küçük elektronik cihazlar çeşitli fiziksel değişiklikleri algılayabilmektedirler. Isı, basınç, ışık, ses, hareket gibi birçok ortam verisi bu cihazlar tarafından tespit edilebilmektedir. Algılanan ortam verilerinin cihazlar arasında ya da daha güçlü bilgisayarlara aktarımı ağ üzerinden gerçekleştirilmektedir. Nesneler uygulamaya bağlı olarak ufak hesaplamalar yapabilmekte ve kararlar alabilmektedirler. Daha büyük hesaplamalar için ise veriler güçlü bilgisayarlara gönderilebilirler. Nesnelerin internetinin katmanları aşağıdaki gibi belirtilebilir.

Şekil 4. Nesnelerin interneti katmanları

Kolunuzda bulunan akıllı bir saat, üzerinde bulunan çeşitli sensörlerle gittiğiniz mesafeyi, attığınız adımları, kalp atış hızınızı, uyku kalitenizi ölçümleyebilmekte ve bu verileri akıllı telefonunuza gönderebilmektedir. Bu veriler akıllı telefon üzerinde ya da daha detaylı analiz için bulut bilişim adı verilen uzak sunucularda analiz edilerek yaşam kalitenizin artırılmasına yardımcı olmak için öneriler sunmaktadır. Nesnelerin interneti, günlük olarak kullanılan birçok nesnenin birbiri ve bulut sistemleri ile iletişim halinde olmasını temel almaktadır. Nesneler arasındaki veri alışverişi belirli bir amaç için yapılmakta ve sonuçlar bu doğrultuda analiz edilip kullanıcılara sunulmaktadır. Cihazlar arası bu iletişim nesnelerin internetini oluşturan en temel özelliktir.

Nesneler birbirleriyle cihazdan-cihaza (*Device-To-Device*), cihazdan-sunucuya (*Device-To-Server*), sunucudan-sunucuya (*Server-To-Server*) olmak üzere 3 farklı şekilde iletişim kurabilmektedir (Karakaplan, 2010). Bileğe takılı akıllı bir saatin nabız ölçümlerini akıllı telefona göndermesi ve burada depolaması cihazdan-cihaza iletişime bir örnektir. Telefonun bu nabız ölçümlerini hesaplama gücü yüksek bir sunucuya göndermesi ve bu sunucu üzerinde analizinin yapılması ise cihazdan-sunucuya iletişimi göstermektedir. Analiz sonuçlarının başka bir sunucu üzerinde tutulması için depolama kapasitesi yüksek bir sunucuya iletilmesi ise sunucudan-sunucuya iletişimidir. Tüm bu süreçlerde nesneler kendi aralarında insan müdahalesine gerek kalmadan haberleşme yapabilmektedirler.

Günümüzde sağlık, ev otomasyonu, tarım, şehircilik, hayvancılık ve endüstri gibi birçok alanda nesnelerin interneti teknolojisinden faydalanılmaktadır.

Endüstri alanında Endüstri 4.0 olarak tanımlanan nesnelerin interneti teknolojisiyle üretim alanlarında akıllı sistemlerin geliştirilmesi sayesinde maliyet ve harcanan enerjinin azaltıl-

ması sağlanmaktadır. Üretim miktarı ve kalitenin artırılması için kurulan bu tür sistemlerde, sensörlerden alınan veriler toplanmakta ve hesaplama gücü yüksek sunuculara iletilmektedir. Sunucular üzerinde analiz edilen veriler ışığında ilgili alanda gerekli iyileştirmelerin belirlenmesi, sistemin bu kararları otomatik olarak alması ve uygulaması sağlanabilmektedir (Bozuklu, 2016). Endüstri 4.0 bir başka deyişle insanlardan neredeyse bağımsız olarak kendi kendilerini yöneterek üretim yapabilen “akıllı fabrikalar” demektir (Bozkurt ve Durdu, 2016).

Akıllı evler kavramı nesnelerin interneti teknolojisinin yaygınlaşmasıyla günlük hayatımıza girmiştir. Mobil cihaz yardımıyla neredeyse ev içi tüm nesneler uzaktan izlenebilmekte ve gerektiğinde kontrol edilebilmektedir (Gündüz ve Daş, 2018). Ev içi cihazlar toplanan verilere göre analizler yapabilmekte ve ihtiyaca göre komutlar verebilmektedirler.

Şehircilik alanında, hava durumu, trafik, altyapı sistemleri ve toplu taşıma gibi şehir içi unsurların nesnelerin interneti teknolojisiyle takip edilmesi ve böylece insanların bu bilgileri kullanarak yaşam kalitelerinin artırılması hedeflenmektedir (Köseoğlu ve Demirci, 2018). Trafik yoğunluğunu takip eden sistemler sayesinde yoğunluk olan bölgelerde sürücülere alternatif rotalar önerilmekte ve bu sayede zaman ve kaynak tasarrufu yapılması sağlanmaktadır.

Sağlık alanı, nesnelerin interneti teknolojisinin kullanıldığı ve bu alanda çalışmaların yapıldığı önemli uygulama alanlarından biridir. Hastadan farklı cihazlar yardımıyla toplanan verilerin analiz edilebilmesiyle hasta takibinin yapılabilmesi ve böylece acil durumlarda vakit kaybetmeden hastaya müdahale edilebilmesi olanaklı hale gelmektedir (Sezer ve diğerleri, 2018).

1.1. Nesnelerin İnternetinde Kullanılan Teknolojiler

Nesnelerin interneti içinde birçok farklı teknolojiyi barındırmaktadır. Birbirleriyle veri alışverişi yapan sensörler, nesnelerin kendilerini tanıtmalarını sağlayan otomatik tanımlama sistemleri, bilgisayar sistemleri ve tüm bu haberleşmeyi sağlayan iletişim ağları ekosistemin en temel parçalarını oluşturmaktadır.

1.1.1. Sensörler

Fiziksel ortam (uzaklık, sıcaklık, basınç, mesafe vb.) değişikliklerini algılayan cihazlara sensör denilmektedir. Ortam değişikliklerinin algılanabilmesi, bu değişimlere göre komutlar verilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu olanak bir çok alanda sensörlerden faydalanılarak otomasyona geçilmesine yardımcı olmaktadır. Örneğin seracılık alanında seranın neminin azaldığı sensörlerle tespit edilmekte ve belirli bir değerin altına düştüğünde otomatik olarak sisleyicilerin devreye girmesi sağlanabilmektedir. Basit bir karar mekanizmasıyla çalışan bu sistemlerde, sensörden gelen veriler yorumlanmakta ve koşula uyan işlemler uygulanmakta-

dır. Örneğin musluğa yaklaşıldığında hareketin musluk üzerinde bulunan sensör aracılığıyla algılanması ve elektronik vananın açılarak su akışının sağlanması bu basit sistemlere bir örnek teşkil etmektedir. Bu tür sistemelerin daha karmaşık işlemler yapması istendiğinde, sensörlerden toplanan veriler daha güçlü bir bilgisayar sistemine gönderilebilir ve analiz edilebilirler. Analiz edilen verilerin sonucuna göre karar destek sistemleri devreye girebilmekte ve sistemin iyileştirilmesine yardımcı işlemlerin yapılması sağlanabilmektedir. Bu sistemlere akıllı sistemler denilmektedir. Son yıllarda sıklıkla duyduğumuz akıllı fabrikalar, akıllı evler, akıllı hastaneler gibi kavramların temelini sensörler ve bu sensörlerin gönderdiği verileri işleyebilen bilgisayar sistemleri oluşturmaktadır.

1.1.2. Haberleşme Teknolojileri

Nesnelerin interneti için haberleşme teknolojileri en önemli unsurların başında gelmektedir. Günümüzde birçok iletişim teknolojisi seçeneği bulunmakla beraber geliştirilecek uygulamanın bulunacağı coğrafi koşullar, güç talebi, veri boyutu gibi faktörler göz önünde bulundurularak uygun haberleşme teknolojisinin seçimi önem arz etmektedir (Gültunca, 2018).

Fiziksel ortamdaki nem, sıcaklık, ışık, basınç, gürültü seviyesi, titreşim gibi çevresel koşulları kooperatif bir şekilde izlemek için sensörlerden oluşan kablosuz ağlara Kablosuz Algılayıcı Ağ denilmektedir (Akyıldız, 2002). Bu ağlar içerisinde veri toplama ve ağdaki diğer cihazlarla haberleşme yeteneği olan nesnelere algılayıcı düğümler denilmektedir. Algılayıcı düğümlerin artan veri işleme ve haberleşme yetenekleri kablosuz algılayıcı ağların yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır. Başlıca kullanım alanları; akıllı sistemler, akıllı şehirler ve tıbbi hizmetler olarak sıralanmaktadır (Özdağ, 2017). Algılayıcı düğümlerden oluşan bu ağ sistemlerinin yaygınlaşması ve çeşitliğinin artması farklı iletişim protokollerine duyulan ihtiyacı arttırmıştır.

Nesnelerin interneti uygulamalarında kullanılan iletişim protokolleri uygulama katmanı ve veri bağlantı katmanı protokolleri olarak iki grup altında sınıflandırılmaktadır. Uygulama katmanı olarak kastedilen kullanıcının ağa erişim için gerekli olan işlevlerin tanımlandığı ve kullanıcıya en yakın katmanı belirtmektedir. Bir başka deyişle e-posta, tarayıcı gibi uygulamaların ağa erişmek için kullandığı kurallardır. İnternet sitelerine erişmek için tarayıcıların kullandığı *HTTP* protokolü bu katmana bir örnektir. Uygulama katmanı protokollerinden *MQTT*, *AMQP* ve *CoAP* en sık kullanılan protokollerdendir. Veri bağlantı katmanı ise donanımsal katmana erişmek için kullanılan kuralları belirtmektedir. Fiziksel katmana en yakın katmandır. *Zigbee*, *Bluetooth*, *6LoWPAN*, Hücresel ve *Wi-Fi* ise nesnelerin interneti teknolojisinde en çok tercih edilen veri bağlantı katmanı protokolleridir.

1.1.2.1. MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport* - Telemetri Mesajlaşma Protokolü), verilerin uygulamalar ve cihazlar (nesneler) arasında aktarımı için kullanılan bir uygulama katmanı protokolüdür. Kaynakları kısıtlı cihazların telemetri bilgilerini göndermesi için kullanışlı hafif bir protokoldür. Yayınlama/abone olma iletişim modelini kullanan protokol, makineden makineye iletişimde kullanılmakta ve hafif bir protokol olduğundan nesnelerin internetinde iletişim yöntemi olarak tercih edilmektedir. Yayınlama/abone olma modelinde sistem üzerinde veri gönderen bir yayıncı ve bu yayıncının göndereceği verileri bekleyen alıcılar vardır. *MQTT* protokolünde yayıncılar mesajlarına konu başlığı ekleyerek arabulucu adı verilen bir uygulamaya göndermektedirler. Konu bilgisine bağlı bir iletişim kurulmaktadır. Arabulucuya bağlı cihazlar bir konuya veri gönderebilmekte ya da bir konu başlığına bağlı verileri alabilmektedirler. Arabulucu gelen mesajları konu bilgisine bakarak ilgili cihazlara yönlendirmekten sorumludur. Örneğin sıcaklık bilgisini ölçümleyen bir sensör sıcaklık ismindeki konu başlığına yayın yaparak arabulucuya iletebilmekte ve arabulucuda sıcaklık konu başlığına abone olmuş tüm cihazlara bu mesajı yayınlatabilmektedir.

Şekil 5. *MQTT* mimarisi

Hafif bir protokol oluşu düşük güç tüketmesine olanak verdiği için kısıtlı kaynaklara sahip nesnelerin interneti uygulamalarında özellikle tercih edilmektedir.

1.1.2.2. AMQP

AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol* – İleri Mesaj Dizisi Protokolü), mesajların kuyruklanarak iletilmesine bağlı bir uygulama katmanı protokolüdür. Mesaj kuyruklama

teknolojisi, asenkron işlenmesi gereken işlemlerin sıraya alınarak uygulanmasıdır. *AMQP* protokolü mesajları hatasız ve istenildiği şekilde göndermeyi amaçlayan bir protokoldür. Bu özelliği nedeniyle daha çok bankacılık endüstrisinde kullanılmış olup nesnelerin interneti tarafında ise çoğunlukla sunucudan sunucuya iletişimde kullanılmaktadır (Gültunca, 2018).

AMQP protokolünün bileşenleri:

- Arabulucu: Haberleşme merkezi
- Mesaj: Yayıncı tarafından oluşturulan ve arabulucu üzerinden abonelere gönderilen veri
- Tüketici: Mesajları almak için arabulucuya bağlı olan uygulama ya da cihazlar
- Yayıncı: Mesajı oluşturan ve arabulucuya gönderen uygulama ya da cihazlar

AMQP mimarisi Şekil 6'da gösterildiği gibidir.

Şekil 6. *AMQP* mimarisi

Yayıncı tarafından gönderilen veri arabulucu içerisindeki dağıtıcıya gelmektedir. Dağıtıcı belirlenmiş olan kurallara göre mesajı ilgili kuyruklara yönlendirmektedir. Son olarak mesajlar kuyruklara bağlı tüketicilere yönlendirilerek süreç tamamlanmaktadır.

1.1.2.3. CoAP

CoAP (*Constrained Application Protocol* – Kısıtlı Uygulama Protokolü), *IETF* (*Internet Engineering Task Force* – Internet Mühendisliği Görev Grubu) tarafından geliştirilmiş bir

uygulama katmanı protokolüdür. Kısıtlı kaynaklara sahip cihazlar ve bant genişliği düşük ağlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu özelliğinden dolayı özellikle endüstriyel sistemler ve ev otomasyonu gibi makineden makineye iletişimin gerçekleştirildiği uygulamalarda tercih edilmektedir.

1.1.2.4. Zigbee

Zigbee, IEEE 802.15.4 standardına dayanan bir veri bağlantı katmanı protokolüdür. Temel özellikleri;

- Düşük veri hızı,
- Düşük güç tüketimi,
- Düşük maliyet
- Tek bir ağ için 65000 düğüm desteği sunması,
- *Wi-Fi* ve *Bluetooth* ile kıyaslandığında daha küçük paket kullanımı,

olarak verilmektedir (Ajgaonkar, 2010).

Enerji tüketiminin düşük oluşu özellikle elektrik enerjisine ulaşımın zor olduğu coğrafi şartlarda önemli bir avantaj olmaktadır. Diğer protokollerle kıyaslandığında düşük veri iletim hızına sahip olması yüksek veri hızı gerektiren endüstriyel uygulamalar için bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Düşük güç gerektiren, seyrek veri alışverişinin yapıldığı uygulamalar başlıca kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Düşük maliyet, güvenilirlik ve ağ üzerindeki düğüm sayısının yüksek oluşu *Zigbee*'yi diğer protokollere göre öne çıkaran başlıca özelliklerdir.

1.1.2.5. Bluetooth

Kısa mesafeli haberleşme yapılmasını sağlayan bir veri katmanı protokolüdür. Çoğunlukla kablosuz dosya transferi yapmak ve cihazları birbirine bağlamak için kullanılmaktadır (Aydalka, 2018).

Kısa dalga boyuna sahip radyo dalgaları kullanılarak iki veya daha fazla cihazın birbirlerinin görüş alanında olmasına gerek olmadan veri alışverişi yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Nesnelerin interneti teknolojisinin yaygınlaşmaya başlamasıyla protokole eklemeler yapılmış ve Düşük Enerjili *Bluetooth* (*Bluetooth Low Energy*) geliştirilmiştir. Düşük Enerjili *Bluetooth*, istemci sunucu modeliyle haberleşme yapmaktadır. Bu modelde sensörler sunucu rolünü, veriyi alan cihazlar ise istemci rolünü üstlenmektedir. Örneğin *Bluetooth* protokolüyle haberleşme yapan giyilebilir bir sensör topladığı veriyi telefonda bulunan uygulamaya göndererek uzak sunucuya iletilebilmesini sağlayabilmektedir.

1.1.2.6. 6LoWPAN

IEEE 802.15.4 standardına dayalı, cihazlar arası IPv6 bağlantılı kablosuz ağ sağlayan bir veri bağlantı katmanı protokolüdür. 6LoWPAN protokolü, Wi-Fi, GPRS ve uydu gibi diğer IP ağlara bağlanmakta ve en kısa yoldan en iyi sinyali iletmeye olanak sağlamaktadır. Düşük güç tüketimi sayesinde nesnelerin interneti uygulamalarında kullanılmaktadır. Başlıca özellikleri;

- 1000 güne kadar dayanan uzun batarya ömrü,
- Yüksek veri gönderme kapasitesi,
- 75 metreye kadar veri gönderme,
- IP routing desteği,
- Unicast, multicast ve broadcast desteği,
- Çoklu topoloji desteği,

olarak belirtilmektedir (Demir ve diğerleri, 2016).

1.1.2.7. Hücresel

Hücresel haberleşme sistemleri ve kullanıcı kapasitesinin artırılması için oluşturulmuş bir tekniktir (Geylani ve diğerleri, 2016). Hücresel haberleşmede hizmet verilecek tek bir baz istasyonu yerine kapsama alanı daha düşük baz istasyonlarıyla donatılır. Bu küçük baz istasyonlarına hücre denilmektedir. Veri hücreler arasında iletilerek hedefe ulaştırılır.

Uzun mesafeli ve büyük verilerin iletileceği durumlarda 3G ve üstü iletişim seçenekleri tercih edilmekle beraber daha küçük veri iletimi yapılacak uygulamalarda pil tüketiminin az olması adına 3G ve altı bir seçenek tercih edilebilmektedir.

1.1.2.8. Wi-Fi

Kablosuz Bağlantı Alanı (*Wi-Fi, wireless fidelity*), cihazların kablosuz olarak birbirlerine bağlanmasını sağlayan bir veri bağlantı katmanı protokolüdür.

Kablosuz Bağlantı Alanı sayesinde büyük veri iletimi yapılabildiğinden ev kullanıcıları ve şirketler tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu durum Kablosuz Bağlantı Alanının geniş bir altyapıya sahip olmasına ve uyumlu bir çok cihazın geliştirilmesine imkan sağlamıştır. Nesnelerin interneti uygulamalarında güç tüketiminin fazla olması nedeniyle, güç tüketiminin sorun olmadığı ve büyük veri iletimi yapılacak uygulamalarda tercih edilmektedir (Hendriks, 2016).

1.1.3. Otomatik Tanımlama Sistemleri

Otomatik tanımlama, nesneleri insan müdahalesine gerek kalmadan tespit etmeyi ve tanımayı sağlayan teknolojilere verilen genel bir tanımdır. Nesnelerin interneti uygulamalarında nesnelerin tanınması ve bu duruma göre işlem yapılması istenmekteyse otomatik tanımlama sistemlerinden faydalanılmaktadır. Örneğin sağlık kurumlarında medikal cihazların takibinin otomatik olarak yapılması için geliştirilen bir uygulamada, cihazların tanınması için otomatik tanımlama yöntemlerinden biri kullanılmalıdır. Otomatik tanımlama teknolojilerinden bazıları aşağıda listelenmiştir.

- *RFID* (*Radio Frequency Identification* - Radyo Frekanslı Tanımlama),
- Barkod,
- Sesli tanımlama,
- Retina taraması.

Nesnelerin interneti uygulamalarında genellikle *RFID* teknolojisi otomatik tanımlama sistemi olarak kullanılmaktadır (Aktaş, Çeken ve Erdemli, 2016). *RFID* temelli sistemler nesneye yerleştirilen *RFID* etiketi ve ortamda bulunan bir *RFID* okuyucu ile oluşturulmaktadır. *RFID* etiketi bulunan cihaz okuyucunun kapsama alanına girdiğinde etiketin içerisinde bulunan veriler okuyucu tarafından okunmakta ve bu verilerle istenen işlemler yapılmaktadır.

Şekil 7. *RFID* iletişimi

Barkod teknolojisi, nesnelerin otomatik tanımlamasında günümüzde yaygın olarak kullanılmasına rağmen birtakım kısıtlara sahiptir:

- Barkod içerisinde saklanan bilginin boyutu düşük olmaktadır.
- Barkod içerisinde saklanan verinin okunabilmesi için okuyucunun görüş alanı içerisinde olması gerekmektedir.
- İnsan faktörü olmadan kullanımı çok mümkün olmamaktır.

Nesnelerin internetinde otomatik tanımlama sistemi olarak gerek içerisinde saklanan veri boyutu gerekse kapsama alanı olarak *RFID* teknolojisi diğerlerine göre ön plana çıkmaktadır.

1.2. Nesnelerin İnterneti Güvenliği

Akıllı evler, dijital hastaneler, akıllı şehirler gibi kritik ve özel verilerin bulunduğu nesnelerin interneti uygulamalarında güvenlik ayrıca bir öneme sahiptir. Gizlilik, bütünlük, kimlik doğrulama, veri güncelliği ve hizmet bütünlüğü olarak sınıflandırabileceğimiz bu güvenlik önlemlerinin uygulanması sisteme yetkisiz erişimlerin ve veri çalınmalarının önüne geçilmesi için önemlidir.

1.2.1 Gizlilik

Nesnelerin interneti cihazları dahil oldukları ağ içerisinde haberleşme yaparken, ağa katılmaya yetkisi olmayan bir nesnenin ağa erişimi engellenmelidir (Shi ve Perrig, 2004).

1.2.2 Veri Bütünlüğü

Kaynak tarafından gönderilen verinin değiştirilmeden ve bozulmadan hedefe ulaştırılması veri bütünlüğünün sağlanması açısından önemlidir.

1.2.3 Kaynak Doğrulama

Veri iletişimi yapan nesneler kimliklerini doğrulayarak iletişimde bulunmalıdır. Kimliğini doğrulamayan nesneler haberleşmeye dahil edilmemelidir.

1.2.4 Veri Güncelliği

Ağ üzerinde iletimi yapılan verilerin güncelliğinin sağlanması, eski verilerin tekrar gönderilmesinin önüne geçilmesi veri güncelliğinin sağlanması için önemlidir. Gönderilen mesajların içerisine bir zaman damgası eklenerek veri güncelliğinin kontrolü sağlanmaktadır (Görmüş ve diğerleri, 2018).

1.2.5 Hizmet Bütünlüğü

Ağ üzerinde toplanan verilerin bozulmadan ve değiştirilmeden ağ geçidine ya da analiz yapılacak sunucuya gönderilmesi, elde edilecek bilginin doğruluğu açısından önem arz et-

mehtir. Bu nedenle bozulmuş düğümlemler tespit edilmesi ve bu düğümlemlerden gelen verilerin kabul edilmemesi hizmet bütünlüğünün sağlanması için önemlidir.

2. Sonuç

Düşük güç tüketen elektronik devreler ve haberleşme teknolojilerindeki gelişmelerle beraber birbirleriyle haberleşebilen ağların ve cihazların tasarlanabilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu ağların giderek yaygınlaşmasıyla çeşitli alanlardaki kuruluşlar daha verimli iş süreçleri yürütmek, daha iyi müşteri hizmetleri sağlamak, daha doğru kararlar alabilmek ve kalite odaklı hizmet verebilmek için bu ağlardan ve cihazlardan oluşan sistemler kullanmaya başlamışlardır. Ortamdan veri toplanması ve toplanan verilere göre kararlar alınarak uygulanması gereken süreçler bu sistemler sayesinde tamamiyle otomatize edilebilmekte ve insan kaynaklı hatalar minimize edilebilmektedir. Böylece insanlar tarafından yürütülen izleme ve kontrol süreçlerinin çoğu birbirleriyle haberleşebilen ve algılama yeteneği olan cihazlar sayesinde otomatik bir şekilde yürütülebilmektedir. Nesnelerin internetiyle bakım süreçleri de çok daha verimli işletilmektedir. Endüstriyel bir makine üzerinde taşıdığı sensörlerle gerçek zamanlı çalışma verilerini kontrol sistemine iletebilmekte ve herhangi bir parçası bozulmadan önce sistemle ilgili sorunların öngörülmesine yardımcı olabilmektedir. Böylece makinelerin bakım süreçleri hızlı ve etkin bir şekilde yürütülebilmekte ve kaynak kayıplarının önüne geçilmesi sağlanabilmektedir. Nesnelerin internetiyle sağlanan bir başka fayda ise varlık izlemidir. Bir bina içerisindeki değerli varlıklar üzerlerine eklenen tanımlayıcı etiketlerle kimlik bilgilerini okuyucu cihazlara gönderebilmekte ve gerçek zamanlı bir konum takibi sağlanabilmektedir. Böylece varlıkların yetkisiz kimselerce bina dışına çıkarılması engellenmekte veya ihtiyaç anında konumunun belirlenmesine olanak sağlanabilmektedir. Benzer şekilde tedarik zinciri süreçlerinde tedarikçiler, üreticiler veya müşteriler ürünlerin gerçek zamanlı konumlarını ve durumlarını izleyebilmektedirler. Sıcaklık takibinin önemli olduğu ürünlerin takibinde de aynı şekilde her taşıma aracında sıcaklık bilgileri kayıt altına alınmakta ve soğuk zincirde bir bozulma olduğu anlık olarak tespit edilebilmektedir. Nesnelerin internetinin faydalandığı diğer bir alan ise bina içi sistemlerin izlenmesidir. Havalandırma, enerji sistemleri gibi binaya ait tüm kaynaklar sensörlerle izlenmekte ve binanın ideal koşullarda kalması sağlanabilmektedir. Böylece enerji tüketimi anlık olarak raporlanabilmekte ve kaynakların etkin bir şekilde kullanılması için önlemlerin alınmasına olanak sağlanmaktadır. Doğal kaynakların korunması dünya nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak gün geçtikçe daha çok önem kazanmaktadır. Su ve hava kirliliğinin tespit edilmesi, katı atık depolama sahalarının ve orman alanlarının izlenmesi nesnelerin internetiyle takip edilebilen süreçlerden bazılarıdır. Temiz su kaynaklarına konumlandırılan su sensörleri su kalitesini sürekli ölçümlemekte ve bu verileri kontrol

sistemine iletmektedir. Benzer şekilde hava kirliliğini ölçümleyen sensörler sürekli bir izleme sağlamaktadır. Böylelikle sağlıklı bir çevre için sürekli bir kontrol ve izleme sistemi sağlanmış olmaktadır. Kamu kaynaklarını en verimli şekilde kullanabilmek ve şehir sakinlerine daha kaliteli bir yaşam sunabilmek adına akıllı şehirlere yatırım yapılmaktadır. Akıllı şehirlerin temelinde sensörler ve bu sensörlerin ilettiği verilere bağlı sistemlerin almış olduğu kararlar etkili rol oynamaktadır. Akıllı atık yönetimiyle çöp konteynerleri, çöp toplama firmasına doluluk bilgisini iletmekte ve böylece çöp toplama güzergahları otomatik olarak optimize edilebilmektedir. Akıllı otopark çözümleriyle, park alanları sensörlerle izlenmekte ve sürücülerin park yeri arayışı minimize edilerek yakıt ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır. Çeşitli sensörler ve kameralar yardımıyla kanun dışı olayların izlenmesi sağlanarak kamu düzeninin ve güvenliğinin sağlanmasına yardımcı olunmaktadır. Nesnelerin meydana getirdiği bu veriler büyük veriyi oluşturmaktadır. Bu verilerin analiz edilerek anlamlandırılmasıyla fayda sağlanabilecek bilgilere ulaşılabilen ve bu bilgiler ileriye dönük çalışmalarda kullanılabilir. Gün geçtikçe daha çok hayatımıza girmeye başlayan bu sistemler sayesinde etkileşimde olduğumuz her alanda değişimler olmaktadır. Çevremizdeki neredeyse her nesnenin algılama ve haberleşme yeteneğine sahip olmasıyla insanlar tarafından kontrol edilmesi gereken bir çok süreç sistemler sayesinde yürütülebilmektedir. Akıllı sistemler olarak adlandırdığımız çoğu sistemin temelini algılama yeteneği olan nesneler, iletişim ağları ve verileri işleyebilen bilgisayar sistemleri oluşturmaktadır. Sonuç olarak günümüzde nesnelerin interneti küçük ev aletlerinden akıllı şehirlere kadar çok çeşitli alanlarda kullanılmakta ve hayatımızı kolaylaştırıcı sistemlerin tasarlanmasını sağlamaktadır.

Kaynakça / References

- Akyıldız, F. (2002). "Wireless Sensor Networks: A Survey", *Computer Networks*, 38 (4), 393-422.
- Ajgaonkar, P. (2010). Simulation Studies on ZigBee Communications for Home Automation and Networking, Yüksek Lisans Tezi, The University of Toledo.
- Aktaş, F., Çeken, C., Erdemli, Y.E. (2016). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (1), 37-54.
- Altınpulluk, H. (2018). Nesnelerin interneti teknolojisinin eğitim ortamlarında kullanımı, *Açıkoğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 94-111.
- Aydalka, S.C. (2018). Bluetooth Beacon Teknolojisi Kullanarak Lokasyon ve Müzer Eser Tanıtım Uygulaması Gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi.
- Bozkurt, Ü.İ., Durdu, A. (2016). Akıllı Fabrikalarda Dağıtılmış Kontrol Sistemleri Uygulaması ve RFID Yaklaşımı, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8 (3), 515-523.
- Bozoklu, M., (2016). Çevresel veriler ile gerçek zamanlı nesnelerin interneti uygulaması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Demir, B., Ayrancıoğlu, G., Gezer, C., Gözüaıcı, N. (2016). 6LoWPAN Kullanan Bir Algılayıcı Ağ Sistemi , *National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO)*, 1-3 Aralık 2016 Bursa, New York, IEEE, ISBN: 978-605-01-0923-8, 710-714.

- Geylani, M., Çıbuk, M., Çınar, H., Ağgün, F. (2016). Geçmişten Günümüze Hücreli Haberleşme Teknolojilerinin Gelişimi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 18 (3), 606-623.
- Gökrem, L., Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (13), 47-68.
- Görmüş, S., Aydın, H., Ulutaş, G. (2018). Nesnelerin interneti teknolojisi için güvenlik: var olan mekanizmalar, protokoller ve yaşanan zorlukların araştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33 (4), 1247-1272.
- Gültunca, C. (2018). Nesnelerin İnternetinde Uygulama Katmanı Üzerindeki Haberleşme Protokollerinin İncelenmesi Ve Deneysel Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, T.C.İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Gündüz, M.Z., Daş, R. (2017). Nesnelerin interneti: Gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (2), 327-335.
- Hendriks, S. (2016). How the world will be connected in 2025, Yüksek Lisans Tezi, Utrecht University.
- Karakaplan, M., (2010). Açık Kaynak Yazılım ve Açık Donanım ile Nesnelerin interneti, *16. Kromatografi Kongresi, Workshop on Causality*, 42:1.
- Köseoğlu, Ö., Demirci, Y. (2018), Akıllı , Şehirler ve Yerel Sorunları Çözümünde Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı, *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, 4 (2), 40-57.
- Oyucu, S., Polat, H. (2016). M2M Sistemlerin, Akıllı Şebekeler Üzerine Uygulanabilirliği, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3 (1), 125-132.
- Özdağ, R. (2017). Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Olasılıksal Kapsama Oranının Optimizasyonu için Yeni Bir Meta-Sezgisel Yaklaşım, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10 (4), 461-473.
- Özvural, G. (2016). Nesnelerin İnterneti İçin Sistem Tasarımı Ve Kablosuz Kişisel Alan Ağlarında Ağ Kodlama Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Polat, N. (2014). İnternetin Alışkanlıklarımız Üzerine Etkileri, *Selçuk İletişim*, 2 (2): 12-22.
- Sezer, E., Ünalır, M.O., Yıldız, F., Gümmüş, A., Akçay, N., (2018). Sağlık Alanı için Kişiselleştirilmiş Nesnelerin İnterneti Platformu, *6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 09-11 Kasım 2018 Antalya, Sakarya, Apjes, 311-320.
- Shi, E., Perrig, A., (2004). Designing secure sensor networks, *IEEE Wireless Communications Management*, 11 (6), 38-43.
- Şimşek, A. (2019). Otomotiv Sektöründe Nesnelerin İnterneti Uygulamaları Üzerine Bir Derleme, *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 2 (2), 66-72.
- Yıldırım, A. (2014). İnternetin Görünen Yüzü, *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16 (1), 51-59.