	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 11-01-2017 <u>Kabul/Accepted</u> 29-08-2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.285444	

Nesnelerin interneti için yeni bir mimari tasarımı

Tuğrul Çavdar^{*1}, Ercüment Öztürk²

ÖZ

Günümüzde internet sosyal yaşantımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Yazılım ve elektronik alanlarındaki gelişmelerin giderek artmasıyla adreslenebilir cihaz/nesne sayısında çok ciddi artışlar meydana gelmiştir ve artan bir ivmeyle bu artış hızla devam etmektedir. Adreslenebilir tüm nesnelerin bir ağa bağlanması ve veri toplama, analiz ve işlemenin yapılarak oluşturulan akıllı sistem / olgu bütünlüğüne Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT) denmektedir. IoT geliştirmekte olan bir yapı olmasına rağmen, henüz temel olarak kabul edilebilen bir mimari yapıya sahip değildir. Bu çalışmada, IoT kavramının ne olduğu, kullanım alanları, mimari yapısı ve önerilen mimari modeller ile ilgili bir literatür taraması yapılmış olup IoT'nin standart bir mimari model yapısına kavuşturulması için yeni, katmanlı bir mimari model önerisinde bulunulmuştur. Önerilen mimari modeli diğer önerilmiş mimari modellerden ayıran en önemli fark, dönüşüm ve karar alt katmanlarının bulunmasıdır. Bu alt katmanlarda, gelen veri paketlerinin ve farklı mesaj isteklerinin dönüşümü yapılarak veri trafiğini azaltmak, sistem / veri güvenilirliğini arttırmak ve sistem bütünlüğünü korumak amaç edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti, Katmanlı Mimari, Nesnelerin İnterneti Mimarisi

A novel architecture design for internet of things

ABSTRACT

Nowadays, the internet is an integral part of our social life. With the advances in software and electronics, there has been a tremendous increase in the number of addressable devices, and this increase is continuing at an accelerated pace. Internet of Things (IoT) is a new phenomenon that everyday physical objects can be addressed and connected to the internet so that IoT devices are able to sense the physical environment, and to collect, analyze and process the sensed data. Although the beneficial advances of IoT, there is not a common architectural structure in the literature. In this study, we have reviewed the overview of IoT, its usage areas, recent studies in the literature proposing standard IoT architectures. Also, a new layered architectural model has been proposed in order to standardize IoT paradigm. The main difference distinguishing the proposed architectural model from the other proposed architectures is the presence of transformation and decision sublayers. In these sublayers, it is aimed to reduce data traffic, to increase system / data reliability and to protect system integrity.

Keywords: Internet of Things, Layered Architecture, Internet of Things Architecture

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

¹ Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye – ulduz@ktu.edu.tr

² Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye – ercumentozturk@ktu.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

1980’li yılların sonlarına doğru internet günlük hayata girmiş ve internete bağlı nesne (cihaz) sayısı artmıştır. 1990’lı yılların başında Quentin Stafford-Fraser, Paul Jardetzky ve arkadaşlarının, Cambridge Üniversitesi Trojan Room isimli yazılım geliştirme biriminde bulunan bir kahve makinesindeki kahve miktarını ölçmek ve bunu izlemek için bir sistem geliştirmişlerdi. Bu sistemde bir bilgisayara kahve makinesini elektronik olarak bağlamış ve makinede kalan kahve miktarının belirli aralıklarla resimlerini çekerek bir veri iletişimini gerçekleştirmişlerdi [1]. Birbirine elektronik olarak bağlanmış bu makineler “bağlı nesnelere” kavramını gündeme getirdi.

1990 yılında ise John Romkey ilk internete bağlanabilen nesneyi, internet üzerinden açılıp kapatılabilen bir tost makinesi, geliştirdi [2]. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT) kavramı ise ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından Procter & Gamble isimli bir şirket için hazırladığı bir sunumda kullanıldı.

Sonraki yıllarda artan bir ivmeyle gelişen teknoloji sayesinde akıllı cihazlar, mobil telefonlar, internete bağlanan binlerce cihaz geliştirildi. Öyle ki üretilen tüm teknolojik ya da elektronik cihazlar(nesneler) artık adreslenebilir ve ağ ortamında kullanılabilir duruma geldi.

IoT fiziksel nesnelerin görmesini, verileri algılamasını, düşünmesini, karar vermesini, veri paylaşımını, birbirleri ile iletişim içinde olmasını denetleyen veya düzenleyen sistemler bütünüdür [3]. Literatürde IoT için buna benzer birçok tanım olmakla birlikte bizim tanımımız şu şekildedir; “Nesnelerin (akıllı mobil cihazlar, televizyonlar vb...) adreslendirilip kullanılmasına imkân tanıyan akıllı sistemler bütünüdür.”

Lu Tan ve Neng Wang’ın önerdiği mimari modelde [4] RFID kullanımına dayalı bir mimari model olup, böylesine karışık bir ağda sadece belirli bir teknoloji üzerine odaklanmak problemin çözümüne tam anlamıyla yanıt vermeyecektir.

Luigi Atzori ve arkadaşlarının anlattığı model ise servis odaklı (Service-Oriented Architecture - SOA) mimari tabanlı olup problemleri nesne katmanından değil de daha çok yazılımsal üst katmanlarda ele almayı amaç edinmiştir. Fiziksel

katmanda gerçekleşecek bir veri kaybı ve kullanılan teknolojilere değinilmemiştir [5].

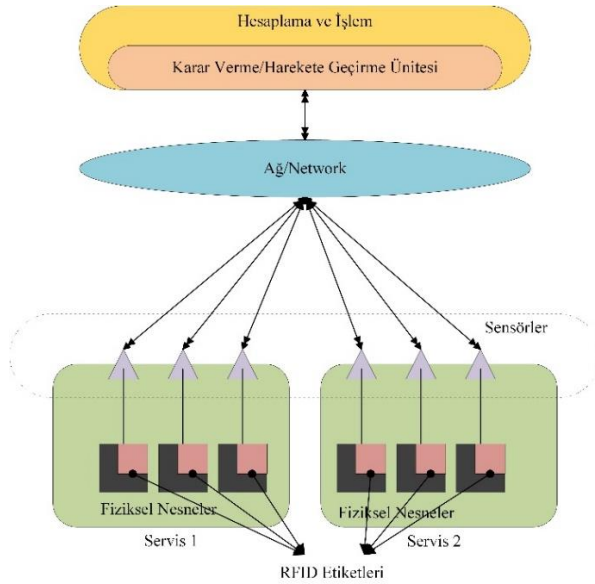
Miao Wu ve arkadaşlarının önermiş olduğu 5 katmanlı mimari modelde ise genel amaçlı olmasına rağmen özel amaçlı ve dağıtık mimari yapıları kapsamamakta ve özel amaçlı uygulama alanları için yeni bir dağıtık veya dağıtık olmayan model geliştirme ihtiyacı duyulmaktadır [6].

Nuno Vasco Lopes ve arkadaşlarının engellilere yardımcı olmak için geliştirdikleri bir mimari model belirli bir amaca hizmet ettiği için genel amaçlı veya temel olarak kabul edilecek bir mimari model değildir. Bu mimari yapılarda olan eksikliklerin giderilmesi ve geniş bir ağ olan IoT’nin daha iyi anlaşılması ve teknolojik uygulama alanına dönüşebilmesi için yeni bir mimari model önerisinde bulunulmuştur.

Birinci bölümde IoT kavramının doğuşu, bu konuda yapılan çalışmalar ve eksiklikleri anlatılıp önerdiğimiz mimari model tanıtılmıştır. İkinci bölümde IoT hakkında genel bilgiler anlatılmış olup, IoT ölçütleri ve önerilmiş mimari modeller ile ilgili literatür taraması anlatılmıştır. Üçüncü bölümde problem tanıtımı ve çözüme odaklanılan noktalar anlatılmış, önerilen mimari model açıklanmış, diğer mimari modeller ile karşılaştırma yapılmıştır. Dördüncü bölümde ise sonuçlar açıklanıp, gelecek çalışmalar ile ilgili bilgi verilmiştir.

2. NESNELERİN İNTERNETİ (INTERNET OF THINGS)

1990 yıllarından günümüze kadar kavramsal ve teknolojik olarak gelişen IoT, ITU (International Telecommunication Union) tarafından yapılan tanımıyla; herhangi bir zamanda herhangi bir yerde her nesnenin/cihazın birbirine bağlanabileceği bir teknolojidir. IoT hemen her alanda kullanılabilir olup bütün bu kullanım alanlarından gelen verileri gözleme, analiz ve kontrol imkânı tanır. Günümüzde IoT ev uygulamaları, tarım, sağlık hizmetleri, ulaşım, endüstri, alışveriş, eğitim ve araçlarda kullanılan akıllı uygulamaları kapsamaktadır. Bu sistemlerin adreslenebilir ve internet ortamına bağlanabilir olması halinde akıllı bir çevre oluşturulmuş olacaktır. Örnek olarak Avrupa Birliği destekli COMPOSE ve BUTLER projeleri gösterilebilir. Bu projeler akıllı çevre yaratma yolunda atılmış ilk adımlar olarak kabul edilmektedir [2],[3],[7],[8].



Şekil 1. IoT'nin temel yapısı (Basic IoT system) [14].

Şekil 1'de IoT'nin genel mimari yapısının nasıl olduğu gösterilmektedir. Nesnelerin interneti, fiziksel nesnelerin internet ortamına bağlanmasıyla oluşan, algılayıcılar, harekete geçiriciler, ağ ve uygulama kısımlarından oluşan sistem bütünüdür. Sistemde algılayıcıların yanı sıra harekete geçiricilerin olması sistemin dinamikliği açısından büyük bir önem arz etmektedir. IoT genel anlamıyla temel olarak kabul görmüş bir mimari model yapısına sahip olmasa da temelinde bazı ölçütleri sağlaması kabul görmüştür. Bu ölçütler sırasıyla; güvenilirlik, heterojenlik, ölçeklenebilirlik, birlikte çalışabilirlik ve güvenlik/gizlilik ölçütleridir.

Kullanılabilirlik (Availability): IoT Kullanıcıya her zaman ve her yerde servis hizmeti sunabilmelidir. Uygulamalar aynı anda farklı mekânlarda bulunan çok fazla sayıda farklı kullanıcıya hizmet verme yeteneğine sahip olmalıdır. IPv6, 6LowPAN, RPL, CoAP gibi protokoller ile kullanılabilirlik çerçevesi genişletilir. Bu durum IoT'nin fonksiyonel bir yapıya sahip olduğunun da göstergesidir [3].

Güvenilirlik (Reliability): Bir nesnenin diğer bir nesneye verinin tam anlamıyla iletildiğinde emin olunması veya gönderici ile alıcı nesnelerinde olan verilerin tutarlılığıdır. Güvenilirlik IoT ortamına bağlanan nesnelerin/cihazların ve tüm sistemin doğru ve akıcı bir biçimde işlenmesini, servislerin iletişimde oluşabilecek gecikme ve hataları azaltmayı amaçlar. Ağa bağlı bir nesnenin hata vermesi durumunda bir diğer nesnenin bu hatayı giderebilmesi ve oluşabilecek veri kaybını önlemeli ve karar sürecinin uzamasına veya hatalı

sonuçların elde edilmesine engel olmalıdır. Bu olası hata durumlarını önceden tahmin edilip, Markov Zinciri veya daha farklı metotlar ve algoritmalar yardımı ile önlenmeli ve verinin alıcı nesneye sağlıklı bir biçimde ulaştırılması sağlanmalıdır [9].

Taşınabilirlik (Mobility): Birçok servis mobil/hareketli kullanıcı veya nesneye hizmet vermek durumundadır. Sürekli bir biçimde kullanıcı veya nesne ile bağlantı halinde olmak ve veri iletişimini gerçekleştirmek son derece önemlidir. Bir ağdan diğer bir ağa geçiş sırasında servis kesintileri meydana gelmektedir. Bu noktada Frieder Ganz ve arkadaşları önbelleğe alma ve tünelleme (caching and tunneling) modlarının kullanılacağı bir model önerisinde bulunmuşlardır [10]. Bu method yardımı ile veriler önce önbelleğe alınır ve geçici bir servis kesintisi durumunda veri iletiminin kesintisiz veri iletimi amaçlanmıştır.

Ölçeklenebilirlik (Scalability): Büyük, karmaşık ve farklı platformların bulunduğu heterojen bir ağ sisteminde ölçeklemenin yapılması kaçınılmazdır. Bu nedenle Chayan Sarkar ve arkadaşları önerdikleri mimari modelde IoT Daemon adını verdikleri bir yapı kullanmayı öngördüler. Bu yapı üç katmandan oluşmakta ve farklı platformlardan gelen verileri ve servis isteklerini tek bir formata dönüştürecek olan yapıdır [11].

Heterojenlik (Heterogeneity): Çok sayıda farklı teknolojik altyapı kullanan nesnenin bağlı olduğu bir ağda heterojenlik probleminin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu nedenle kurulacak olan sistemin platform bağımsız olması gerekmektedir. Bu nedenle ölçeklenebilirlik ve heterojenlik ölçütleri bir bütün olarak değerlendirilebilir.

Birlikte çalışabilirlik (Interoperability): IoT'deki gelişmeler yazılım ve donanım geliştiricileri için temel bir konu olmuştur. Çünkü yapılacak olan uygulama veya üretilen donanımların platform bağımsız olabilmesi gerekmektedir. Bu sayede farklı mimari yapılar sahip nesnelere ve farklı dil veya teknolojik altyapıya sahip uygulamalar aynı platformda çalışabileceklerdir. Örneğin; WiFi, NFC ve GSM operatörleri platform bağımsız olarak çalışmaktadırlar. Sonuç olarak birlikte çalışabilirlik IoT'nin en önemli ve ayrılmaz ölçütlerinden biridir [3].

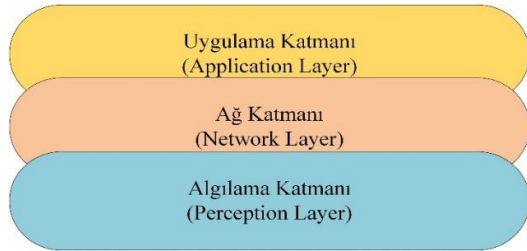
Güvenlik/Gizlilik (Security/Privacy): Kablolu veya kablosuz ağlarda veri iletimi ve veri güvenliği/gizliliği sağlıklı ve verimli olmak

zorundadır. Ancak IoT geliştirmekte olan bir yapı olduğundan halen güvenlik/gizlilik konusunda eksiklikleri bulunmaktadır. Diğer birçok ölçüt laboratuvar ortamına aktarılmış olmasına rağmen güvenlik / gizlilik ölçütü benzetim aşamasında kalmıştır. Yine noktada da temel veya referans kabul edilen bir mimari modelin eksikliği görülmektedir.

Performans (Performance): Binlerce nesnenin ve birden fazla sayıda platform ve teknolojinin birbirine bağlandığı IoT’de performans ölçütü üzerinde yoğunlaşmak gerekmektedir. Çünkü sistemin her bir parçasının performansı sistemi etkileyecektir. Bu nedenle yeni bir mimari model önerisiyle bu teknolojik altyapı farklılıklarından ve nesnelere kaynaklanan problemlerin mimari yapıyı etkilememesi amaçlanmıştır [3].

Literatürde IoT için mimari model önerisinde bulunan birçok çalışma vardır. Bu model havuzundaki çalışmaların genel amaçlı temel dört mimariyi açıklayıp diğer önerilmiş mimari modellere de değinmek gerekir.

2.1. Üç Katmanlı Mimari (Three Layered Architecture)



Şekil 2. Üç katmanlı mimari model (Three-layered architecture model)

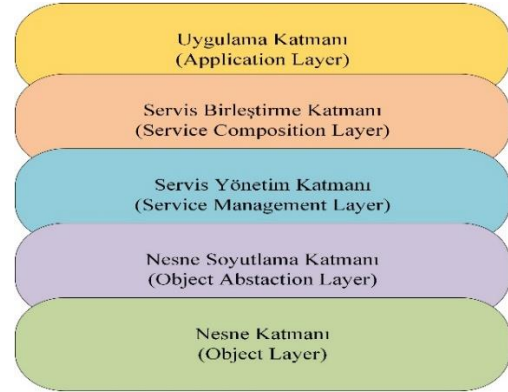
Nesnelerin İnterneti mimari modellerinden genel amaçlı olarak temel kabul edilen mimari yapılardan birisidir. Üç katmandan oluşan bu modelde katmanlar sırasıyla;

Algılama katmanı (Perception layer): Bu katman nesnelerin internetinin duyu organları olarak kabul edilir. Veri toplama ve nesnelerin algılandığı katman olarak özetlenebilir. RFID, ZigBee ve NFC gibi protokoller bu katmanda kullanılır [12].

Ağ katmanı (Network layer): Temel olarak veri iletimi ve veri işleminin gerçekleştiği katmandır. Sistemin beyin kısmı da denebilir. Algılama katmanından gelen verileri işler ve bir üst katmana iletir. IPv6, LowPAN, UDP, ICMP gibi protokoller ise bu katmanda kullanılmaktadır [12].

Uygulama katmanı (Application layer): Diğer iki katmanı tamamlayıcı katmandır. Verilerin kullanılabilir ve sonuçlarının gözlemlenebildiği katmandır. Uygulama katmanında CoAP protokolü kullanılır [12].

2.2. Servis Odaklı Mimari (SOA) Tabanlı Mimari (SOA Based Architecture)



Şekil 3. SOA tabanlı mimari model (SOA based architecture model)

Servis odaklı mimari (Service-Oriented Architecture - SOA) tabanlı mimari temelinde 5 katmandan oluşur. Bu katmanları inceleyecek olursak;

Nesne katmanı (Object layer): Bu katman mimari yapının ilk katmanıdır ve fiziksel işlemlerin gerçekleştiği, algılayıcılardan verinin toplandığı, tahminlerin yapıldığı katmandır. Analog olarak alınan veriler bu katmanda dijital sinyallere dönüştürülerek bir sonraki katmanda kullanılabilir hale getirilip iletilir. Algılayıcı ve veri toplayıcıların koordineli olarak çalıştığı bu katman Nesnelerin İnternetinde ayrıca bir öneme sahiptir. Bunun nedeni büyük veri kümelerinin ya da büyük verilerin bu katmanda oluşmaya başlamasıdır [5].

Nesne soyutlama katmanı (Object abstraction layer): Servis yönetim katmanı için verilerin çeşitli kanallara yönlendirildiği katmandır. GSM, WiFi, 3G, ZigBee gibi çeşitli teknolojilerde kullanılacak verilerin dönüşümünün de gerçekleştiği katmandır. Veri yönetimi ve bulut bilişim (Cloud Computing)’de bu katmanda karşımıza çıkmaktadır [5].

Servis yönetim katmanı (Service management layer): Adres ve toplanan verilerin isimlerinin istemciden gelen isteğe bağlı olarak bir servis yardımıyla karşılaştırıldığı katmandır. Kısaca bu katman verileri alır, işler, karar verir ve istemciye

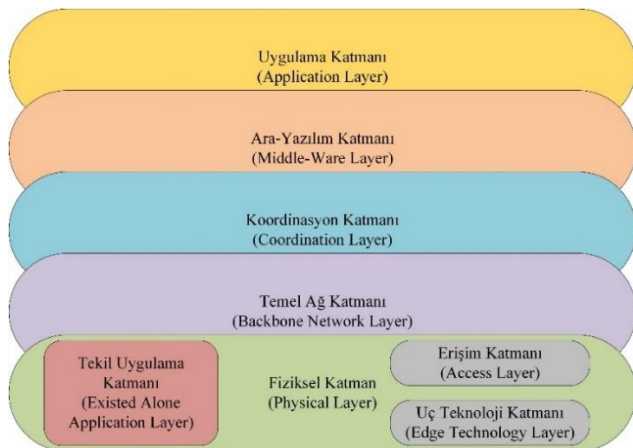
görmek üzere servis birleştirme katmanına yönlendirir [5].

Servis birleştirme katmanı (Service composition layer): Servis katmanlı mimari yapıların hemen hepsinde bulunan bu katmanda nesne notasyonu olmayıp gelen veri kümeleri ve servis yönetimindeki servisleri birleştirerek toplu bir hizmet sunan katmandır. Ayrıca bu katmanda birlikte bir anlam taşıyan servisler birden fazla uygulama için kullanılabilir.

Uygulama katmanı (Application layer): Mimari yapının en üst kısmını oluşturan bu katman, bütün işlenmiş veriyi kullanıcıya sunan ve kullanılmasına imkân veren katmandır.

2.3. Ara-Yazılım Tabanlı Mimari (Middle-Ware Based Architecture)

Lu Tan ve Neng Wang tarafından 2010 yılında geliştirilen mimari model 7 katmandan oluşur [3], [4]. Bu katmanlar sırasıyla şu şekildedir;



Şekil 4. Ara-Yazılım tabanlı mimari model (Middle-Ware based architecture model)

Uygulama katmanı (Application layer): Kullanıcının veri erişimi yapabildiği ve veriler üzerinden işlemler yaparak gözlemleyebildiği katmandır.

Ara-Yazılım katmanı (Middle-Ware layer): Yazılımsal bir katman olup teknoloji ve uygulamalar arasındaki iletişimi gerçekleştiren, teknolojik altyapı farklılıklarını ortadan kaldıran, alt katmanlardan gelen verileri anlamlı hale getiren katmandır. Son yıllarda giderek önemi artan bu katman SOA ilkeleriyle bağdaşmaktadır. Yeni eklenen nesnelerin sisteme kolay entegre edilmesi ve çalışmasını sağlar.

Koordinasyon katmanı (Coordination layer): Ağ katmanından gelen verilerin mantıklı bir bütün oluşturabilmesi için verilerin işlenip anlamlı hale

getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle ortak katmanda gerçekleştirilecek işlemler için verilerin yazılımsal altyapıya uygun hale getirildiği katmandır.

Temel ağ katmanı (Backbone network layer): Veri iletiminin genel anlamıyla taşındığı katman olup IPv6, LowPAN, UDP, ICMP gibi protokollerin de kullanıldığı katmandır [4].

Tekil uygulama katmanı (Existed alone application layer): Bu katman tekli uygulamalar veya iki nesne arası haberleşmede kendini sürdürebilir bir bağın olmasını amaçlayan katmandır. Diğer mimari yapılardan ayıran farklarından biri de budur. Bu mimari modelde kısmen olan bu sistem bizim önerdiğimiz mimari modelde tüm nesnelere desteklemek üzere tasarlanmıştır.

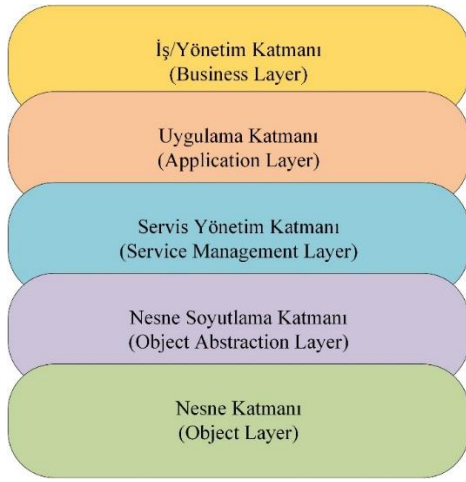
Erişim katmanı (Access layer): Son teknoloji katmanından gelen verilerin temel ağ katmanına iletilmesi için kanallara yönlendirildiği katmandır. Burada verilere erişim son teknoloji katmanındaki veri algılama teknolojilerine bağlı olarak değişmektedir.

Uç teknoloji katmanı (Edge technology layer): Daha çok tak çalıştır (Plug and Play) mantığına dayalı bu katmanda verilerin algılanması, hesaplanması ve iletme uygun hale getirilmesi yönüyle 3 katmanlı (3-Layered Architecture) [12] mimarinin algılama katmanı (Perception Layer) benzerlik göstermektedir.

2.4. Beş Katmanlı Mimari (Five Layered Architecture)

Nesnelerin İnterneti mimari yapılarının içinde en çok bahsedilen ve genel anlamıyla en temel kabul edilen mimari yapıdır.

ITU (International Telecommunication Union) tarafından geliştirilmiş bir mimari modeldir [13]. Temelinde beş katmandan oluşan bu mimari yapıyı diğerlerinden ayıran en önemli özelliği ise en üstte bir yönetim katmanının bulunmasıdır. Bu katmanda (Business Layer) diğer katmanlarda meydana gelen aksaklıklar veya yönlendirmelere müdahale edilebilir ve hatalar bir yönetici olarak giderilebilir. Bu katmanın bir diğer ayırt edici özelliği ise işlem süreçlerinin ve işlemlerin gözlemlenebilir olmasıdır.



Şekil 5. Beş katmanlı mimari model (Five-layered architecture model)

Nesne katmanı (Object layer): Algılama katmanı olarak tanımlanabilir. Diğer mimari modellerde olduğu gibi ısı, sıcaklık, hız, titreşim gibi fiziksel veya analog verilerin algılandığı ve ilk işlendiği katmandır. Önceki mimari modellerde bahsettiğimiz gibi Nesnelerin İnterneti için büyük verilerin (Big Data) [3] oluştuğu katman bu katmandır.

Nesne soyutlama katmanı (Object abstraction layer): Nesne katmanından gelen verilerin dönüştürülerek servis yönetimi katmanına gönderilmek üzere kanallara yönlendiren katmandır. Kısaca Kızılötesi, Bluetooth Low Energy, WiFi gibi çeşitli teknolojilerde kullanılmak üzere dönüştürür. Bulut Bilişim (Cloud Computing) ve veri yönetimi işlemleri bu katmanda gerçekleşir [3].

Servis yönetimi katmanı (Service management layer): Middle-Ware Based [3],[12] mimarisindeki servis yönetimi katmanında olduğu gibi adres ve toplanan verilerin isimlerinin istemciden gelen isteğe bağlı olarak bir servis yardımıyla karşılaştırıldığı katmandır. Verileri alınır, işlenir ve uygulama katmanına yönlendirir [3].

Uygulama katmanı (Application layer): Kullanıcıya verilerin anlaşılabilir bir halde sunulduğu katmandır. En önemli özelliği kullanıcılara istedikleri gibi verilerin gösterilebileceği uygulama ve ortamların olmasıdır. Akıllı evler, akıllı taşımacılık, akıllı tarım uygulamaları gibi [3].

İş / yönetim katmanı (Business layer): Diğer dört katmanı da kontrol eden tek katmandır. Yönetim ve gerektiğinde yönlendirilmelerin yapılabildiği bu katmanda her katmanın çıktısı karşılaştırılır ve sistemin doğru bir biçimde işleyişini sağlar. Sistemdeki büyük veri

kümelerinin analizi, işlenmesini ve karar vermesini mümkün kılar [6], [14].

2.5. Diğer Önerilmiş Mimari Modeller (Other Proposed Architectures)

2.5.1. Beş katmanlı mimari model (Five-layered architecture model)

Kenar teknoloji, erişim geçidi, internet, ara yazılım, uygulama katmanlarından oluşur. Furness tarafından geliştirilmiş bir mimari modeldir. Algılama teknolojisi olarak RFID kullanma mantığına dayalı bir mimari modeldir [15].

2.5.2. Altı katmanlı mimari model (Six-layered architecture model)

Kodlama, bilgi toplama, bilgi erişimi, ağ, bilgi birleştirme, uygulama katmanlarından bu mimari model 2012 yılında X. Cheng ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş bir modeldir [16].

2.5.3. Dört katmanlı mimari model (Four-layered architecture model)

Cihaz, ağ, servis, uygulama katmanlarından oluşan bu mimari model P. Furtado NV. Lopes ve arkadaşları tarafından engellilere yardımcı olabilmek adına geliştirdiği mimari modeldir [17].

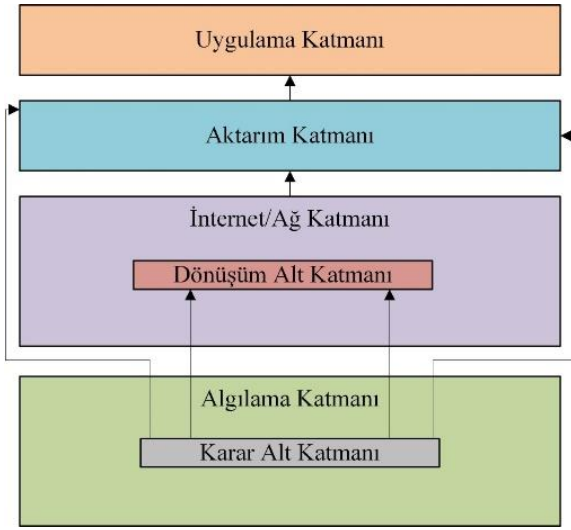
Bu mimari modeller gibi çok sayıda önerilmiş mimari model bulunmaktadır. Önerilmiş mimari model havuzunda bulunan modellerin temel olmayan ancak genel olarak kabul görmüş dört modeli ve literatürde adı sıkça geçen diğer mimari modeller açıklanmıştır. Önerilen modeller açıklanırken bütün eksiklikler ve referans bir mimari modelin olmamasından dolayı yeni bir model önerisinde bulunulmuştur.

3. ÖNERİLEN MİMARİ MODEL (SUGGESTED ARCHITECTURE MODEL)

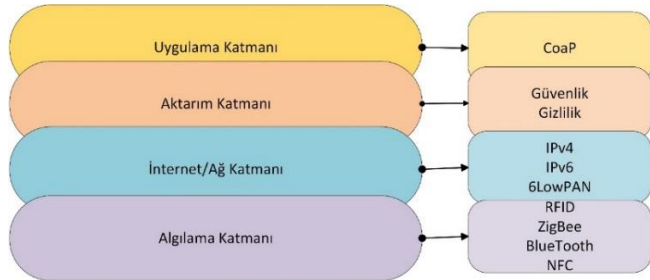
Bu çalışmada, literatürde geçen tüm mimari modeller taranıp genel amaçlı olan mimari modeller listelenmiştir. Önerilen mimari modeller havuzunda bulunan mimari yapılar içerisinde henüz bir temel veya referans model olacak kadar kapsamlı bir yapı bulunmadığından, referans model olabilecek yeni, katmanlı ve geniş teknolojik altyapı kullanabilen bir mimari model ihtiyacı doğmuştur.

Önerilen mimari model 4 katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar sırasıyla; algılama

katmanı, internet/ağ katmanı, aktarım katmanı ve uygulama katmanlarından oluşur. Katmanlar, katmanlarda gerçekleşen veri iletimi ve bu katmanlarda kullanılacak protokoller Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 6. Önerilen mimari modelin katmanlı yapısı (The layered structure of proposed architecture model)



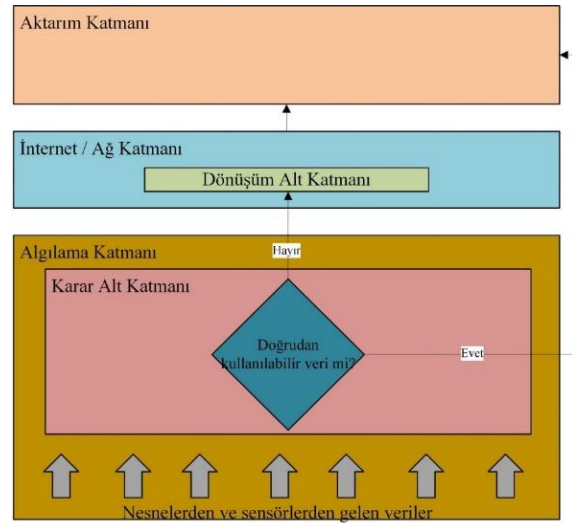
Şekil 7. Katmanlar ve protokol yığın yapısı (Structure of layers and stack of protocols)

Şekil 7’de önerilen mimari modelin protokol yığın yapısı gösterilmiştir. Önerilen modelin en önemli farklarından bazıları, karar alt katmanı (KAK) ve dönüşüm alt katmanlarının olmasıdır. Bu alt katmanlar sayesinde toplanan veriler analiz edilerek internet/ağ katmanına iletilir. İnternet/ağ katmanına gelen istekler ve veriler dönüşüm alt katmanı yardımı ile bilirlri bir formata dönüştürülür ve aktarım katmanına iletilir. Buradaki amaç veri iletimini sağlıklı hale getirip güvenilirliğini arttırmak ve daha hızlı veri iletişimi ve kullanıcılara daha etkin hizmet sunulmasıdır.

Algılama katmanı (Perception layer): Bu katman algılayıcı ve harekete geçiricilerden (actuators) oluşmaktadır. Bu katmanda algılayıcılardan toplanan veriler sıralanır ve bir üst katman olan internet / ağ katmanının dönüşüm alt katmanına gönderilir. Algılama katmanında

BlueTooth, ZigBee, NFC algılayıcıları, RFID etiketleri bulunur, veri toplama ve analiz işini yapar. Büyük veri kümelerinin oluşması ve büyük verilerin işlenmesi ilk olarak bu katmanda başlar. Yine algılama katmanında bulunan harekete geçiriciler yardımı ile anlık cevap verilmesi ve eylemin tamamlanabilmesini sağlar. Örneğin; yangın çıkması halinde duman, ısı ve sıcaklık algılayıcılarından gelen veriler değerlendirilerek anında müdahale edilmesi gerekirse harekete geçiriciler uyarılır ve müdahale gerçekleştirilir.

Karar alt katmanı (Decision sub layer): Algılayıcılardan toplanan verilerin analizi yapılarak, bazı uygulamalarda doğrudan kullanılabilir olmasından dolayı dönüşüm alt katmanına uğramadan direkt olarak ulaşım katmanına iletilerek veri trafiğine neden olmadan bu verilerin uygulamalarda kullanılmasını sağlar. Örneğin ısı, sıcaklık, basınç algılayıcılarından gelen verilerin dönüşüme ihtiyacı olmadığından, doğrudan ulaşım katmanına iletilir. Şekil 8’de karar alt katmanının yapısı ve çalışma biçimi gösterilmiştir.

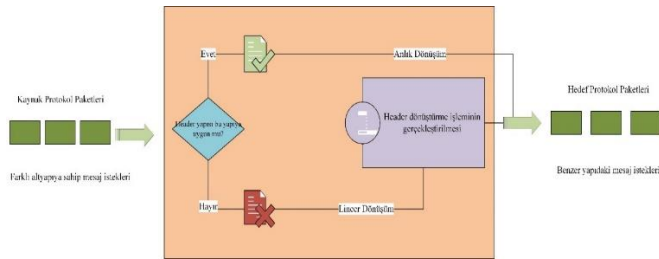


Şekil 8. Karar alt katmanı yapısı (structure of decision sub layer)

İnternet / Ağ katmanı (Internet / Network layer): İnternet / Ağ katmanı farklı ağ yapısına, platform veya teknolojik alt yapıya sahip nesnelere gelen verilerin düğümler arası veya nesnelere arası iletiminin gerçekleştirildiği katmandır. Önerilen modelde internet/ağ katmanında diğerlerinden farklı olarak dönüşüm alt katmanı bulunmaktadır. IPv6, 6LowPAN, Physical Radio gibi protokoller internet/ağ katmanında kullanılır.

Dönüşüm alt katmanı (Transform sub layer):

Algılayıcılardan ve harekete geçiricilerden gelen istek mesajlarının yönlendirilmesinden sorumlu merkez konumundadır. Farklı uygulamalardan gelen mesaj isteklerinin ve veri paketlerinin (farklı yapı / boyuttaki isteklerin) dönüştürülmesi dönüşüm alt katmanında gerçekleştirilmektedir. Gelen istek mesajının header kısmına bakan dönüşüm alt katmanı, onaylanabilir bir yapıda olması halinde doğrudan iletip, farklı bir yapıda ise uygun bir formata dönüştürme işlemini gerçekleştirir. Bu işlemdeki amaç farklı altyapıdan gelen mesaj isteklerindeki farklılıkları ortadan kaldırmaktır. Bu sayede istem dışı bir isteğin veya bir saldırının da önüne geçilmiş olur ki bu da güvenlik aşamasında yapılacak işlemleri kolaylaştıracaktır. Dönüşüm alt katmanının yapısı ve veri iletim biçimi şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Dönüşüm alt katmanının yapısı (Structure of decision sub layer)

Aktarım katmanı (Transport layer): Gelen mesaj istekleri ve verilerin sağlıklı bir biçimde güvenilirlik (reliability) ilkesini temel alarak aktarıldığı katmandır. Güvenlik/Gizlilik (Security/Privacy), güvenilirlik (reliability), ölçeklenebilirlik (scalability) ve heterojenlik (heterogeneity) ölçütlerinin sağlanması için gerekli tüm işlemlerin gerçekleştirildiği katmandır. Ayrıca servis kalite kuralları (Quality of Service - QoS) uygulanır [18].

Uygulama katmanı (Application layer): Bütün cihazlardan ve veri toplayan algılayıcılardan gelen verilerin işlenmiş ve anlaşılabilir hale getirilip son kullanıcıya sunulduğu yazılımsal katmandır. Uygulama katmanında gerçek veriler görüntülenir ve görülebilir sonuçlardan değerlendirmeler yapılır. Bu değerlendirmeler sonucu sisteme yeni entegrasyonların yapılıp yapılmamasına veya mevcut yapıların güncellenmesine karar vermekte yardımcı olur. Ancak uygulama katmanını algılama katmanındaki KAK gibi verileri aldığı andan itibaren değil, işlenmiş verilerin sonuçlarını gözlemleyerek yeni güncelleştirmeler veya eklemeler yapmayı sunar.

Kullanım alanları: Önerilen mimari modelin akıllı ev, işyeri, şehir ve okul uygulamaları gibi sosyal alanlarda, doğal afet erken uyarı sistemleri uygulamaları ve endüstriyel uygulamalar gibi ekonomik ve yaşamsal öneme sahip alan ve durumlarda, akıllı sağlık uygulamaları, akıllı araç, haberleşme ve yol uygulamaları gibi iletişim ve ulaşım alanlarında kullanılması amaç edinilerek önerilmiştir.

Önerilen modelin diğer modellerden farkı da ağ katmanında ICMP, ARP, IP gibi protokoller kullanılarak doğru bir routing işleminin gerçekleştirilmesidir. Klasik ağ yapılarında mantıksal adresleme yapılarak gönderilen her paketin header kısmına adres bilgileri eklenir, son paketin header kısmına ise gönderilen verinin kaç paketten oluştuğu gibi bazı sayısal veya istatistiksel veriler eklenir. Önerilen mimari modelde ise bunların yanı sıra farklı uygulamalardan gelen mesaj isteklerinin tek bir formata dönüştürülerek adresleme işlemlerinin kolay ve doğru yapılabilmesi, farklı mesaj isteklerinin her uygulamada kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Önerilen mimari modelin diğer mimari modellerle karşılaştırılması Tablo 1’de verilmiş olup, öne çıkan ölçütler ise şunlardır;

Akıllı kontrol: Önerilen mimari modelde nesnelere veya algılayıcılardan doğrudan gelen mesaj isteklerinin yönlendirilip veri iletim hızının artırılması sağlanır. Ayrıca bazı nesnelere gelen verilerin uygulamalarda herhangi bir dönüştürme işlemine ihtiyaç duyulmadan kullanılması gerekebilir. Bu tür veriler dönüştürme işlemine tabi tutulmadan iletilirler. Bu yönlendirme işlemlerinin gerçekleşmesi için akıllı bir karar mekanizmasının olmasını gerektirir ki bu noktada KAK devreye girmiş olacaktır. KAK sisteme akıllı bir kontrol mekanizması kazandırmış olur.

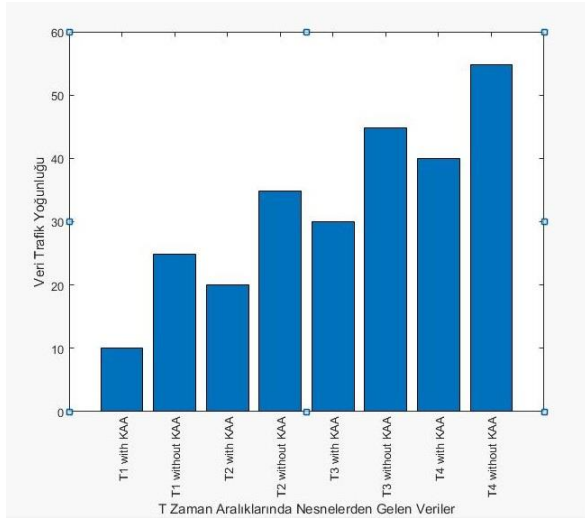
Dinamiklik: Önerilen mimari modelin dinamik bir yapıda olması, herhangi bir hata veya yeni donanım / nesnelere algılanmasında meydana gelebilecek sorunlar veya veri iletiminde oluşabilecek problemler karşısında müdahale edilebilir / değiştirilebilir bir yapıya sahip olmasıdır. Ayrıca önerilen mimari modelde veriler üzerinde işlemlerin daha fiziksel katmanda başlaması sistemin temelden dinamik bir yapıya sahip olduğunu da göstermektedir.

Tablo 1: Önerilen mimari modelin diğer mimari modellerle karşılaştırılması

Ölçütler	Beş- Katmanlı SOA Tabanlı	Ara Yaz. Tabanlı Üç-Katmanlı	Önerilen Mimari
Güvenilirlik	✓	✓	✓
Heterojenlik	✓	✓	✓
Ölçeklenebilirlik	✓	✓	✓
Birlikte çalışabilirlik	✓	✓	✓
Güvenlik / Gizlilik	✓	✓	✓
Dinamiklik	✓	✗	✓
Smart Control	✗	✗	✓

4. SONUÇ (CONCLUSION)

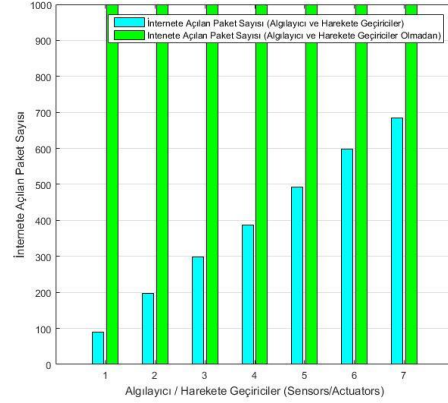
IoT hakkında genel bilgiler verilmiş olup çoklu nesne bağlantılarında veri iletişimi ve nesne tanıma/tanımlama ile ilgili sorunların oluşabileceği ile ilgili noktalara değinilmiş ve temel veya referans olabilecek mimari bir modelin olmamasından dolayı akıllı kontrol ve dinamik bir yapıya sahip katmanlı bir mimari model önerisinde bulunulmuştur. Önerilen bütün mimari modellerde herhangi bir benzetim veya matematiksel bir karşılaştırma yapılmamıştır.



Şekil 10. T zaman aralığında ağdaki veri yoğunluğu (Data density at T time periods)

Şekil 10'da Matlab ortamında gerçekleştirilen algılama katmanı bulunan karar alt katmanının benzetiminde normal bir ağ ve önerilen mimari model kullanılan ağdaki veri yoğunluğu gösterilmiştir. Buna göre T zaman aralıklarında algılayıcılardan alınan verilerin bir kısmı internet ortamına açılmadan harekete geçiricilere yönlendirilerek internete açılan paket sayısında ciddi bir oranda azalma gözlemlenmiş ve veri trafiğinde ciddi bir azalma görülmüştür. Burada veri paketlerindeki azalmalar kayıp değil

paketlerin harekete geçiricilere yönlendirilmesinden kaynaklanmaktadır. Karar alt katmanında algılayıcılardan gelen veriler analiz edilerek internet ortamına aktarılacak veriler aktarılır ve kalan diğer paketler internet ortamına aktarılmadan harekete geçiricilere yönlendirilerek o anda beklenen eylem aktive edilir.



Şekil 11. Algılayıcı ve harekete geçiriciler kullanıldığında ağdaki paket sayısı (Number of packages on network when sensor and actuators are used)

Şekil 11'de ise algılama katmanında bulunan algılayıcı ve harekete geçiricilerin Matlab ortamında bir benzetimi yapılmıştır. Ağ ortamına gönderilmesi gerekli olmayan verilerin internete açılmadan değerlendirilip doğrudan uygulama katmanına veya harekete geçiricilere yönlendirilmesiyle ağdaki veri trafiğini bir kez daha ciddi bir oranda azalttığı gözlemlenmiştir. Diğer önerilmiş mimari modellerde herhangi bir benzetim yapılmamasına karşın önerilen modelde algılama katmanı farklı yönleriyle simüle edilmiştir. Diğer katmanlar ve sistem bütünü benzetim çalışmaları da devam etmektedir.

Ayrıca önerilen mimari modelin yapısı, katmanları ve kullanılacak protokoller açıklanmıştır. Önerilen mimari modelde veri iletiminin hızlı ve etkili olabilmesi ve veri trafiğinde herhangi bir aksaklığın yaşanmaması için katmanlarda bulunan alt katmanlarda veriler uygun bir şekilde yönlendirilip bir üst katmana iletilir ve bir üst katmanda bulunan alt katmanda belirli bir formata dönüştürülerek hem veri iletimindeki aksaklıklar giderilmeye çalışılmıştır. Bu yönüyle önerilen mimari model diğer mimari modellerden daha farklı bir yapıya sahip olup hem veri iletimi hem de platform problemleri göz önüne alınmıştır. Diğer önerilmiş mimari modellerde bu durumlar göz önüne alınmadığı gibi veri iletimi konusuna da değinilmemiştir. Bu yönüyle de diğer önerilmiş mimari modellerden farklı ve daha etkili çözümler

getirmiş ve literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Gelecekte önerilen mimari modelin veri trafiği yükünü azaltmak, farklı teknolojilere ait nesnelerin ve farklı platformlardan kaynaklanan problemlerin minimize edilebilmesi için yeni protokollerin yazılması ve/veya kullanılacak protokollerde mevcut bulunan algoritmik yapılarının güncellenmesi, kullanılacak protokollerin ve alt katmanlardaki veri iletiminin bilgisayar ortamındaki benzetimlerinin yapılması ve sayısız adreslenebilir kablolu ve kablosuz nesneden oluşan sistem bütününde özellikle kablosuz nesnelerin haberleşmesinde meydana gelecek olan spektrum yetersizliği problemi giderilmeye yönelik çalışmaların yapılması planlanmaktadır. Son olarak gelecek çalışmalarda nano nesnelerin interneti (Internet of Nano Things) ve uzak nesnelerin interneti (Internet of Remote Things) üzerine çalışmaların yapılması da düşünülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] <https://www.cl.cam.ac.uk/coffee/qsf/coffee> Erişim tarihi: 04.11.2016
- [2] <https://romkey.com> – Erişim tarihi: 04.11.2016
- [3] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, M. Ayyash, “Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications,” *IEEE Communication surveys & tutorials vol. 17, No 4, fourth quarter, pp. 2347-2376, 2015.*
- [4] D. Evans, “The Internet of things: How the next evolution of the Internet is changing everything,” *CISCO, San Jose, CA, USA, White Paper, 2011.*
- [5] J. Gantz, and D. Reinsel, “The digital universe in 2020: Big data, bigger digital shadows, and biggest growth in the far east,” *IDC iView: IDC Anal. Future, vol. 2007, pp. 1–16, Dec. 2012.*
- [6] S. Taylor, “The next generation of the Internet revolutionizing the way we work, live, play, and learn,” *CISCO, San Francisco, CA, USA, CISCO Point of View, 2013.*
- [7] <http://www.compose-project.eu> – Erişim tarihi: 15.11.2016
- [8] <http://www.iot-butler.eu/> - Erişim tarihi: 15.11.2016
- [9] D. Macedo, I. Silva, “A dependability evaluation for internet of things incorporating redundancy aspects,” *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, pp. 417 - 422, 2014.*
- [10] F. Ganz, P. Barnaghi, H. Hiroaki, “A Resource Mobility Scheme for Service-Continuity in the Internet of Things,” *IEEE International Conference on Green Computing and Communications, pp. 261-264, 2012.*
- [11] C. Sarkar et al. "DIAT: A Scalable Distributed Architecture for IoT," *IEEE Internet of Things Journal, pp. 230 - 239, 2015.*
- [12] Z. Yang, Y. Peng, Y. Yue, X. Wang, Y. Yang, and W. Liu, “Study and application on the architecture and key Technologies for IoT,” *978-1-61284-774-0/11/\$26.00 IEEE, pp. 747-751, 2011.*
- [13] “Principles for a Telecommunications Management Network, Telecommunication Standardization Sector of ITU,” *ITU, ITU-T Recommendation M.3010, pp. 15-19.*
- [14] R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer, and S. Khan, “Future Internet: The Internet of Things architecture, possible applications and key challenges,” *in Proc. 10th Int. Conf. FIT, pp. 257–260, 2012.*
- [15] Furness A, CASAGRAS and the Internet of Things, <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4461/2>, 2008. Erişim tarihi: 16.15.2016
- [16] M. Zhang, X. Cheng, F. Sun, “Architecture of internet of things and its key technology integration based-on RFID,” *IEEE Fifth International Symposium on Computational Intelligence and Design, pp. 294-297, 2012.*
- [17] N. V. Lopes, P. Furtado, F. Pinto, J. Silva, “IoT Architecture proposal for disabled people,” *IEEE, 2014 Third International Workshop on Internet of Things (IoT) Communications and Technologies, pp. 152-158, 2014.*
- [18] Bozdoğan Z, “Nesnelerin interneti için mimari tasarımı”, *Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2015.*