

# IoT STANDARTLARININ GELİŞİMİ VE MİMARİ YAPI

S. Vedat Karaarslan

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Üniversiteler Mah. Dumlupınar Bulv. No: 1, Çankaya ANKARA

kvedat@metu.edu.tr

## ÖZET

IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) kuruluşu IoT (Internet of Things) mimari yapısı ve standartlarının oluşumunu 4 ana başlık altında; 1. Arayüzlerin tasarımı (UI) ve bu arayüzlerin nasıl daha basit, hızlı ve efektif kullanılması gerektiğini gösteren (UX) ile IPV6 protokolü kullanılarak ağın ölçeklenebilirliğinin tesis edilmesi olarak platform 2. Giyilebilir teknolojiler, akıllı otomobiller ve evler, endüstriyel IoT gibi ve M2M gibi uygulamaların oluşturduğu bağlantı, 3. İş modellerinin yapılarak kurulması için yatırım yapmak, işletmek ve bu modeller üzerinden e-ticaret gibi uygulamaları başlatmak, 4. Veri toplamak, analiz etmek ve ağı yönetimi olarak toplamıştır. IoT standartizasyonu için IEEE nin P2413 (Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things) numaralı standartın yanı sıra Industrial Internet Consortium, OneM2M, LoRA alliance, IPSO alliance (IP for Smart Objects), IETF- 6 LoWPAN Working Group, CoRE (Constrained Restful Environment) working group, ROLL (Routing over Low Power and Low Noisy networks) working group, NIST Smart grid forum, ETSI, 3GPP Standard- IMS, 5G americas, CENELEC (European Committee for ElectroTechnical Standardization), IoT-A, ATIS, TIA, Open Mobile Alliance, Broadband Forum, OASIS, OGC ve GSI kuruluşları da standartların oluşumu için çalışma yapmaktadır. Bu bildiri de IEEE P2413 numaralı IoT standartının gelişimi ve mimarisi esas alınarak Bulut Bilişim ile IoT ile ilgili standart ve mimariler ile bir karşılaştırma yapılacaktır.

## Anahtar Kelimeler

Internet of Things, IEEE P2413, LoRA, 3GPPP, CENELEC, ETSI

## ABSTRACT

IEEE foundation groups the development of IoT (Internet of Things) architecture and standards under 4 main titles; 1. Designing the User Interface and testing the scalability of the network by using IPV6 which shows how networks should be more simple, fast and effective. 2. The connection formed by wearable technologies, smart cars and houses, industrial IoT and M2M applications. 3. Investing and operating on business models and starting e-trade applications based on them. 4. Collecting and analysing data and managing network. In order to standardize IoT, besides the number P2413 standard, Industrial Internet Consortium, OneM2M,

LoRA alliance, IPSO alliance (IP for Smart Objects), IETF- 6 LoWPAN Working Group, CoRE (Constrained Restful Environment) working group, ROLL (Routing over Low Power and Low Noisy networks) working group, NIST Smart grid forum, ETSI, 3GPP Standard- IMS, 5G americas, CENELEC (European Committee for ElectroTechnical Standardization), IoT-A, ATIS, TIA, Open Mobile Alliance, Broadband Forum, OASIS, OGC ve GSI foundations are working on the development of standards. In this report, Standards and architectures of Cloud computing and IoT will be compared based on the development and architecture of IoT standard number P2413.

## Keywords

Internet of Things, IEEE P2413, LoRA, 3GPPP, CENELEC, ETSI

## Giriş

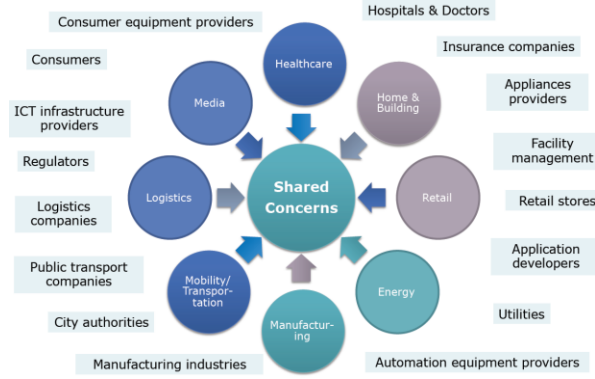
Akıllı ev ve şehirler, ulaştırma ve enerji alanında en fazla yatırımı payına sahip olan IoT teknolojileri ile (Gartner, 2015) kurumsal yapıların sayısal dönüşümü, sağlanarak küresel anlamda yatırımların 2019 yılında 1.9 Trilyon \$ değerine ulaşması 2025 yılında ise Pazar payının 11.9 Trilyon \$ değerine ulaşması beklenmektedir. [1] Söz konusu pazar paylarına karşılık gelen cihaz/ kişi dağılımı Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo. 1 Dünya nüfusu ve IoT

TARİH	DÜNYA NÜFUSU (milyar)	BAĞLANTILI CİHAZ SAYISI (adet)	KİŞİ BAŞINA BAĞLI CİHAZ SAYISI
2003	6.3	500 milyon	0.08
2010	6.8	12.5 milyar	1.84
2015	7.2	25 milyar	3.47
2020	7.6	50 milyar	6.58

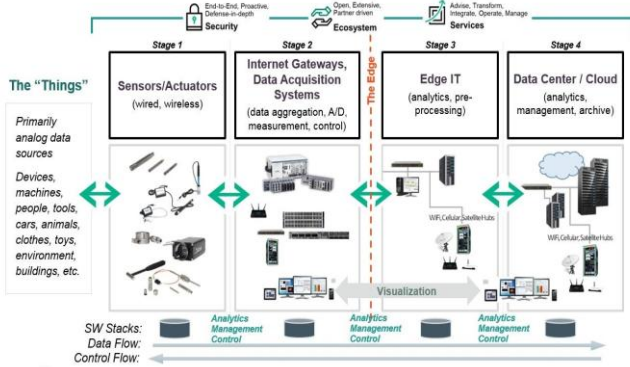
Bu gelişme eğilimi ile birlikte IoT yapılarının gerek mimari gerekse bu mimari üzerinde altyapılar için uygulanacak standartizasyonların tesis edilmesi önem kazanmaktadır. Bu standartlar platform, bağlantı (connectivity), iş modeli (business application) ve nesnelerin belirlenmesi, (Şekil 1) verilerin toplanması ve

analiz edilmesine yönelik uygulamalara yönelik işlemler (killer application) olmak üzere 5 başlık altında toplanır. Nesnelerin interneti (IoT) uygulamalarına yönelik mimari teknoloji (Şekil 2) altyapısı ise donanım (sensörler, aktüatörler), verilerin toplandığı kısım (internet gateway) , verilerin analiz ve ön işleme tabi tutulduğu kısım (Edge IT) ve analiz, yönetim, arşivlemenin yapıldığı kısım ( Data center/Cloud) olmak üzere 4 ana başlık altında incelenir. [2]



Şekil 1. IoT komponentleri [3]

Bu mimari yapı üzerinde çevrenin korunmasını teminen sağlıklı bir eko sistem oluşturulması, yatırım kaynaklarının verimli kullanılması (CAPEX), işletme maliyetlerinin en aza indirilmesi (OPEX) ve ilgili pazara zamanında giriş ve sistemler arası uyum sağlanması için IoT standartizasyonlarının uyumluluk (compatibility) oluşturulması gereği bulunmaktadır.

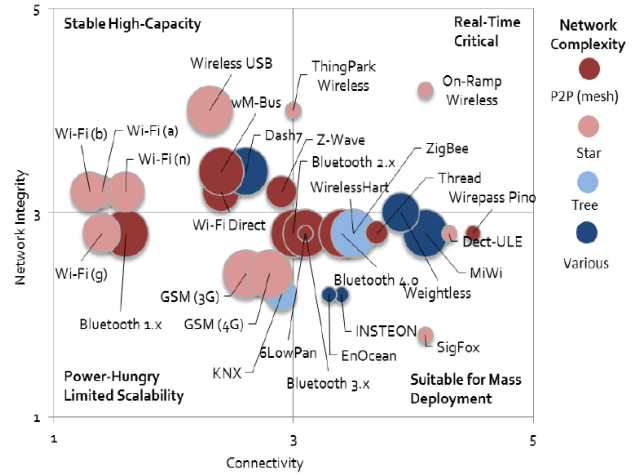


Şekil 2. IoT Mimarisi

## STANDARTLARIN OLUŞTURULMA GEREKLİLİĞİ

IoT nin mimari yapısını içinde donanım, iletişim, yazılım ve uygulama seviyeleri olarak belirlenen her bir yapı içinde standartizasyonun sağlanması gerekliliği pazarda bulunan birçok üreticinin farklı teknolojik ürünleri pazara sürmesinden dolayı bir gereklilik olarak görülmektedir. Söz konusu farklı ürünler kablosuz

iletişim alanında yüksek kapasiteli kararlı sistemler, gerçek zamanlı kritik sistemler, güçlü ölçeklenebilir ağlar, kitlesel yayılım için uygun ağlar alanında (domain) P2P (peer-to-peer) ağ, yıldız ve ağaç topolojisi ile çeşitli üreticiler ve standartlarla pazarda yer almaktadır. (Şekil 3)



Şekil 3. IoT için kablosuz ağlar alanları [4]

Bütün bu farklı erişim yöntemleri ölçek ekonomisine uygun bir altyapı kurulması, daha fazla ve farklı üretici ürünlerinin pazara girmesi ve IoT paydaşlarının sayısının artması, altyapıların kurulabilmesini teminen ağ üzerinde çalışacak yazılımlar ve uygun API yazılımları ve farklı üretici cihazları arasında yatay-dikey standartizasyonların sağlanması için düşük sermaye gideri oluşturulması (CAPEX), ağlar üzerinde düşük tarife oranlarının tüketicilere yönelik uygulanması, iş uygulamalarına yönelik daha verimli ağlar kurulması (OPEX) ve IoT ürünlerinin pazarda yer alacak şekilde çekirdek iş modellerinin gelişiminin sağlanmasına yönelik uygulamaların geliştirilmesi standartizasyonların oluşturulması için gerekli görülmektedir. Bu bağlamda standartizasyonlar otomotiv, ev, enerji ve sağlık alanları olmak üzere güvenli/gizli, cihazdan yönetim odaklı, veri alış verişi ve ağlar arasında iletişim (interworking) ve birlikte çalışabilirlik (interoperability) alanları öncelikli olmaktadır. Bu mimari yapılar üzerinde ise IP iletişim protokolünü destekleyen bir yapı, bir uygulamaya ait yeteneklerin başka bir uygulamada da kullanımı (API), mevcut iletişim protokollerinin kullanımı ve gelecekte kullanılacak yapay zeka uygulamaları da dahil olmak üzere anlamsal ağ (semantic web) uygulamalarında ortak bir gelişim gösterilmesinin sağlanmasıdır. Bütün bu çalışmalarda esaslar test ve birlikte çalışabilirlik anlamında ağ üzerinde referans noktaları oluşturulması , IoT cihazlarına sertifikasyon sağlanması ve açık kaynaklı yazılımlarla kullanıcıya istediği anda yazılımı değiştirme özgürlüğü tanınarak açık kaynak yapıları bir ağ yönetiminin kurulmuş olması hedeflenmektedir. IoT standartizasyonları Fikri ve Sinai Mülkiyet haklarının ihlal edilmesine yönelik ve özellikle yönlendiriciler, ağ kapıları ve IP kameralar gibi ürünlere yönelik adli kovuşturmalara ilgili siber suçlar yasa ve mevzuat

uygulamalarına uygun olarak tesis edilmesi gerekliliği bulunmaktadır.

### IoT STANDARTİZASYON ÇALIŞMALARI

Siber Fiziksel Sistemler (CPS) akıllı ağ alt yapılı enerji sistemleri, otonom otomobil sistemler, medikal gözlem, otomatik kontrol sistemleri, robotik ve uçuş kontrol sistemleri gibi uygulamaların fiziksel bağlantılarını bilgisayarlar üzerinden internet ortamına taşınmasını sağlar. Sibernetik, mekatronik ve tasarım/proses olarak CPS, havacılık, otomotiv, kimyasal prosesler, inşaat altyapıları, enerji, sağlık, fabrika, ulaşım, eğlence, insan-bilgisayar etkileşimi ve tüketici elektroniğinde gömülü sistemler alanında kritik teknoloji olarak ve Endüstri 4.0 a giden bir yol olarak tanımlanmaktadır. IEEE-SA Corporate Advisory Group 200 den fazla firmanın katılımı ile bütün bu farklı endüstriyel gruplar arasında uyumun sağlanması için korumalı, güvenli, gizliliği kapsayan ve emniyeti içeren bir iletişim sağlanması için çalışmalar sürdürmektedir. Bu standard, çeşitli IoT alanlarının tanımlarını, ve farklı katmanları arasındaki uyumu içeren bir referans mimari çerçeve tanımlar. IEEE bünyesinde kurulan alt grup (WG) çalışmaları kapsamında 2014, 2015 ve 2016 yıllarında olmak üzere toplam 4 rapor yayımlanmış, 2017 yılı içinde ve 2018 yılında da birer rapor yayımlanmayı planlanmaktadır.

Bu çalışmalar IoT 'ye yönelik olarak P2413 standartının tesisi için 2011 yılında yayımlanan Sistem ve Yazılım Mimarisi olarak AT&T, CISCO, GE ve IBM firmalarının da içinde bulunduğu IIC (Industrial Internet Consortium) ve IEEE nin ortak çalışma grupları kapsamında 2017 yılı içinde konfirmasyonu yapılan ISO/IEC/IEEE 42010 standartındaki tanımlamaları esas alır. Çalışmaları halen devam etmekte olan P2413 standardı tamamlandığında ulaşım ve sağlık hizmetleri başta olmak üzere IoT ortak mimari dikey yapısı içinde bütün katmanlara uygulanacak bir referans model oluşturacaktır. IoT standartlarının farklı teknoloji üreticileri arasında yakınsamayı sağlayacak bir altyapı sağlamasına yönelik olarak Intel tarafından açıklanan cihazdan cihaza (device to device) uygulamalar OIC (Open Interconnect Consortium) çalışmaları kapsamında IoTvity, büyük çoğunluğunu üniversite ve firmaların oluşturduğu (The Open Connectivity Foundation) kuruluşu, standartizasyonların IoT GSI (Global Standard Initiative) girişimi ise IoT uygulamalarını Akıllı Şehirlerde uygulanmasına yönelik oluşumu IoT-Ecosystem adı altında yapmaktadır. Bütün bu çalışmalar IoT için ortak bir IEEE P2413 standartının tesis edilmesi hedefine doğru gitmektedir.

### IoT VE IEEE P2413 STANDARTI

IEEE nin IoT için geliştirmekte olduğu P2413 standartının hedefi altyapı üzerinde değişik alanlardaki (domain) etkileşimlerin gerçekleştirilmesi, IoT alanlarının tanımlanması, farklı IoT alanlarının ortak bir yaklaşımla tanımlanması, dörtlü olarak (quadruple) tanımlanan koruma (protection), güvenlik (security),

gizlilik (privacy) ve emniyetli (safety) özellikte kaliteli iletişim sağlanması, alanlar arasında etkileşimi teşvik ederek birlikte çalışabilirlik ve işlevsel yönden uyumluluk sağlanarak IoT pazarının gelişiminin sağlanıp mimari yapının kurulmasını desteklemektir. Standart, IoT topolojisinin ve mimarisinin en üst hiyerarşik seviyesinden en alt seviyesine yaklaşım olacak şekilde ISO/IEC/IEEE 42010 sistem ve yazılım mühendisliği standartını da kapsayacak şekilde tanımlanmaktadır. P2413 standartının gerçekleştirilmesi için 3 aşamalı bir yaklaşım gösterilmektedir. Buna göre :

Bölüm 1: IoT Dikey Uygulama Alanı olarak IoT dikey uygulama içeriğinde bulunan nesnelerin IoT davranışlarının tanımı yapılır.

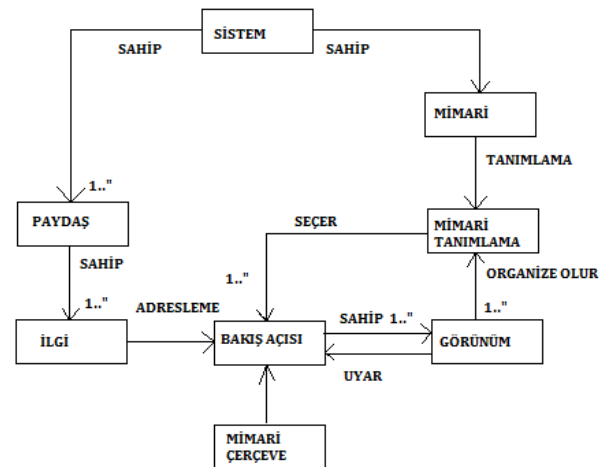
Bölüm 2: IoT yatay modelleme olarak IoT alanlarının çekirdek karakteristiklerinin tanımları yapılır.

Bölüm 3: Çerçeve Mimari olarak P2413 IoT mimari yapısının ISO/IEC/IEEE 42010 standardı ile uyumunun sağlanması gerçekleştirilir.

P2413' nin ana hedefi uygulama alanları ile teknoloji arasında yakınsamayı sağlayacak dönüşüme açık gelişimin sağlanması , genişleyebilir bir mimari çerçevenin sağlanması ve aynı standartlara dayalı bir hedef, global seviyede IoT çalıştaylarının sağlanması ve IEEE nin diğer grupları ile çalışmaların gerçekleştirilerek 2020 yılına kadar açık ve ortak bir IoT birliğinin kurulması hedeflenmektedir.

### IoT VE ISO/IEC/IEEE 42010 STANDARTI

IEEE 42010 standartında mimari görünüm için kavramsal modelin tanımı yapılmıştır. Bir sistemin kendisiyle ilgili birden fazla paydaşı vardır ve bu bakış açılarıyla adreslenerek görünüm bakış açılarından elde edilir. (Şekil 3) Bu ilgiler bakış açılarıyla adreslenerek uyumlu bir grup görünümünü kapsar.



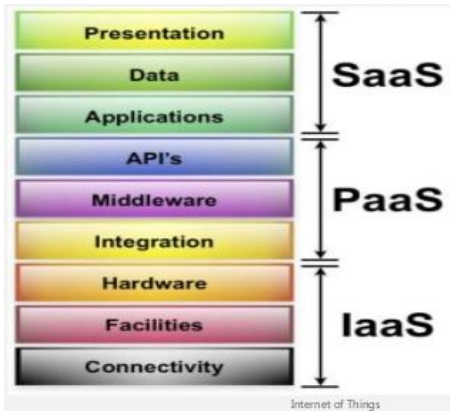
Şekil 3. Mimari Görünümler için Kavramsal Model (IEEE42010)

Bu mimarileri tanımlamak için belirlenen bir alanda veya paydaş topluluğu arasında tanımlanmış kurallar, prensipler ve pratikler bulunur. [5]

Industrial Internet Consortium (IIC) AT&T , Cisco, GE, IBM ve Intel tarafından 2014 yılında kurulmuş kar amacı gütmeyen bir kuruluştur. Industrial Internet Architecture Framework (IIAF) ve Industrial Internet Reference Architecture (IIRA) temel çerçevesini IIAF üzerinde 'ISO/IEC/IEEE 42010:2011' nin kurallarının uygulanması ile tesis edilir. IIC konsorsiyomu iyi bir ekosistem kurulmasına yönelik olarak nesnelere ile insanlar arasında ortak bir altyapı mimarisi üzerinden iş süreçlerinin tanımlanması ve birlikte çalışabilme yeteneklerinin gelişimi için IEEE42010 standartını da kapsayacak şekilde çalışma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Standartın uygulanmasında farklı sistemlerin altyapıları üzerinde farklı ilgilerin adreslenmesi ihtiyacı nedeniyle, bakış açılarının sabitlenmemesi gerektiğinin ve bunun yerine çoklu bakış açılarının kullanılabilmesinin farkına varılması ile IIoT ağlarında sensörler ve aktüatörler başta olmak üzere bütün nesnelere adreslenebilirliği gerçekleştirilmektedir.

### IoT İÇİN IEEE BULUT BİLİŞİM STANDARTLARI

Bulut bilişim, minimum yönetim özellikli veya servis sağlayıcı etkileşimiyle servislerin hızla tanımlanabileceği veya sistem üzerinden alınabileceği, ağ, sunucu, depolama kaynakları, uygulamalar ve hizmetler gibi yapılandırılabilir bilgi kaynaklarının paylaşılan bir havuza talep üzerine kolay erişim sağlayan bir modelidir. [6] IoT ağ altyapısına bağlanacak sensörler ve aktüatörlerden gelecek bilgiler büyük veri (big data) şeklinde bulut (cloud) üzerinde depolanmaktadır. Söz konusu veriler gerçek zamanlı olarak işlenip analiz edilmesine görselleştirilmesine, operasyonel değişikliklerin uygulanmasına ve yönetilmesine yönelik bulut hizmetleri üzerinde aynı zamanda yapay zeka uygulamalarının da gerçekleştirilmesi yer almaktadır. Büyük veri teknolojileri sürekli sensör verisi akışları değerlerini saklamak, yönetmek ve veri analitiğinin yapılabilmesine yönelik geliştirmelerin bulut sistemleri üzerinde gerçekleştirilmesi aynı zamanda IoT standartlarının geliştirilmesi ile daha yönetilebilir bir altyapının kurulmasını sağlayacaktır.



Şekil 4. Bulut Mimarisi

Bulut mimarisi talep üzeri self-servis, geniş ağ erişimi, daha fazla tüketiciye ulaşmak üzere tesis edilen bir kaynak havuz, verinin işlenmesine yönelik sürat ve

çeviklik, ölçülebilirlik ve raporlanabilirlik olarak temel niteliklere sahiptir. Hizmet modelleri olarak ise sağlayıcının kullanıcılara yönelik belirlediği ağ yönetim yeteneklerini açması olarak SaaS (Software as a Service), kullanıcılara konuşlandırılmış uygulamalar ve barındırma ortamı üzerinde kontrol amaçlı olarak bir platform sağlamak PaaS (Platform as a Service) ve kullanıcıya yapılacak işlemleri, depolamayı, ağları ve diğer bilgi işlem kaynaklarını tahsis ederek herhangi bir yazılımı konuşlandırarak çalıştırması olarak IaaS (Infrastructure as a Service) tanımlanır. Dağıtım modelleri olarak ise bulutun yalnızca bir kuruluş için işletildiği özel bulut, altyapının çeşitli kuruluşlar tarafından paylaşıldığı topluluk bulutu, genel kamu ya da bir büyük sektöre ait olan kamusal bulut, veri ve taşınabilirliği standart haline getirilmiş iki veya daha bulutun birleşimi olan melez bulut olarak belirlenir. IoT ağlarında toplanan ve dağıtılan verilerin analizinde, yazılımın test edilmesinde ve geliştirilmesinde özellikle PaaS katmanında diğer katmanlarda olduğu gibi farklı standartlarda bulut uygulamaları bulunmaktadır. (Şekil 4)

Bulut üzerinde mevcut standartlarla birlikte (Tablo 2) IEEE standartlar komitesi bulut profilleri için P2301, bulutlar arası (intercloud) bağlantılar için P2302 standartları üzerinde çalışmaktadır.

Tablo 2. Bulut Bilişim Standartları

ISO/IEC 19086-1:2016	Servis Seviyesi Sözleşmesi
ISO/IEC 27018:2014	Güvenlik-Kişisel Tanımlanabilir Bilginin Korunması
ISO/IEC 27036-2:2014	Güvenlik Teknikleri-Tedarikçi İlişkileri Bilgi Güvenliği
ISO/IEC 19770-1:2012	Yazılım Varlık Yönetimi
ISO/IEC 17789:2014	Referans Mimarisi
ISO/IEC 17788:2014	Gözden Geçirme ve Kelime Dağarcığı

P2301 standardı Guide for Cloud Portability and Interoperability Profiles (CPIP) kılavuzu ile bulutlar üzerinde arabirimler, taşınabilirlik birlikte çalışabilirlik, dosya biçimleri ve çalışma kurallarının belirlenmesi, bulut sağlayıcıları, bulut satıcıları, hizmet sağlayıcıları ve kullanıcıların profillerinin tanımlanmasını sağlar. Bulut bilgi işlem sistemleri birçok farklı unsur içerirken veri içinde bulunan her bir öge için birçok seçenek, dosya biçimi ve işletim sözleşmesi bulunur. Bu kılavuz, arabirimleri, biçimleri ve sözleşmeleri tanımlamak için çeşitli kaynaklardan "profiller" olarak adlandırılan mantıksal bir biçimde modellenen seçenekleri numaralandırmaktadır. Bu şekilde, bulut ekosistemi

katılımcıları, daha fazla taşınabilirlik, ortaklık ve birlikte çalışabilirlik eğiliminde olacaktır.

P2302 standardı the Standard for Intercloud Interoperability and Federation (SIIF) çalışması ile bulutlar arası birlikte çalışabilirlik, topolojiyi ve yönetimi sağlar. Standart, bulut sağlayıcıları arasında, gelişmekte olan iş modellerini destekleyebilen dinamik bir altyapı sağlayan kullanıcılara uygulamaları gerçekleştirir. [7]

## SONUÇ

Bu bildiri IoT standartlarının gelişimi tartışılmıştır. IEEE P2413 standardı için IEEE çalışma grupları toplam 15 adet olmak üzere en son Mart 2017 tarihinde ABD'nin Las Vegas kentinde toplanmıştır. Standartların geliştirilmesi çalışma grupları tarafından sürdürülmekte ve IoT altyapılarının en önemli birimi bulut teknolojileri, pazarda yer alan uluslararası alanda çeşitli üreticilerin ürünlerinin yer aldığı farklı yazılım uygulamaları olarak çeşitli sektörlerle yönelik olarak kurulmaya devam etmektedir. IoT uygulamalarında başta ara yazılım (middleware) katmanı ve büyük veri bulut hizmeti içindeki diğer katmanların tesis edilmesinden kaynaklanabilecek hukuki sonuçların, siber güvenlik ve yapay zeka alanlarını da kapsayacak şekilde genişletilmesi gereği, standartlaşmanın önemini ortaya koymaktadır.

## KAYNAKÇA

[1]<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>

[2] IoT Standards Wars, Forum on Internet of Things: Empowering the new Urban Agenda, Geneva, Switzerland, 19 October 2015

[3]<http://grouper.ieee.org/groups/2413/meeting-information.html>.

[4]<http://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/iot/20151019/Pages/KONDEPUDI-Sekhar.aspx>

[5] ISO/IEC 42010 2007 Recommended practice for architectural descriptions of software intensive systems (ISO/IEC 42010,2011)

[6] National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory

[7] <https://cloudcomputing.ieee.org/>

## ÖZGEÇMİŞ

### S. Vedat Karaarslan

PTT'de sayısal telefon santrallerinde Mühendis, Data Transmisyon Elektronik Cihazlar Grup Başmüh., Başmüdür Yrd., Telgraf ve Telefon Dairesi Başkan Yrd. Bilişim Ağları Dairesi Başkanı, Türk Telekomünikasyon A.Ş Genel Müdür Yrd. ve Yönetim Kurulu



Üyeliği, Eurasiasat Yönetim Kurulu Üyeliği, Aycell Mobil Haberleşme ve Pazarlama A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanlığı görevi yapmıştır. Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Hacettepe Üniversitesi Arkeoloji Bölümünde Lisans okumaktadır. Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları ABD Ekonomi-Maliye bölümünde Yüksek Lisans yapmıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Modelleme ve Simülasyon Araştırma ve Uygulama Merkezinde Araştırmacı kadrosunda çalışmaktadır.