

M2M ve IoT Platformları Üzerinde Prototip Uygulama Geliştirme

Prototype Application Development on M2M and IoT Platforms

Saadin Oyucu¹, Hüseyin Polat²

¹⁻²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye
{saadinoyucu, polath}@gazi.edu.tr

Öz

Teknolojinin ve internet alt yapısının hızlı gelişimi, gömülü cihazları kullanarak insanların iletişim kurma şeklini değiştirmiştir. Mevcut durumda fiziksel nesnelere büyük bir kısmının iletişim yeteneği bulunmamaktadır. Nesnelere interneti (IoT: Internet of Things) yaklaşımı ve Makinalar Arası İletişim (M2M: Machine to Machine) teknolojileri sayesinde nesnelere iletişim yeteneği kazandırılmaktadır. Bu sayede nesnelere uzaktan izlenmesi ve kontrolü gerçekleştirilmektedir. M2M/IoT uygulamalarının yönetilebilmesi için M2M/IoT platformları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle M2M/IoT teknolojisi açıklanmış M2M/IoT platformları üzerinde prototip uygulama geliştirilmiştir. Kullanılan platformlar mevcutta ticari olarak hizmet vermektedir. Bu platformların genel yapısı ve mimarisi, hangi alanlarda kullanıldığı, platform üzerinde uygulamaların nasıl geliştirildiği incelenmiştir. Uygulamaya bağlı olarak M2M/IoT platformlarının farklı işlevsel özelliklere sahip oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: M2M; IoT; M2M ve IoT Platformları.

Abstract

The rapid development of technology and internet infrastructure changed the way people communicate with using embedded systems. Currently, most of the physical objects do not have the ability to communicate.

With the Internet of Things (IoT) and Machine to Machine (M2M) technology, communication ability to objects can be gained. In this way, remote monitoring and control of the objects are realized. M2M / IoT platforms are used to manage M2M / IOT applications. In this study, a prototype application was developed on M2M / IOT platforms. There are currently used platforms, serves as commercial use. The general structure and architecture of these platforms, the areas in which they are used and how to applications are developed on the platform are it was investigated that depending on the application M2M / IOT platform have been having different functional it was observed.

Keywords: M2M; IoT; M2M and IoT Platforms.

1 Giriş

İnternet, çeşitli kıtalarda yaşayan insanlar arasında zaman ve mekân sınırlaması olmadan iletişim kurmayı sağlamaktadır. İnternet, hızla gelişerek ve kapsamını genişleterek endüstrinin ve insanların tüm faaliyet alanlarına girmiştir. Bu durum internet alt yapısını kullanan yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Bu teknolojilerden biri Makineler arası Haberleşme (M2M: Machine to Machine) kavramıdır. M2M farklı cihazların kablolu yada kablosuz bir şekilde haberleşmesini sağlayan teknolojiyi ifade etmektedir [1]. Diğer bir teknoloji ise Nesnelere İnterneti (IoT: Internet of Things) kavramıdır. M2M ve IoT kavramları temelde birbirlerine oldukça benzerlik gösterir hatta çoğu zaman aynı anlamda kullanılırlar. M2M makinalar arası iletişimi ifade ederken, IoT haberleşme kavramı içerisinde gerçek hayattaki nesnelere ve insanları da katarak yelpazeyi biraz daha genişletmektedir. IoT'in

amacı, ideal herhangi bir yol/ağ ve servisi kullanarak her zaman, her yerden nesnelerin internete bağlanmasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için M2M/IoT teknolojisinin Standartlaştırma/Uyumlaştırma ve Gizlilik/Sosyal-Etik yönleri tam olarak belirlenmelidir [2]. M2M/IoT platformlar M2M teknolojisine dayalı olarak geliştirilen ve farklı endüstrilere hizmet veren bilgi teknolojileri alt yapısıdır. M2M/IoT platformlar M2M/IoT uygulamalarının yönetimini kolaylaştırmak için genellikle web tabanlı olarak geliştirilen sistemlerdir [3]. Uzaktan izleme sistemleri, ölçüm analizleri, raporlamalar vb. tüm yönetim gereksinimleri M2M/IoT platformları sayesinde kullanıcıya sunulmaktadır. Bu platformlar sayesinde M2M/IoT uygulamalarının işlevselliği artmakta ve kullanıcı ile uygulamanın etkileşimi sağlanmaktadır.

Bir M2M/IoT uygulamasının geliştirilmesi sürecinde birçok farklı teknolojinin aynı anda kullanılması gerekmektedir. Kullanılan teknolojik alt yapının türüne göre M2M/IoT uygulamalarının işlevselliği artırılabilir. Bu nedenle kullanılan algılayıcıların, iletişim tekniklerinin, veri tabanı sistemlerinin ve haberleşme protokollerinin birbiri ile uyumlu bir şekilde kullanılması gerekmektedir. M2M/IoT uygulamalarına ait literatür incelendiğinde daha önce oluşturulmuş M2M/IoT platformlarının, farklı iletişim tekniklerini, farklı servis yöntemlerini ve farklı veri tabanı sistemlerini kullandığı görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar genellikle akıllı ev sistemleri üzerine gerçekleştirilmiştir.

Zhang ve arkadaşları M2M üzerine yaptıkları platform tasarımı çalışmasında [4], J2EE(Java Enterprise Edition) ve Servis Odaklı Mimari (SOA) yaklaşımı kullanılarak sistem geliştirmeye çalışmışlardır. Castro ve arkadaşları M2M platformları analiz çalışması yapmışlardır. Çalışma kapsamında RunMyProcess ve Axede vb. platformlarını incelemişlerdir. Çalışmaya göre kullanılan platformların çoğunluğunun SOAP ve Genişletilebilir İfadeleme Dili (XML: Extensible Markup Language) kullanılarak geliştirildiği görülmüştür [5]. Youm ve Kim yatay hizmet entegrasyonu sağlayan M2M platformu mimarisini kullanarak, prototip olarak geliştirdikleri akıllı ev projesi çalışmasında [6], açık kaynak kodlu Bağlı Nesnel İşletim Sistemini (COOS: Connected Objects Operating System) kullanmışlardır. Song ve arkadaşları kampüs ve akıllı ev çalışmalarında SENSEI adını verdikleri bir sistem geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarında Temsili Durum Transferi (REST: Representational State Transfer) web servisler ve XML kullanarak bir M2M sisteminin modellenmesi

yapılmıştır [7]. Bazı çalışmalarda ise bütün bir sistem arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak için cihazlarda web hizmeti standartlarının kullanılması önerilmiştir. Bu standartlar genellikle SOA mimarisini uygulayarak SOAP ve Web Servis Tanımlama Dili (WSDL: Web Service Definition Language) kavramına odaklanmıştır [8-9]. Verilerin iletiminde web servislerin kullandığı çalışmalardan bazıları IoT üzerine yapılan çalışmalardır. IoT çalışmalarında SOAP yerine REST kullanımı tercih edilmiştir [10-11]. Platformlar üzerine yapılan bir boşluk analizi çalışmasında ise mevcutta kullanılan platformların teknolojileri incelenmiş ve bir boşluk analizi raporu oluşturulmuştur [3].

Literatürde genellikle İnternet Protokolü (IP: Internet Protocol) kullanılarak geliştirilen uygulamalarda farklı web servis tekniklerinden yararlanıldığı görülmektedir. Akademik çalışmaların yanı sıra ticari olarak genel amaçlı M2M/IoT platformları sağlayan popüler bazı web siteleri bulunmaktadır. Bu çalışmada öncelikle M2M/IoT teknolojileri ve kullanım alanları belirtilmiştir. M2M/IoT uygulamalarının geliştirilmesinde kullanılan teknolojiler ve M2M mimarisi açıklanmıştır. Ticari olarak hizmet veren ve hazır platform hizmeti sunan web siteleri incelenerek bu platformlar üzerinde prototip M2M/IoT uygulaması gerçekleştirilmiştir.

2 Makineler Arası İletişim

IoT kavramının omurgasını M2M oluşturmaktadır. M2M ile içinde insanların olmadığı yalnızca makineler arası bilgi akışının sağlandığı özel iletişim ortamları oluşturulmaktadır. M2M alt yapısı sayesinde gelecekte bugünkünden çok daha hızlı bağlantılarla ve büyük miktarlarda veri üretilip tüketileceği öngörülmektedir. Bu verilerin insanlar tarafından yönetilebilmesi için ise M2M platformlar kullanılmaktadır. M2M teknolojisi ile özel ve iş yaşantısı kolaylaşmakta ve gelişmektedir. Bu teknoloji, süreçleri kolaylaştırıp, verimliliği artırmakta ve hatta hayat kurtarabilmektedir. Dünya genelinde abone sayısı ve yeni hizmetlerin sunumu açısından en çok büyüme potansiyeline sahip pazarlar içerisinde M2M/IoT teknolojileri yer almaktadır. 2012 yılı sonu itibarıyla M2M mobil abone sayısının yaklaşık 100 milyon olduğu tahmin edilmekte olup, söz konusu hizmetten elde edilen gelir yaklaşık 6,5 milyar ABD doları civarındadır [12]. OECD'ye göre 2020 yılında dünyada mobil şebekelere bağlı M2M cihaz sayısının 1 milyar civarında olması beklenmekte olup, bu rakamın farklı uygulamalar neticesinde kolaylıkla

değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir [2]. Rakamlarla ifade edildiği gibi M2M ve IoT pazarı son günlerde giderek artmakta ve değerinin oldukça büyük rakamlara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu rakamlar M2M ve IoT teknolojilerinin önemini vurgulamaktadır.

2.1 M2M Uygulamaları

M2M teknolojisi; Sağlık, ulaşım, perakende ve kamu sektörleri başta olmak üzere; trafik sistemleri, lojistik, elektrik, su, doğalgaz sayaçları, akıllı şebekeler, güvenlik bağlantılı binalar, ev aletleri, tıbbi otomasyon, uzaktan sağlık, satış noktaları, kritik satış altyapıları, akıllı tarım uygulamaları, görüntüleme ve kontrol sistemleri gibi pek çok alanda aygıtların uzaktan izlenmesini ve yönetilmesini sağlamaktadır. Bu işlemlerin yanı sıra siber fiziksel ortamların izlenmesi içinde M2M teknolojisi kullanılabilir [13]. Bu uygulamalarda M2M iletişimin etkin olarak kullanılabilmesi için enerji verimliliğinin, servis kalitesini arttıran tekniklerin ve iletişim teknolojilerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

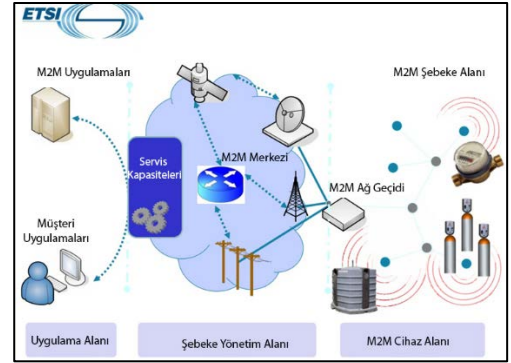
Dünya genelinde M2M sistemlerinin genel kullanımı şu şekildedir [14];

- Lojistik ve GPS ile takip sistemlerinde; araç ve filolarla ait güzergâh takibi, konum belirleme, algılayıcı özelliklerinin takibi gibi bilgi alma yöntemleri için,
- Uzaktan takip sistemlerinde; verilerin alınması, veri gönderilmesi, verilerin analizlerinin yapılması ve gerekli görevlerin çalıştırılması için,
- Sayaç okuma sistemlerinde; su, doğal gaz, elektrik gibi bir sayaç ile tutulan verilerin alınması, raporlanması ve komut gönderilmesi için,
- Emniyet birimleri tarafından; belli bölgelerin takibi, uzaktan bilgi alınması, acil durumların bildirilmesi gibi konularda veri alınması için,
- Savunma sanayinde; uzaktan yönetilebilen silahların kullanılabilmesi, insanların yaklaşmaması gereken deneylerin, testlerin yapılabilmesi için,

- Fabrikalarda; stokların tutulması, üretim bantların çalıştırılması, belli sürelerde raporların alınması gibi konularda,
- Tarım ve hayvancılıkta; doğal olayların takibinde, hava, nem, basınç gibi anlık değişim gösteren durumların analizinde, hayvanların bulunduğu konumların alınabilmesi, takibinin yapılabilmesi için,
- Sağlık sektöründe; özellikle ciddi sağlık sorunları olan ve takip edilmesi gereken hastalıklarda ölçümlerin depolanmasında ve birçok benzer sektörde ve çözümdede kullanılır.

2.2 M2M Mimarisi

M2M mimarisi temel olarak üç alandan oluşmaktadır. Bu alanlar M2M “Cihaz Alanı”, “Şebeke Yönetimi Alanı” ve “Uygulama Alanı”dır. Şekil 1.’de bu üç alan arasındaki etkileşim gösterilmektedir.

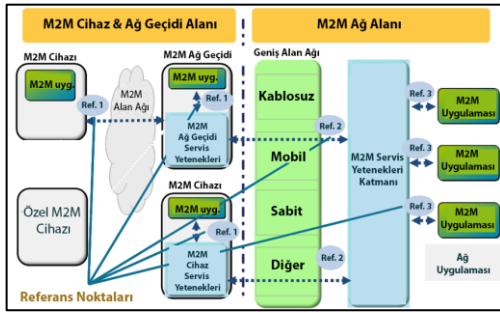


Şekil-1: Temel M2M Mimarisi [15]

M2M uygulamaları şekil 1.’de gösterilen temel mimari yapısında adı geçen üç alan içerisinde verilecek hizmetin içeriğine ve türüne göre şekillenmektedir. Çıktı noktası olan uygulama alanı ile girdi noktası olan cihaz alanında kullanılan yazılım ve donanım ağırlıklı olarak hizmetin içeriğine bağlıdır. İçerikten kasıt M2M uygulamasının içerdiği fonksiyonlardır. Bir M2M uygulamasında verileri sağlıklı iletebilmek için yerel bir kablolu şebeke veya ulusal bir kablosuz şebeke kullanılabilir. Standartlar, endüstrinin gelişimi için temel, öncü ve vazgeçilmez araçlardır. Bu nedenle, küresel koordinasyon ve uyumluluğa yardımcı olmak amacıyla M2M’in standartlaşması çok önemlidir.

Şimdiye kadar, M2M standartlarının oluşturulmasında ETSI (European Telecommunications Standards Institute) öncü bir kurum olarak görev almıştır. M2M üzerine 2012 yılına kadar standartlar geliştiren ETSI akıllı ölçüm durumları, akıllı ev sistemleri ve ev enerji yönetim sistemleri üzerine birçok çalışma yapmış ve standartlar üretmiştir. 2015 yılında ise OneM2M organizasyonu, küresel çaptaki ilk M2M standartlarını yayınlamıştır [16].

OneM2M standartlarına göre M2M mimarisi ana yapı olarak üç temel katmandan oluşmaktadır [17]. OneM2M'in M2M mimarilerini açıkladığı dokümanında yer alan ve diğer mimarilere göre daha fonksiyonel olan M2M mimari yapısı şekil 2.'de görülmektedir.



Şekil-2: Fonksiyonel M2M mimarisi [17]

M2M cihaz & ağ geçidi alanı ve M2M ağ alanı olmak üzere temelde ikiye ayrılan mimari her alan içerisinde farklı alt alanlara ayrılmaktadır. Özellikle temel mimariden farklı olarak M2M servis yetenekleri katmanının devreye alınması ile ölçeklenebilirlik artırılmıştır. Ayrıca farklı uygulamalar geliştirilmesi kolaylaşmıştır. M2M uygulamalarından ve M2M cihazlarından gelen istekler M2M servis yetenekleri katmanında yorumlanır ardından yapılması gereken iş gerçekleştirilir. Genişletilmesi istenilen veya yeni eklenecek olan fonksiyonlar servis katmanına eklenerek sistem rahatlıkla ölçeklenebilecektir.

3 M2M'in Kullandığı Temel Teknolojiler

Bir M2M uygulaması geliştirilirken mimari yapıda belirtilen her alan için farklı ve mimari bütünlüğü bozmayacak şekilde teknolojiler seçilebilir. Bu bölümde, çalışma kapsamında incelenen M2M/IoT platformlarında kullanılan veri paylaşımı, iletişim

yapısı, yazılım teknolojileri, M2M cihazı ve algılayıcı teknolojileri detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1 Veri Paylaşımı

Makine veya nesnel arasında verilerin paylaşılabilmesi için farklı standartlar bulunmaktadır. Veriler her sisteme ve her kullanıcıya standart olarak sunulmalıdır. Bu amaç doğrultusunda tasarlanmış olan XML veri yapısı genel kabul görmüştür. Fakat yapısal, yarı yapısal ve yapısal olmayan verilerin çoğalması ve büyük verilerin devreye girmesidir. M2M/IoT platformlarında verilerin çoğu yarı yapılandırılmış biçimde temsil edilmektedir [18]. Bu nedenle XML veri yapısı yerini Javascript Nesne Gösterimi (JSON: Javascript Object Notation) veri yapısına bırakmıştır. Popülaritesi gittikçe artan JSON özellikle kendi için özel tasarlanan web servislerle sorunsuz çalışmaktadır.

M2M platformuna farklı kullanıcılar aynı anda birden farklı istekte veya işlemde bulunabilirler, bu gibi durumlarda verilerin daha düşük boyutlu ve daha hızlı bir şekilde sunulması gerekmektedir. XML yapısında veri tanımlamalarda başlık etiketleri kullanılırken JSON yapısında bu işlem noktalama işaretleri ile basitçe yapılabilmektedir. Etiketleri oluştururken veya farklı işlemler yaparken XML dönüştürücüler kullanmak gerekir. Fakat JSON yapısı, JSON yapısına uygun veri tabanı ve uygun web servislerin seçilmesi ile bu dönüşüm gereksinimi ortadan kaldırılarak sistemlerde karmaşıklık azaltıp, hızı arttırmak mümkündür.

3.2 Web Servisler ve İletişim Teknikleri

Daha önceleri yerel alan ağlarında dosya paylaşımları ile gerçekleştirilen kaynak paylaşımı uygulamaları, internet hızının artması ve şebeke yapısının güçlenmesi ile yerini farklı teknolojilere bırakmıştır. Verilere ve uygulamalara her yerden erişilme isteği web servis teknolojilerinin çıkış noktasıdır. Makineler arasında birlikte çalışabilirliği arttırmak ve iletişim kurmak için web servisler kullanılmaktadır [19]. Web servisler ile geliştirilen uygulamalar farklı uygulamaları birbirleriyle haberleştirebilmekte ve dağıtık mimari sayesinde birden fazla uygulamayı tek çatı altında toplayarak kullanıcıya sunabilmektedir.

Servis Odaklı Mimari (SOA: Service Oriented Architecture) çözüm geliştirmek için temel unsur olarak servisleri kullanan bir yazılım mimarisidir. Servisler ise kısaca farklı uygulama ve cihazlara istek

verebilen yazılım parçaları olarak adlandırılabilir. SOA yaklaşımı yeni teknolojilerin geliştirilmesine öncülük etmiş dağıtık sistemlerin ve akıllı cihazlar arasındaki bağlantıların yapılmasını kolaylaştırmıştır. Son yıllarda popülerleşen ve kullanım alanları gittikçe artan diğer bir servis teknolojisi ise Temsili Durum Transferi (RestFul: Representational State Transfer) yaklaşımıdır. Roy Fielding'in 2000 yılında yayınlanan doktora tezi [20] sonucu ortaya çıkan bu kavram, tek başına yeterli olmayıp bir dizi kıstaslar ile sistem tasarımlarında kullanılan mimari tarzıdır. REST mimarisi temelde SOAP'a benzemektedir. Fakat istemci-sunucu arasında basit istek-yanıt prensibine dayandığından SOAP'a göre kolay anlaşılabilir bir yapı içerisindedir. Bu basit istek-yanıt yapısı akıllı cihazlar için geliştirilen Uygulama Programlama Arayüzü (API: Application Programming Interface)'lerde işleri oldukça kolaylaştırmaktadır. RestFul yapısı herhangi bir teknolojiye bağlı değildir. XML veya JSON mesajlaşma yapısını destekleyebilmektedir [21].

3.3 Veri Tabanı Teknolojisi

M2M sistemlerine veri sağlayan en önemli bileşenler algılayıcılardır. M2M sistemlerde algılayıcılardan anlık olarak veri alınmakta ve bir M2M platformuna gönderilerek bu veriler izlenebilmekte, saklanabilmekte ve istatistiksel analizlere tabi tutulabilmektedir. Saklanan veriler oldukça büyük boyutlara ulaşabilmektedir. Bu büyüklükteki verileri yazmakta, okumakta ve analiz etmekte bazı problemler ortaya çıkabilmektedir. Geleneksel olarak verileri depolamak için ilişkisel veri tabanı modeli kullanılmaktadır. Bu tip veri tabanları sorgu dili olarak bilinen Yapısal Sorgu Dili (Structured Query Language-SQL) veri tabanı olarak da bilinirler [22]. Günümüzde Bulut Bilişim ve günlük web uygulamalarının yaygınlaşması, kullanılabilirliği ve ölçeklenebilirliği yüksek veri tabanlarına ihtiyacın artmasına sebep olmuştur. Böylelikle ilişkisel Olmayan Veri Tabanı (NoSQL: Not Only SQL) kavramı ortaya çıkmıştır. Özellikle artan veri depolama ihtiyacına bir çözüm ve veri tabanı performansını arttırmak isteyen Amazon ve Google gibi şirketler ilişkisel olmayan veri tabanlarını kullanmaya başlamıştır [23]. Son yıllarda büyük veri alt yapılarında sıklıkla kullanılan NoSQL yaklaşımı, boyutları oldukça büyük sınırlara dayanan M2M verileri için avantajlar sağlamaktadır.

3.4 M2M Cihaz ve Algılayıcılar

M2M ve IoT temelinde algılayıcılar yer almaktadır. Gerçek yaşamdaki birçok olgu, hava sıcaklığı, nem, basınç, tansiyon ve kalp atışı, coğrafi konumlar basit algılayıcılar ile ölçmek, sayısalılaştırmak ve ölçümleri başka ortamlara aktarmak mümkündür. Artık yeni nesil algılayıcılar küçük ve ekonomik şekilde temin edilebilmektedir. Bu algılayıcılar sayesinde M2M ve IoT, insanların tüm yaşam ve faaliyet alanlarına girmiştir.

Bu çalışmada M2M cihaz ve algılayıcıları bakımından temelde iki farklı ürün üzerinde durulmuştur. Bunlardan ilki Arduino akıllı kartları ikincisi ise Raspberry Pi akıllı kartıdır. Her iki kart, üzerinde barındırdığı işlemci, denetleyici, kullanıcıya sunulan pin sayısı ve farklı özellikleri ile birbirinden ayrı üstünlükler sağlamaktadır. Raspberry Pi ARM tabanlı bir mikroişlemciyi kartlarında sunmaktadır [24]. Raspberry Pi kullanabilmek için Linux bilgisine sahip olmak gerekmektedir. Bu çalışmada gerek kullanım kolaylığı gerekse de maliyet açısından üstünlük sağlayan Arduino kart kullanılmıştır.

Arduino kart, 8 bit işlem yapabilen mikro denetleyiciye sahip piyasada farklı modelleri olan bir akıllı kart sistemidir. Raspberry Pi'nin aksine üzerinde USB portundan başka etkileşim yapılabilecek Ethernet veya grafik portu barındırmamaktadır. Arduino üzerinde kullanılacak sıcaklıktan spesifik gaz algılayıcılarına kadar birçok algılayıcı bulunmaktadır. Fakat çalışma kapsamında prototip geliştirilirken LM35 sıcaklık algılayıcısı kullanılmıştır. Arduino modellerinden Arduino Uno modeli 14 sayısal ve 6 analog pin sunup 32 KB hızlı bir belleğe sahip olması açısından bu çalışmada tercih edilmiştir.

3.5 İletişim Teknolojisi

M2M ve IoT haberleşmesi için birçok haberleşme alt yapısı kullanılabilir. Zigbee, 6LoWPAN ve Bluetooth bu alt yapılardan biridir. Günümüzde ise İnternet Protokolü(IP: Internet Protocol) tabanlı şebekelerin hızla yaygınlaştığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada IP tabanlı şebeke kullanılarak platformlar ile iletişim sağlanmıştır. Cihazların platformla bağlantısını sağlamak adına ise Arduino Ethernet kalkanı kullanılmıştır.

4 M2M ve IoT Platformlar Üzerinde Uygulama Geliştirme

M2M/IoT dünyasında istenilen durumda çeşitli fiziksel özellikler ölçülmekte, işlenmekte veya başka bir noktaya aktarılmaktadır. Bütün bu işlemlerin kullanıcılar tarafından izlenebilmesi için bir platforma ihtiyaç vardır. Bu platformlar, internet bağlantısının olduğu her yerden ulaşılabilmesi için genellikle web tabanlı olarak geliştirilmektedirler. Web tabanlı olarak geliştirilen bir platformun arayüzlerinin iyi hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca web servisleri ve veri tabanı sistemi gibi birçok teknolojik alt yapının iyi organize edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle platformlar için gerekli bilgi teknolojileri alt yapısı bazı özel kuruluşlar tarafından hazır olarak sunulmaktadır. Günümüzde ticari olarak genel amaçlı M2M/IoT platform hizmeti sunan popüler web siteleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda listelenmiştir.

- AMEE Platform, Company AMEE UK, Website: <https://www.amee.com/>
- Arkessa Platform, Company Arkessa, Website: <http://www.arkessa.com/>
- Arrayent, Company Arrayent, Website: <https://www.arrayent.com/>
- Axeda Platform, Company Axeda, Website: <http://www.ptc.com/axeda>
- Bugswarm, Company Buglabs, Website: <http://buglabs.net/bugswarm>
- Carriots cloud platform, Company Carriots, Website: <https://www.carriots.com/>
- EVERYTHING Platform, Company Evrythng, Website: <https://evrythng.com/>
- iDigi Device Cloud, Company iDigi, Website: <http://www.digi.com/>
- NanoService Platform by Sensinode, Website: <https://www.mbed.com/>
- One Platform By Exosite, Company Exosite, Website: <https://exosite.com/>
- Open.Sen.se Platform, Company Sen.se, Website: <http://open.sen.se/>
- SensorCloud Platform, Company Microstrain, Website: <http://sensorcloud.com/>

- Thingspeak Platform, Company IoBridge, Website: <https://thingspeak.com/>
- Thingworx Platform, Company Thingworx, Website: <https://www.thingworx.com/>
- Yaler Platform, Company Yaler, Website: <https://yaler.net/>
- Xively Platform, Company LogMeIn Inc (LOGM), Website: <https://www.xively.com/>
- GroveStreams, Company GroveStreams, Website: <https://grovestreams.com/>

Bu çalışmada yukarıda listelenmiş olan bazı M2M/IoT platformları üzerinde temel düzeyde bir uygulama oluşturulup test edilmiştir. Uygulama için Yaler ve GroveStreams platformları kullanılmıştır.

4.1 Yaler Platform Prototip Uygulaması

Yaler (<https://yaler.net/>) bir M2M uygulaması için röle platformu sağlamaktadır. Bir gömülü sistem uygulaması normal şartlar altında güvenlik duvarı veya Ağ Adresi Dönüştürme (NAT: Network Address Translation) arkasında çalışmaktadır. Gömülü sistem uygulamasından elde edilen veriler güvenlik duvarında özel amaçla izin verilen bir port olmadığı sürece güvenlik duvarını aşamaz. Yaler ise bu kısıtlamayı ortadan kaldırarak Geçiş Kontrol Protokolü (TCP: Transmission Control Protocol) 80. port üzerinden güvenlik duvarını veya NAT'ı geçerek algılayıcı verilerinin platforma ulaşmasını sağlamaktadır. Yaler, Arduino, BeagleBone, Netduino ve Raspberry Pi gibi gömülü cihazlara destek vermektedir. Bu cihazların programlanması Yaler tarafından sağlanan bir kütüphane yardımıyla yapılmaktadır. Kullanıcılar Yaler tarafından sağlanan bir URL'ye web tarayıcı üzerinden erişerek programladıkları gömülü cihazlarına ulaşabilmektedir. Böylelikle algılayıcı verilerini web üzerinden izleyebilmektedir.



Şekil-3: Yaler ile gömülü cihaz arasındaki iletişim

Yaler protokolünün temeli Şekil 3.'te verilen el sıkışması olayına dayanmaktadır. Yaler rölesi benzersiz bir isim altında "device-ID" bir cihazın

kendisini yayımlamasına izin vermektedir. Web istemcisi cihaz üzerinde bir kaynağa erişmeye çalışıldığında Yaler, cihazı Reverse Hiper Metin Transfer Protokolü(HTTP: Hyper-Text Transfer Protocol,) bağlantısına geçirir ve istemci isteği iletilir. Bu istek işlendikten sonra cihaz bu isteğe cevap vermeye ve Yaler platformu bunu istemciye cevap olarak göndermektedir. Bir defa ilk el sıkışma yapıldıktan sonra, her şey beklendiği gibi çalışmaya devam etmektedir. Yaler protokolü, cihaz üzerinden yapılan bir bağlantı talebi (HTTP POST) ile başlatılmaktadır.

Bu çalışmada Arduino gömülü cihazı Yaler kütüphanesi ile programlanmış ve kablolu internet alt yapısı ile internete bağlanmıştır. Arduino cihazından elde edilen bilgiler, Yaler tarafından kullanıcılara sağlanan bir "RELAY_DOMAIN" üzerinden sunulmaktadır. Kullanıcılar bilgileri "RELAY_DOMAIN" adresinde yayınlanan web sayfası üzerinden görüntüleyebilmektedir. "RELAY_DOMAIN" adresinde sunulan web sayfasının ekran görüntüsü şekil 4.'teki gibidir.



Şekil-4: Elde edilen sıcaklık verisinin web üzerinden izlenmesi

4.2 Grovestreams Platform Prototip Uygulaması

Grovestreams bulut üzerinde çalışan herhangi bir organizasyon, kullanıcı ve cihazın faydalanabileceği ticari olarak hizmet veren platformdur. GroveStreams küçük uygulamalar için ücretsizdir. Bu platform, cihazlardan toplanan verilerin analiz edilmesi ve istatistiksel yorumların yapılmasına olanak sağlayan gelişmiş özelliklere sahiptir. Grovestreams, her bir organizasyon için büyük miktarda veri akışını yönetebilmektedir. GroveStreams platform, gömülü cihazlar ile iletişimi Uygulama Programlama Arabirimi(API: Application Programming Interface) kullanarak gerçekleştirir. Kullanılan API bir RESTful API'dir. GroveStreams, kullanıcılar ile iletişimi web tabanlı kullanıcı arayüzü üzerinden gerçekleştirmektedir.

Bu çalışmada GroveStreams üzerinden sağlanan API'ler yardımıyla kod yapısı hazırlanmış ve Arduino kartı programlanmıştır. Ayrıca prototip uygulama için GroveStreams üzerinde bir kullanıcı hesabı oluşturulmuştur. Kod içerisinde GroveStreams tarafından kullanıcıya sağlanan bir "Secret API Key" belirtilmiştir. "Secret API Key" kullanıcıya benzersiz bir kimlik atanmasını sağlamaktadır. Bu prototip çalışmasında sıcaklık verisi Arduino kartı tarafından okunmakta ve GroveStreams platformuna gönderilmektedir. GroveStreams platformu üzerinde oluşturulan hesap ile Arduino kartı üzerindeki LM35 sıcaklık algılayıcısından elde edilen veriler görüntülenebilmektedir. Şekil 5.'te GroveStreams platformu üzerinde sıcaklık verilerinin izlenmesi gösterilmiştir.

Şekil 5.'te görüldüğü gibi sıcaklık bilgisinin yanında farklı bilgilerde Grovestream üzerinden izlenebilmektedir. Bu izlemelerden biri de konum bilgisidir. Grovestream platform üzerinden geçmişe dönük raporlar da alınabilmektedir.

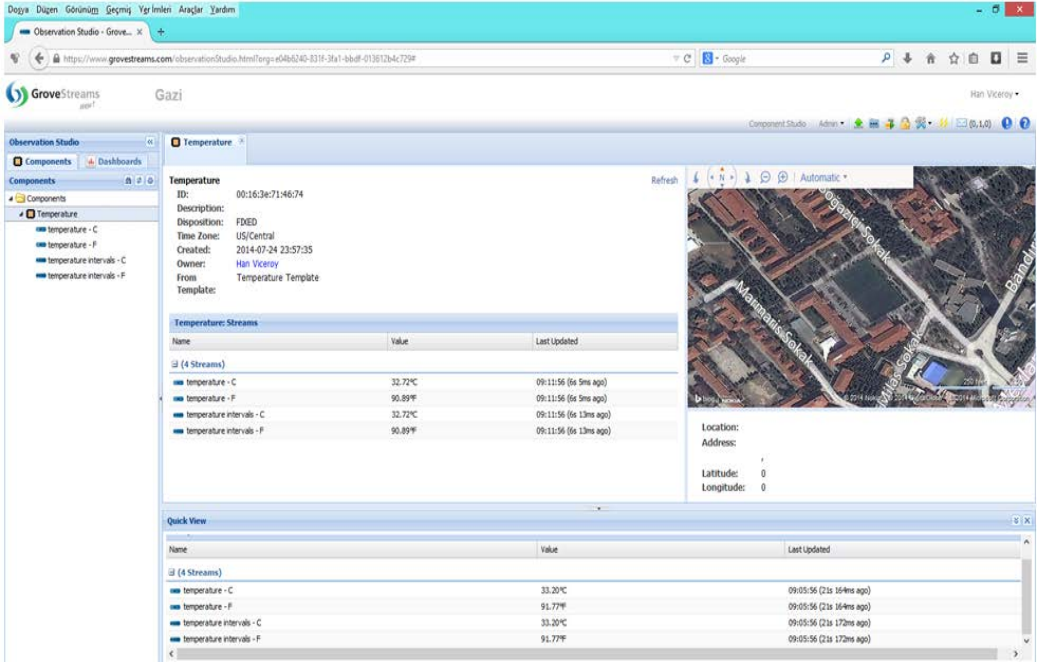
5 Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada M2M haberleşmenin, genel olarak hangi amaçlar ile kullanıldığı ve gelişen teknolojiler ile birlikte nasıl bir ilerleme gösterdiği üzerinde durulmuştur. İnternetin evrimleşme sürecinde yalnızca insanların değil, nesnelere haberleşme yapısı içerisine dâhil olduğu anlaşılmıştır. M2M teknolojisi kullanarak geliştirilen bir uygulamanın kullanıcı ile etkileşimi için bir platforma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle ticari olarak faaliyet gösteren M2M/IoT platform sağlayıcıları bu çalışma kapsamında araştırılmıştır. Bu platformlardan bazıları üzerinde gerçekleştirilmesi pratik olan M2M/IoT uygulamaları prototip olarak geliştirilmiştir.

Farklı M2M/IoT platformlarında geliştirilen prototip uygulamasında aynı elektronik donanım kullanılmıştır. Prototip uygulamasının geliştirildiği M2M/IoT platformuna göre prototip uygulamasının farklı özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Prototip uygulama geliştirilen Yaler platformu ile sadece sıcaklık bilginin izlenmesi sağlanabilmiştir. Fakat GroveStreams platformu üzerinde sıcaklık değerinin yanında konum bilgisi ve sıcaklık bilgisinin farklı ölçüm birimlerine göre izlenmesi sağlanabilmiştir. GroveStreams platformu geriye dönük analizlerin yapılabilmesine de olanak vermektedir. Bu durum farklı platformların farklı işlevsel özelliklere sahip olduğunu ve yapılacak çalışmalar ile platformların işlevselliğinin artırılabilir olduğunu göstermektedir.

M2M/IoT platformları geliştirilirken bazı noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Sürekli ve birden fazla cihazdan alınarak M2M/IoT platformlarına gönderilen ve saklanması istenilen verilerin boyutu büyük miktarlara ulaşabilmektedir. Bu nedenle platformlarda kullanılan veri tabanı sistemlerinin iyi seçilmesi gerekmektedir. Platform ile cihaz arasındaki veri alışverişinin HTTP üzerinden sağlanması nedeniyle bazı güvenlik zafiyetleri oluşmaktadır. Bu nedenle platformların güvenliğinin sağlanması amacıyla uçtan uca bir güvenlik sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın sonunda M2M ve IoT uygulamalarının güvenli haberleşmesinin oldukça önemli ve ayrı bir çalışma gerektirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu yüzden sonraki çalışmalarda M2M/IoT platformlarının ve cihazlarının kendi aralarında güvenli haberleşebilmesi adına güvenlik zafiyetlerinin giderilmesi için çalışmalar yapılabilir. Ayrıca yeni tasarlanacak bir M2M/IoT platformu ile model tabanlı geliştirmeler sayesinde kullanıcıların işlerinin daha da kolaylaşması sağlanabilir. Genellikle web sayfası ve mobil uygulama şeklinde karşımıza çıkan M2M/IoT platformların gömülü sistemler üzerinde çalışabilir hale getirilmesi üzerine yapılacak çalışmaların da önemli olacağı öngörülmektedir.



Şekil-5: Grovestream.com da oluşturulan hesaba girildiğinde gelen ana ekran görüntüsü

Kaynakça

- [1] BTK, Makineler Arası İletişim(M2M).Ekim,2013, Sayfa: 3.
- [2] Hatton, M.. “The global M2M market in 2013”. *Machina Research White Paper, January* 2013.
- [3] Mineraud, J., Mazhelis, O., Su, X., & Tarkoma, S. A gap analysis of Internet-of-Things platforms. *Computer Communications*, 89, 5-16, 2016.
- [4] Zhang, S. K., Zhang, J. W., & Li, W. Design of M2M Platform Based on J2EE and SOA. In *E-Business and E-Government (ICEE), 2010 International Conference on (pp. 2029-2032). IEEE*, May 2010.
- [5] Castro, M., Jara, A. J., & Skarmeta, A. F. An analysis of M2M platforms: challenges and opportunities for the Internet of Things. In *Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), 2012 Sixth International Conference on (pp. 757-762). IEEE*, July 2012.
- [6] Kim, E. J., & Youm, S. Machine-to-machine platform architecture for horizontal service integration. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2013(1), 1-9, 2013.
- [7] Song, J., Kunz, A., Schmidt, M., & Szczytowski, P. Connecting and managing m2m devices in the future internet. *Mobile Networks and Applications*, 19(1), 4-17, 2014.
- [8] Jammes, F., & Smit, H. Service-oriented paradigms in industrial automation. *Industrial Informatics, IEEE Transactions on*, 1(1), 62-70, 2005.
- [9] Marin-Perianu, M., Meratnia, N., Havinga, P., de Souza, L. M. S., Müller, J., Spieß, P., ... & Stromberg, G. Decentralized enterprise systems: a multiplatform wireless sensor network approach. *Wireless Communications, IEEE*, 14(6), 57-66, 2007.
- [10] Castellani, A. P., Gheda, M., Bui, N., Rossi, M., & Zorzi, M. Web Services for the Internet of Things through CoAP and EXI. In *Communications Workshops (ICC), 2011 IEEE International Conference on (pp. 1-6). IEEE*, 2011.
- [11] Pencheva, E., & Atanasov, I. Engineering of web services for internet of things applications. *Information Systems Frontiers*, 1-16, 2014.
- [12] Patrick, G., Peter F., Sylvie W. Vision and challenges for realising the Internet of Things, *Luxembourg: Publications Office of the European Union*, 229, 2010.
- [13] Ahmad, A., Paul, A., Rathore, M. M., & Chang, H. Smart cyber society: Integration of capillary devices with high usability based on Cyber-Physical System. *Future Generation Computer Systems*, 56, 493-503, 2016.
- [14] Chaouchi H. *The Internet of Things: Connecting Objects*, John Wiley & Sons, 288, 2010.
- [15] IEEE 802.15.4, IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks Specific requirements—Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), *IEEE*, New York, 679, 2003
- [16] İnternet: M2M İçin Dünyanın İlk Küresel Standartları. <http://www.onem2m.org/news-events/news/53-the-rise-of-the-achines-worlds-first-global-standards-for-m2m-employment>, Son Erişim Tarihi: 20.07.2016.
- [17] OneM2M Technical Report. Document Number; OneM2M-TR-0002-Architecture_Analysis_Part_1-V-0.2.0, 28-Jul-2013.
- [18] Antunes, M., Gomes, D., & Aguiar, R. L. Scalable semantic aware context storage. *Future Generation Computer Systems*, 56, 675-683, 2016.
- [19] Pencheva, E., & Atanasov, I. Engineering of web services for internet of things applications. *Information Systems Frontiers*, 18(2), 277-292, 2016.
- [20] Fielding, R. T. *Architectural styles and the design of network-based software*

architectures (Doctoral dissertation, University of California, Irvine), 2000.

- [21] Alpay, O., Hatem, V., & Sunel, S. JMX için Restful Adaptör. 5. *Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu*. ODTU, Ankara, 2011.
- [22] Yishan L., Sathiamoorthy M.. A performance comparison of SQL and NoSQL databases, Communications, *Computers and Signal Processing (PACRIM)*, 2013 IEEE Pacific Rim, Conference on, 27-29 Aug. 2013.
- [23] Evans, D. The Internet of Things [INFOGRAPHIC]. Cisco Blog, July 2011.
- [24] Monk, S. Make: Action: Movement, Light, and Sound with Arduino and Raspberry Pi. Maker Media, Inc. 2016.